

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

~~BIBLIOTEKA GŁÓWNA~~

L. inv. ....

3779

# KULTURTECHNIK

Erster Band, zweiter Teil

Vierte Auflage

VERLAG VON PAUL PAREY & BERNE

EIGENTUM

VOWI

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294413





# GRUNDLEHREN DER KULTURTECHNIK

Vierte Auflage,

unter Mitwirkung von

DR. M. FLEISCHER,  
Prof., Geh. Ober-Reg.-Rat und vor-  
tragendem Rat im Landwirtschafts-  
Ministerium zu Berlin,

P. GERHARDT,  
Geh. Oberbaurat und vortragendem  
Rat im Ministerium der öffentlichen  
Arbeiten zu Berlin,

DR. E. GIESELER,  
Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw.  
Akademie zu Bonn-Poppelsdorf,

M. GRANTZ,  
Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Techn.  
Hochschule zu Charlottenburg,

A. HÜSER,  
Oberlandmesser der General-  
Kommission zu Cassel,

H. MAHRAUN,  
Geh. Reg.-Rat, Mitglied der  
General-Kommission zu Cassel,

W. V. SCHLEBACH,  
Oberfinanzrat, Vorstand der topogr.  
Abt. des Kgl. Statist. Landesamtes zu  
Stuttgart,

DR. W. STRECKER,  
Prof. an der Universität Leipzig,

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 707 Textabbildungen und 6 Tafeln.

BERLIN.

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

SW., Hedemannstrasse 10.

1909.



195/2



II-351314

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW**

II-~~3779~~

Akc. Nr.

~~418~~ / 50

DPK B 26/2018

# Inhalt.

## Technischer Teil.

### Vierter Abschnitt.

#### Baukunde

von Max Grantz,

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

#### A. Erdbau.

##### Kapitel I.

##### Vorarbeiten.

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

##### Kapitel II.

##### Ausführung der Erdarbeiten.

6. Allgemeines . . . . .	18
7. Lösen des Bodens . . . . .	19
8. Transport des Bodens . . . . .	20
9. Herstellung von Auf- und Abträgen . . . . .	26
10. Befestigung der Böschungen . . . . .	28
11. Rutschungen . . . . .	29

#### B. Wegbau.

##### Kapitel III.

##### Vorarbeiten.

12. Allgemeines . . . . .	31
13. Tracieren der Wege . . . . .	33
14. Krümmungs- und Steigungsverhältnisse . . . . .	34
15. Querprofile der Strafsen . . . . .	37

##### Kapitel IV.

##### Ausbau der Wege.

16. Ausführung der Erdarbeiten . . . . .	39
17. Entwässerung der Strafsen . . . . .	39
18. Befestigung der Strafsen . . . . .	41
19. Schutzvorrichtungen . . . . .	46

## C. Brückenbau.

## Kapitel V.

## Baustoffe und Bauausführung.

	Seite
20. Bauarten . . . . .	47
21. Ausführungen in Stein . . . . .	47
22. Künstliche Steine . . . . .	48
23. Mauerwerk aus künstlichen Steinen . . . . .	53
24. Natürliche Steine . . . . .	55
25. Mauerwerk aus natürlichen Steinen . . . . .	59
26. Bindemittel . . . . .	60
27. Luftmörtel . . . . .	61
28. Wassermörtel, hydraulischer Mörtel, Zementmörtel . . . . .	62
29. Beton . . . . .	65
30. Stein- und Mörtelbedarf . . . . .	66
31. Ausführungen in Holz . . . . .	68
32. Holzarten . . . . .	69
33. Holzverbände . . . . .	71
34. Anstrich und Durchtränken der Hölzer . . . . .	77
35. Einteilung und Preise der Hölzer . . . . .	78
36. Ausführungen in Eisen . . . . .	80
37. Verbindung von Eisenteilen . . . . .	82
38. Gewichtstafeln für Quadrat-, Sechskant- und Rundeisen . . . . .	85
Deutsche Normalprofile für Walzeisen . . . . .	90

## Kapitel VI.

## Brückenbau-Vorarbeiten.

39. Einteilung der Brücken . . . . .	98
40. Wahl der Übergangsstelle . . . . .	99
41. Bestimmung der lichten Weite und Höhenlage der Brücken . . . . .	100
42. Fahrbahnbreiten . . . . .	105

## Kapitel VII.

## Konstruktion der Holzbrücken.

43. Einleitung . . . . .	106
44. Der hölzerne Unterbau . . . . .	106
45. Der massive Unterbau . . . . .	114
46. Balkenbrücken . . . . .	119
47. Sprengwerksbrücken . . . . .	129
48. Hängwerksbrücken . . . . .	135
49. Ersatz der Holzbalken durch eiserne Träger . . . . .	136

## Kapitel VIII.

## Durchlässe und kleinere massive Brücken.

50. Allgemeines . . . . .	139
51. Röhrendurchlässe und Plattendurchlässe . . . . .	141
52. Gewölbte Durchlässe und kleinere massive Brücken . . . . .	147
53. Deichsiele . . . . .	153
54. Überleitung und Dücker . . . . .	163

## Kapitel IX.

## Veranschlagung von Brücken und Durchlässen.

55. Allgemeines . . . . .	170
56. Kostenanschlag zur Erbauung einer hölzernen Balkenbrücke . . . . .	171
57. Kostenanschlag eines massiven Durchlasses . . . . .	179

**D. Wasserbau.**

**Kapitel X.**

**Grundbau.**

	Seite
58. Allgemeines . . . . .	186
59. Grundpfähle und Spundwände . . . . .	189
60. Das Eintreiben der Grundpfähle und Spundwände . . . . .	192
61. Fangdämme . . . . .	194
62. Das Ausbaggern der Baugrube . . . . .	197
63. Trockenlegung der Baugrube . . . . .	197
64. Die verschiedenen Fundierungsarten . . . . .	198

**Kapitel XI.**

**Ausbau der Wasserläufe.**

65. Allgemeines . . . . .	209
66. Der Umfang und die Art des Ausbaues . . . . .	213
67. Befestigung der Ufer . . . . .	220
68. Befestigungen über dem gewöhnlichen Wasserstand . . . . .	220
69. Befestigungen unter dem gewöhnlichen Wasserstand . . . . .	224
70. Sohlenbefestigungen . . . . .	230

**Kapitel XII.**

**Stauanlagen.**

71. Zweck und Wirkung eines Staues . . . . .	238
72. Anordnung und Konstruktion der Wehre . . . . .	243
73. Feste Wehre . . . . .	247
74. Bewegliche Wehre . . . . .	255

**Kapitel XIII.**

**Ländliche Wasserleitungen.**

75. Die Beschaffung guten Wassers . . . . .	277
76. Wassermenge von Quellen . . . . .	282
77. Beschaffenheit des Wassers . . . . .	283
78. Wasserbedarf . . . . .	284
79. Quellenfassung . . . . .	291
80. Zuführung des Wassers . . . . .	295
81. Eiserne Druckrohrleitung . . . . .	297
82. Beispiel einer Wasserleitungsanlage . . . . .	304
83. Veranschlagung einer Wasserleitungsanlage . . . . .	309
Literatur zum IV. Abschnitt . . . . .	311

**Fünfter Abschnitt.**

**Kulturtechnik**

von Paul Gerhardt,

Geheimem Oberbaurat und vortragendem Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten zu Berlin.

**Kapitel I.**

**Einleitung.**

1. Kreislauf des Wassers . . . . .	313
2. Regenhöhen . . . . .	315

	Seite
3. Regenschreiber . . . . .	317
4. Regenschreiber . . . . .	320
5. Verdunstung . . . . .	323
6. Versickerung . . . . .	324
7. Entstehung des Grundwassers . . . . .	324
8. Höhe des Grundwasserstandes . . . . .	325
9. Einfluss des Waldes . . . . .	326
10. Entwässerung und Bewässerung . . . . .	328

## Kapitel II.

### Entwässerung.

11. Ziele der Entwässerung . . . . .	329
12. Auftreten des schädlichen Wassers . . . . .	330
13. Randgräben und Fanggräben . . . . .	332
14. Entwässerung durch Anpflanzung . . . . .	332
15. Natürliche Vorflut . . . . .	333
16. Räumung und Krautung . . . . .	333
17. Krautungsgeräte . . . . .	335
18. Räumungsgeräte . . . . .	343
19. Regulierung der Vorfluter . . . . .	345
20. Anlage neuer Vorfluter . . . . .	351
21. Seesenkungen . . . . .	352
22. Künstliche Vorflut . . . . .	353
23. Zeit des Auspumpens . . . . .	356
24. Stärke der Schöpfwerke . . . . .	358
25. Wasserschrauben und Wasserschnellen . . . . .	360
26. Wurfträder und Pumpräder . . . . .	362
27. Kolbenpumpen . . . . .	366
28. Kreisel- und Zentrifugalpumpen . . . . .	366
29. Betriebskräfte der Wasserhebwerke . . . . .	370
30. Windräder . . . . .	373
31. Berechnung der Windräder . . . . .	377
32. Gräben und Furchen . . . . .	380
33. Vergleich zwischen Graben-Entwässerung und Drainage . . . . .	382

## Kapitel III.

### Drainage.

34. Geschichte der Drainage . . . . .	384
35. Vorteile der Drainage . . . . .	385
36. Erd- und Torfdrains . . . . .	386
37. Faschinen- oder Strauchdrains . . . . .	388
38. Stangen- oder Knütteldrains, Latten- und Schwartendrains . . . . .	392
39. Steindrains . . . . .	393
40. Das Eindringen des Wassers in die Röhren . . . . .	394
41. Systematische Drainage . . . . .	396
42. Tiefe der Drains . . . . .	396
43. Abweichungen von der Draintiefe 1,25 m . . . . .	398
44. Richtung der Sauer. Längs- und Querdrainage . . . . .	401
45. Geringste Gefälle und geringster Durchmesser der Drains . . . . .	405
46. Strang-Entfernung . . . . .	407
47. Wölbendes ökonomische Drainage . . . . .	413
48. Zulässige Länge der Sauer . . . . .	414
49. Wasserführung der Drainröhren . . . . .	414
50. Geschwindigkeitsformeln und Koeffizientenbestimmung für die Wasserführung der Drains . . . . .	418

	Seite
51. Berechnung der Drainröhren . . . . .	422
52. Berechnung der Vorfluter . . . . .	427
53. Regulierung der Vorfluter . . . . .	428
54. Tagwassergräben auf drainiertem Boden . . . . .	429
55. Abstecken und Nivellieren der Drainzüge . . . . .	431
56. Ausheben der Draingräben . . . . .	434
57. Verlegen der Drainröhren . . . . .	437
58. Verfüllen der Gräben . . . . .	440
59. Verbindung der Drains . . . . .	440
60. Formstücke zur Verbindung der Drains . . . . .	442
61. Ausmündungen . . . . .	445
62. Sicherung der Ausmündungen . . . . .	448
63. Sicherung der Ausmündungen durch Klappen . . . . .	449
64. Sicherung der Ausmündungen durch Gitter . . . . .	450
65. Sicherung der Ausmündungen ohne Klappen oder Gitter . . . . .	454
66. Äußere Ausstattung der Ausmündungen . . . . .	454
67. Doppeldrains . . . . .	457
68. Kopfdrains und Quellen im Drainagefelde . . . . .	458
69. Drains im Triebssand . . . . .	459
70. Drains im Moor . . . . .	462
71. Brunnenstuben . . . . .	462
72. Tagwassereinlässe (sogen. Filter) . . . . .	463
73. Gräben im Drainagefelde . . . . .	463
74. Wege im Drainagefelde . . . . .	465
75. Bäume und Hecken . . . . .	465
76. Verstopfungen der Drains . . . . .	467
77. Herstellung der Drainröhren . . . . .	471
78. Drainröhren aus Zement (Beton) . . . . .	477
79. Zementdrainrohr-Maschinen . . . . .	478
80. Absenken des Wassers. Holländische und Vertikal-Drainage . . . . .	481
81. Versenkung des Wassers durch Brunnen . . . . .	482
82. Ventil-Drainage . . . . .	484
83. Drainage-Ventile . . . . .	485
84. Darstellung der Drainpläne . . . . .	487
85. Entwerfen der Drainagepläne . . . . .	489
86. Veranschlagung der Drainageentwürfe . . . . .	491
Drainierte Wiesen s. Kap. V, §§ 129 bis 132.	

## Kapitel IV.

**Moorkultur.**

87. Kultur der Hoch- und Grünlandsmoore . . . . .	496
88. Grundwasserkurven in Moorböden . . . . .	496
89. Hebung und Senkung des Grundwassers in Moorböden . . . . .	499
90. Anlage der Gräben bei der Rimpau'schen Moordammkultur . . . . .	502
91. Entwässerung der Moore durch Drainage . . . . .	506
92. Das Setzen des Moores . . . . .	511
93. Einebnung des Moores . . . . .	514
94. Deckschicht und Hufschlag . . . . .	519
95. Aufbringen der Deckschicht . . . . .	521
96. Düngung und Bestellung der Ackerkulturen . . . . .	523
97. Mischkultur . . . . .	526
98. Moorweiden . . . . .	527
99. Moorböden mit Kompostierung nach Saint-Paul . . . . .	529
100. Moorböden mit Sanddecke . . . . .	530
101. Moorböden ohne Sanddecke . . . . .	535
102. Veen-Kultur . . . . .	538

	Seite
103. Brennkultur . . . . .	540
104. Deutsche Hochmoorkultur . . . . .	541
105. Ausführung der Hochmoorkultur . . . . .	544
106. Verkehrswege im Hochmoor . . . . .	547

### Kapitel V.

#### Bewässerung.

107. Ausdehnung der Bewässerungen . . . . .	551
108. Das Bewässerungswasser . . . . .	552
109. Die Wassermenge . . . . .	554
110. Wasserbedarf zur Anfeuchtung . . . . .	555
111. Wasserbedarf zur düngenden Bewässerung . . . . .	557
112. Wasserverluste . . . . .	559
113. Wiederholte Benutzung des Wassers . . . . .	560
114. Bewässerung durch Wechselbetrieb (Rotation) . . . . .	560
115. Beschaffung des Wassers . . . . .	562
116. Wasserhebwerke für Bewässerungen . . . . .	563
117. Der Hauptzuleiter . . . . .	566
118. Auflandungen (Kolmationen) . . . . .	568
119. Bewässerung von Bäumen . . . . .	570
120. Bewässerung von Wiesen . . . . .	572
121. Grabenstaubau . . . . .	573
122. Die gewöhnliche Überstauung oder die Stauwiese . . . . .	575
123. Stauberieselung . . . . .	577
124. Natürlicher Hangbau . . . . .	579
125. Künstlicher Hangbau . . . . .	583
126. Künstlicher Rückenbau . . . . .	584
127. Stafflrücken (Etagenrücken) . . . . .	588
128. Natürlicher Rückenbau . . . . .	591
129. Drainierte Wiesen . . . . .	593
130. Petersen'sche Wiesen . . . . .	594
131. Ventildrainage auf Wiesen . . . . .	597
132. Die Ventile der Petersen'schen Wiese . . . . .	601
133. Die Schlauchberieselung . . . . .	603
134. Ausführung der Schlauchberieselung . . . . .	607
135. Ausführung der Wiesenbauten . . . . .	611
136. Betrieb der Bewässerung . . . . .	615
137. Bewässerung von Äckern . . . . .	617
138. Betrieb der Ackerbewässerung . . . . .	619
139. Trockenkultur — Dry farming — an Stelle der Bewässerung . . . . .	622
140. Das Rieselwasser der großen Städte . . . . .	625
141. Die Berieselung mit städtischem Kanalwasser . . . . .	627

### Kapitel VI.

#### Eindeichung.

142. Deiche . . . . .	633
143. Winterdeiche . . . . .	634
144. Sommerdeiche . . . . .	635
145. Die Höhe der Sommerdeiche . . . . .	637
146. Überlaufstellen . . . . .	638
147. Ausführung der Deiche . . . . .	640
148. Deichbrüche . . . . .	641
149. Deichverteidigung . . . . .	643
150. Einpolderungen . . . . .	644

	Seite
151. Gefahren der Winterpolder . . . . .	646
152. Einlassen des Winterhochwassers in die Polder . . . . .	648
153. Anlage von Sommerdeichpoldern . . . . .	650
154. Berechnung der Bauwerke bei Sommerdeichpoldern . . . . .	652
Literatur zum V. Abschnitt . . . . .	654

Sechster Abschnitt.

**Tracieren**

von dem Herausgeber.

Ein Beispiel als Einleitung.

1. Entwerfen eines Weges auf Grund eines fertigen Lageplanes mit Niveaukurven . . . . .	659
2. Entwerfen ohne Karte . . . . .	665
3. Einteilung der Tracierarbeiten . . . . .	667

Kapitel I.

**Geometrische Vorerhebungen.**

4. Grundlegende Anschauungen bei Aufnahme des Geländes . . . . .	669
5. Aufnahme nach Längen- und Querprofilen . . . . .	676
6. Aufnahme auf Grund eines Liniennetzes oder Rostes. Entwerfen von Niveaukurven . . . . .	683
7. Geländeaufnahme auf Grund eines fertigen Lageplanes . . . . .	689
8. Barometrisches Einwägen . . . . .	692
9. Aufsuchen von Linien begrenzten Gefälles . . . . .	699

Kapitel II.

**Vorerhebungen durch Tachymetrie.**

10. Das tachymetrische Aufnehmen . . . . .	707
11. Tachymetrisches Stationieren . . . . .	709
12. Kleinaufnahme mit dem Nivelliertachymeter für wagrechte Sicht . . . . .	716
13. Desgleichen mit dem Gefällschraubentachymeter . . . . .	721
14. Kleinaufnahme mit dem tachymetrischen Theodolit . . . . .	725
15. Flüchtige Kompafszüge . . . . .	733
16. Ausarbeiten der Pläne. Rechenhilfsmittel . . . . .	734

Kapitel III.

**Übertrag der Entwürfe aufs Gelände.**

17. Bestimmungspunkte . . . . .	743
18. Abstecken von Geraden . . . . .	745
19. Abstecken von Krümmungen ohne Verwendung des Theodolits . . . . .	751
20. Kreisabsteckung mit dem Theodolit . . . . .	755
21. Kreisabsteckung nach Koordinaten . . . . .	760
22. Sonstige Arten der Kreisabsteckung . . . . .	763
23. Aufsuchen von Berührungspunkten . . . . .	766
24. Übergangskurven . . . . .	768
25. Spurerweiterung . . . . .	773
26. Abrundung der Neigungswechsel . . . . .	774
27. Böschungsschnitt im Gelände, Profildreiten, Lattenprofile, Schnurgerüste . . . . .	775

Anhang.		Seite
§ 28. Zur Kubatur der Erdkörper . . . . .		781
Literatur zum VI. Abschnitt . . . . .		792
Sachregister . . . . .		793

### Verzeichnis der Tafeln.

	Nach Seite
III. Entwurf einer Wegbrücke . . . . .	176
IV. Massiver Durchlaß von 2 m Lichtweite . . . . .	184
V. Übersichtsplan einer Wasserleitung . . . . .	304
VI. Höhenplan eines Hauptvorfluters . . . . .	348
VII. Drainageentwurf, Lageplan . . . . .	490
VIII. Wiesenmelioration . . . . .	592

## 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 oder Beseitigung eines Erdkörpers für Wege, Deiche, Wasserläufe usw.

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 Strafsen, ob Verkehrsweg, Wirtschaftsweg usw.; bei Wasserläufen, ob Kanal, Regulierung, Graben usw.) 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, nötigenfalls auch unter Zuhilfenahme von örtlichen Messungen, die zu legende Linie allgemein festgelegt ist, sind die besonderen 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 bewegendem Masse, sind die Eigenschaften des dabei in Betracht kommenden 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. (Ausführung von Bodenuntersuchungen vergl. § 58.)

Die *Lagerung der Schichten* ist insofern zu beachten, als sowohl durch Einschnitte, wie durch Aufschüttungen die Gleichgewichtsbedingungen der übereinander gelagerten Bodenschichten so geändert 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 mittels Sondierungen und Bohrungen oder, sofern diese nicht zum Ziele führen, 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, mehr oder weniger gelockerten bzw. weichen Schichten (Sand, Ton, Moor usw.) Auskunft geben.

Handelt es sich um eine Feststellung der einzelnen Bodenarten und um die nähere Bestimmung der einzelnen Schichten, so werden Apparate (Bohrer) zur Anwendung kommen müssen, die es ermöglichen, aus jeder Tiefe Bodenproben zutage 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. (Vergl. § 58.)

Über die *Wasserverhältnisse*, 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 m breit und 2,00 m 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 voneinander.

## 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 usw. bezeichnet wird, dann gilt zunächst:

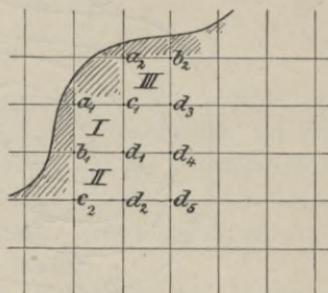


Fig. 1.

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

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

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

usw.

Hieraus folgt

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

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

$$\begin{aligned} G \cdot h &= K_I + K_{II} \\ \text{also } h &= \frac{K_I + K_{II}}{G} \end{aligned}$$

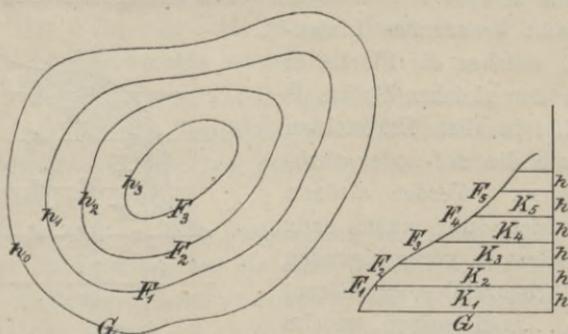


Fig. 2.

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

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

und demnach der Gesamteinhalt

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

### 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 ab, dann von der Neigung der Böschungen, die der Natur der verschiedenen Bodenarten entsprechend zu wählen ist.

Im allgemeinen sind für die verschiedenen Bodenarten folgende Böschungssteigungen festzuhalten:

Loser Sand, Kies dem Wasser ausgesetzt . . .	1 m	Steigung auf	4 m
Loser, 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).

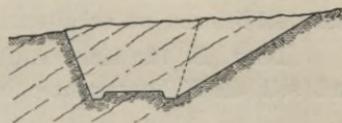


Fig. 3.

Bei Ermittlung der Profile ist darauf Rücksicht zu nehmen, dafs fast ausnahmslos der Mutterboden (durchschnittlich 15—50 cm stark) von den abzugrabenden oder aufzuhöhenden Flächen entfernt werden mufs. Bei Aufträgen, vornehmlich bei Deichschüttungen, bei denen ganz besonderer Wert auf die vollständige Entfernung des Mutterbodens und aller irgendwie unsicheren Bodenbestandteile gelegt werden mufs, wird durch diese Arbeit nicht selten eine erhebliche Vermehrung der Auftragsmasse bedingt.

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; denn bei diesen würde durch das Auflegen von Grassoden (0,10—0,15 m stark) zur Herstellung der Böschung schon eine mehr oder weniger *erhebliche* Einschränkung des wasserführenden Querschnittes eintreten.

*Der Inhalt der Profile* kann nach verschiedenen Methoden ermittelt werden.

#### 1. Auf- und Abtragstabellen.

Zur Aufstellung dieser Tabellen läfst man das Quergefälle des Geländes unberücksichtigt und denkt sich die Auf- und Abtragsprofile mit der mittleren Höhe  $h$  auf einer Horizontalen stehend (Fig. 4 und 5). Der Flächeninhalt des Profils ist dann

$$\begin{aligned} &\text{für Aufträge } F = bh + nh^2, \\ &\text{für Abträge } F' = b'h + 2f + nh^2, \end{aligned}$$

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 Profilinehalte 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

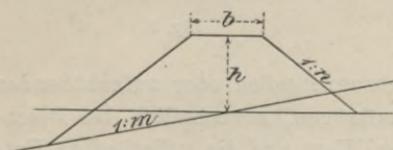


Fig. 4.

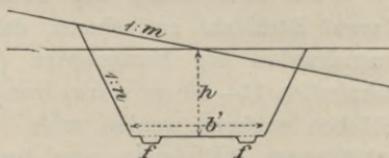


Fig. 5.

bei einem Böschungsverhältnis  $n = 1,5$  und bei der ersten Höhe der Profilinehalt  $F = 6 \cdot 0,05 + 1,5 \cdot 0,05^2 = 0,30375$  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

usw.

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 Gradienten (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

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

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

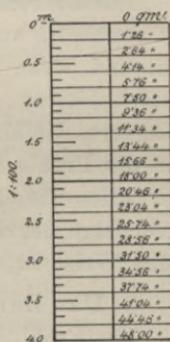


Fig. 6.

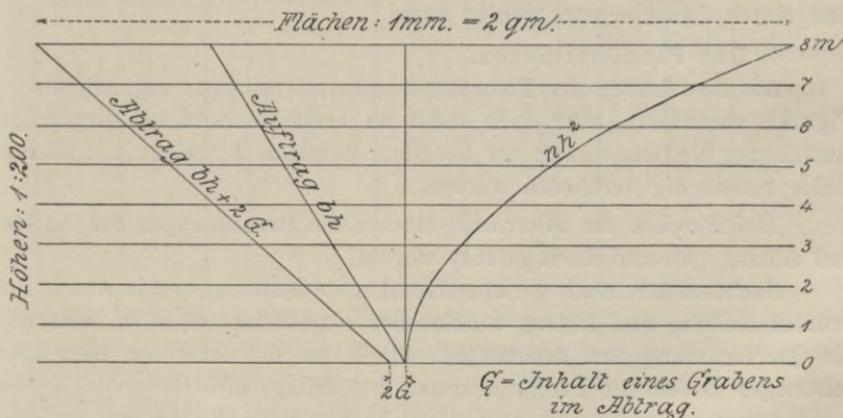


Fig. 7.

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 mittels 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 bezw. 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, so daß die Breite  $b' = 11$  m beträgt.

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 Profillinhaltes 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 Größeneinhalt 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 Anschnittsprofilen Auftrag und Abtrag voneinander abgezogen ist, d. h. einerseits die Querverföderung und andererseits die Masse des fehlenden oder überschüssigen Bodens im Profile ermittelt ist, erfolgt die

### *Ermittlung des kubischen Inhaltes der zu bewegenden 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 Böschungseigung ( $n$ ) als bekannt voraussetzt,

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

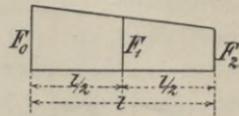


Fig. 8.

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 Profilfläche  $F_m$  aus der mittleren Höhe  $\frac{h_0 + h_2}{2}$  und setzt

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

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		Graben-tiefe		Profilfläche			Profilfläche für	Gemittelte Profilfläche für	Länge der Station	Masse		Bemerkungen.
	Auftrages	Abtrages	rechts	links	Auftrag	Abtrag	zusammen				des Auftrages	des Abtrages	
					bis Planum	Gräben		Quer- ausgleich	Quer- ausgleich				

Die Berechnung der zu bewegenden 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.

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

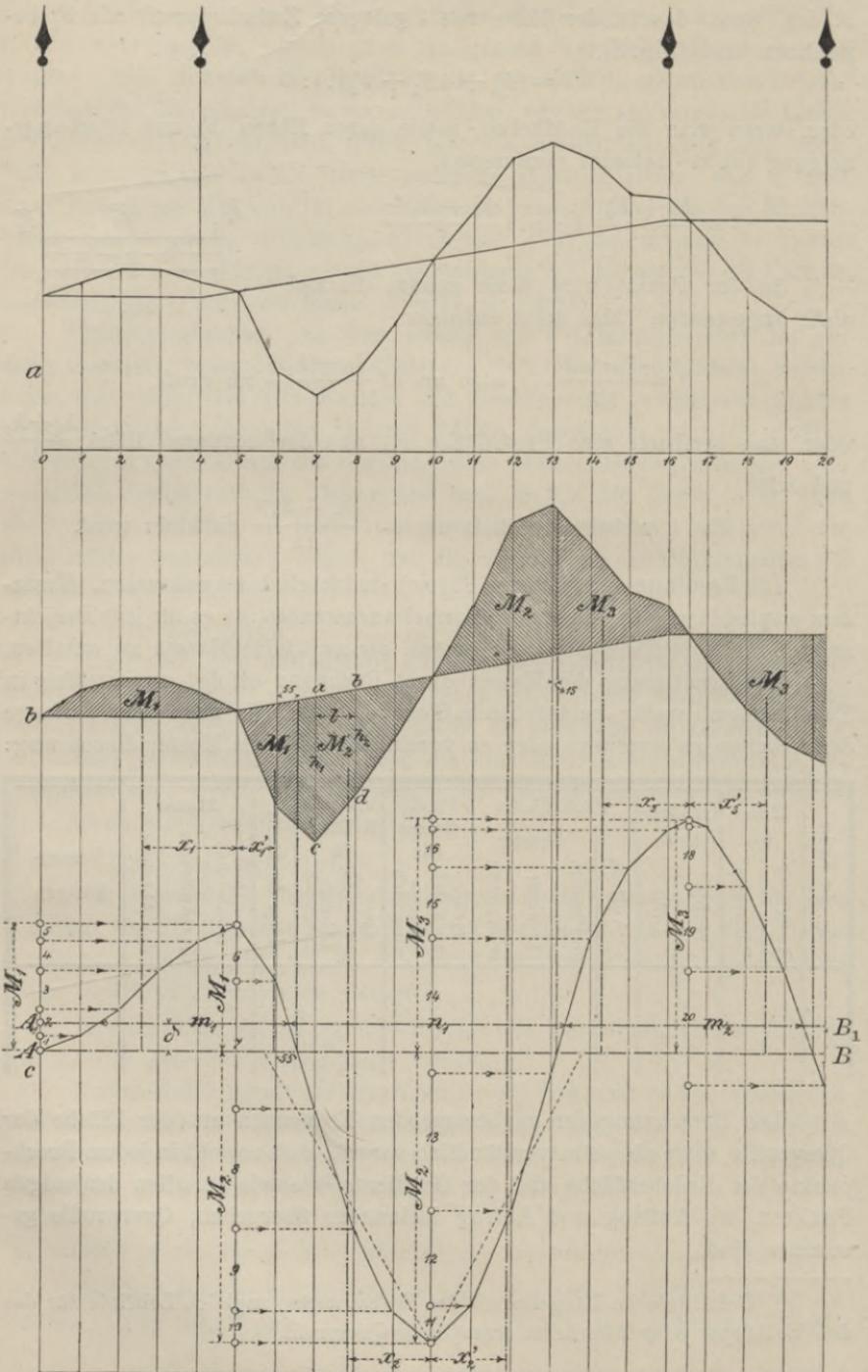


Fig. 9.

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 Profillinien 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 sogen. *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 Masseninhalte 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.

*Anmerkung:* Beispiele von *Flächenverwandlung*.

1. Das Dreieck  $ABC$  mit der Grundlinie  $a$  soll in ein gleich großes Dreieck mit der Grundlinie  $a_1$  verwandelt werden.

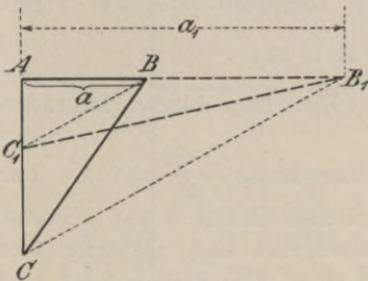


Fig. 10.

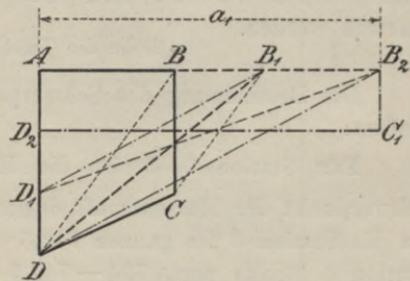


Fig. 11.

Man trage von  $A$  aus in der Richtung  $AB$  die Strecke  $a_1$  auf und verbinde den Endpunkt  $B_1$  mit  $C$ . Eine Parallele durch  $B$  zu  $B_1C$  gezogen, schneidet die Linie  $AC$  in  $C_1$ . Das Dreieck  $AB_1C_1$  ist das gesuchte. (Fig. 10.)

2. Das Trapez  $ABCD$  soll in ein gleich großes Rechteck mit der Grundlinie  $a_1$  verwandelt werden. Zunächst verwandle man das Dreieck  $BCD$  in das Dreieck  $BB_1D$ . Den Punkt  $B_1$  erhält man durch eine Parallele zu  $BD$  durch  $C$ . Alsdann verwandle man das Dreieck  $AB_1D$  nach dem unter 1. gegebenen Beispiele in das Dreieck  $AB_2D_1$  mit der Grundlinie  $a_1$ . Ein Rechteck mit der Höhe  $AD_2 = \frac{AD_1}{2}$  ist das gesuchte. (Fig. 11.)

Durch Übereinandertragen der mittleren Trapezhöhen und Multiplikation der erhaltenen Länge mit der Stationsentfernung erhält man dann in einfacher Weise den Rauminhalt der einzelnen Einschnitte und Aufträge, sowie der gesamten zu bewegenden Erdmassen.

Im engsten Zusammenhange mit der Massenermittlung steht die Ermittlung der Größe der Böschungsarbeiten. Dieselbe erfolgt stets tabellarisch. Ein Muster dafür gibt folgende Tabelle.

Stations-No.	Höhe des				Doppelte		Summe aller Höhen	Länge aller Böschungslinien	Breite der Bankette	Gesamtbreite	Mittlere Breite	Länge der Station	Flächeninhalt der Böschungen	Bemerkungen.
	Auftrages		Abtrages		Grabentiefe									
	rechts	links	rechts	links	rechts	links								

#### § 4.

**Massenverteilung.** Die Verteilung der zu bewegenden Massen hat zweckmäßig so zu erfolgen, daß Auftrag und Abtrag sich bei kurzem Transportwege möglichst ausgleichen.

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

(Siehe die Tabelle auf Seite 15.)

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

Für Station 0—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—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 sogen. Massennivellements oder Massenprofils. Zu dem Zweck trägt man (Fig. 9c) die einzelnen Abtragsmassen (mittleren Trapezhöhen) von Station 0—5 auf der Ordinate der Station 0

In Station	Zu bewegnende Massen:		Bemerkungen	Transportweiten m
	Auftrag cbm	Abtrag cbm		
0-1	88			} 412
1-2	32	3,5 251,5		
2-3	-	487,5	1588	
3-4	-	⊕ 3 + 8,6		
4-5	32	594,0		
5-6	-	251,5		
6-7	-		266,5	
7-8	-	⊕ 7 + 19,8	411,0	
8-9	-		558,0	} 1588
			352,5	
9-10	-		1,0	} 1882,5
10-11	-		205,5	
11-12	-		204,5	
12-13	57	129,0		} 385,2
13-14	-	703,5	1882,5	
14-15	-	⊕ 14 + 10,4	1050,0	
	209	3470,5	3471,5	
			3470,5	
			Übertrag 1,0	

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 usw.

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, daß der Abtrag von Station 0—5 ebensoviel Kubikmeter enthält, wie der Auftrag von Station  $5—6 + 55$  m; der Buckel unter Station  $6 + 55$  m bis Station  $13 + 15$  m zeigt, daß die Auftragsmassen von Station  $6 + 55$  m bis Station  $10 + 15$  m ausgeglichen werden durch die Abtragsmassen von Station  $10$  bis Station  $13 + 15$  m usw.

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  $A_1 B_1$ , so bedeutet die neue Verteilungslinie, daß in der Nähe von  $A_1$  nunmehr  $\mu \delta$  cbm seitlich ausgesetzt werden müssen, daß auf die Längen  $m_1$  und  $m_2$  sodann  $\mu \delta$  cbm weniger, auf die Länge  $n_1$  dagegen  $\mu \delta$  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 Kubikmeters seitlicher Ablagerung einschließlic Grunderwerb oder Entschädigung  $c$  Pfennig, die eines Kubikmeters seitlicher Entnahme einschließlic Ankaufspreis  $d$  Pfennig, und stellt sich der Transportpreis eines Kubikmeters auf die Transportweiten  $m_1$ ,  $m_2$  und  $n_1$  zu  $e$ ,  $f$  und  $g$  Pfennig, so beträgt die Kostendifferenz der Verteilungsart nach Linie  $A_1 B_1$  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 bewegend 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  $x_1, x_2$  usw. 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  $b$ .

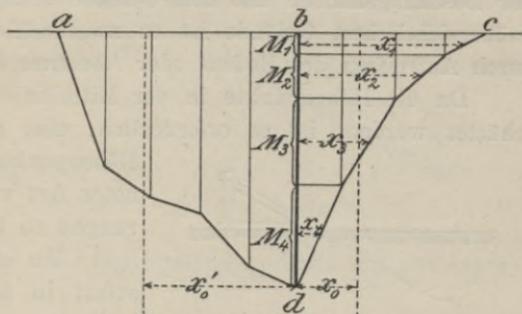


Fig. 12.

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

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, Deiches oder Wasserzuges usw. 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.

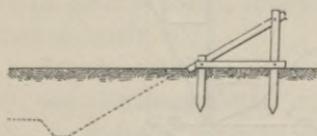


Fig. 13.

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 (vergl. § 3, S. 7), sondern bei Dämmen auch auf das Setzen 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 aufhöht.

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

für Steinschüttung . . . . .	$v = \frac{1}{40} h$ ; $\Delta h = \frac{1}{40} h$
„ sandigen Boden . . . . .	$v = \frac{1}{15} h$ ; $\Delta h = \frac{1}{23} h$
„ Dammerde . . . . .	$v = \frac{1}{9} h$ ; $\Delta h = \frac{1}{14} h$
„ lehmigen und tonigen Boden	$v = \frac{1}{8} h$ ; $\Delta h = \frac{1}{12} h$ .

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

Diese Sackmaße berücksichtigen nur das Setzen des neu hergestellten Erdkörpers; ein eventuelles Nachgeben, d. h. Zusammenpressen des Untergrundes durch die verstärkte Auflast, das vornehmlich bei Aufbauten auf feuchtem Niederungsboden in mehr oder weniger starkem Maße auftreten kann, erfordert eine weitere Überhöhung (bis zu 25 0/0), und zwar ohne daß ein Emporquellen des nebenliegenden Geländes — wie bei der Durchschüttung von Moorboden — stattfindet. Beim Ausweichen und dem seitlichen Emporquellen des Untergrundes werden naturgemäß die zur Herstellung eines Dammes erforderlichen Erdarbeiten um den Inhalt des verdrängten Bodens vermehrt.

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

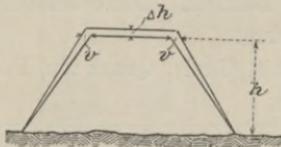


Fig. 14.

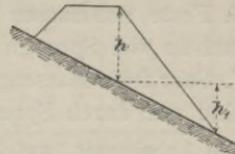


Fig. 15.

und der Leistung 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 25 Pf. für die Stunde angenommen, und vorausgesetzt, daß die mittlere Geschwindigkeit, mit welcher ein Arbeiter die verschiedenen Transportgefäße auf horizontaler glatter Bahn (Karrdielen, Bohlenbahn, Gleise), und zwar den Hinweg beladen, den Rückweg leer bewegt, im Durchschnitt 0,8—0,9 m in der Sekunde beträgt.

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 mäßigem Zusammenhange, wie milder, sandiger Lehm, durch Beimischungen gebundener feuchter Sand und feiner Kies, Moorboden und feuchter Marschboden. Diese werden mittels Spatens (schlesischer Schaufel) gelöst (gestochen).

3. Schwere Ton- und Lehmartens, 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 usw. zu lösen.

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

7. Sehr feste Massengesteine, wie Granit, Gneis, Quarz und Porphy. 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

Bei der Berechnung der für das Lösen des Bodens hiernach aufzuwendenden Kosten ist noch zu beobachten, daß die Arbeiter Spaten und Schaufel in der Regel selbst besorgen, somit für die losen Bodenarten (1) auch lediglich nur der Arbeitslohn zu rechnen ist; die zum Lösen der schwereren Bodenarten (2—7) erforderlichen Geräte (Hacken, Keile, Hammer, Brechisen usw.), aber, wie auch das Bohrzeug und Sprengmaterial besonders zu liefern und deren Kosten in Ansatz zu bringen sind. — (Für das Kubikmeter 0,05—0,10 M., für Boden 2—5 und 0,25 bis 0,70 M. bei Sprengarbeiten, je nach der Dichtigkeit des Gesteins.)

### § 8.

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

Im einfachen Wurf (3 m weit oder 1,5 m hoch) kann der Arbeiter in 10 Stunden 15—18 cbm werfen.

1. *Transport mittels 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 bewegenden Massen die Kosten zur Herbeischaffung oder zur Anschaffung anderer Transportgefäße nicht lohnt.

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

Bei 10 stündiger Arbeitszeit, einem Tagelohn von 2,5 M. und angemessener Berücksichtigung von Verzinsung und Amortisation der Geräte gilt folgende Preistabelle für den Transport eines Kubikmeters gewachsenen Stichbodens (die Karre  $\frac{1}{15}$  cbm):

Transportweite in m	Preis der Arbeits- leistung für das cbm in Pf.	Verzinsung und Amortisation der Geräte für das cbm in Pf.	Gesamttransport- preis für das cbm in Pf.	Transportweite in m	Preis der Arbeits- leistung für das cbm in Pf.	Verzinsung und Amortisation der Geräte für das cbm in Pf.	Gesamttransport- preis für das cbm in Pf.
25	12	1	13	175	50	5	55
50	19	1	20	200	56	6	62
75	25	2	27	225	63	7	70
100	31	2	33	250	69	8	77
125	37	3	40	275	75	10	85
150	44	4	48	300	81	12	93

Muß der Boden mit Steigung transportiert werden, so ist für das Meter Steigung eine Länge von 20—25 m der Transportweite zuzusetzen, oder es sind im Durchschnitt 5 Pf. für das Meter Steigung dem Transportpreis für das Kubikmeter hinzuzufügen.

2. *Transport mittels 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.

Die Handkippkarre, welche in der Regel von zwei Mann bedient wird, besteht aus einem Kasten von  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  cbm Fassungsraum mit einem Langbaum, welcher auf einer Achse mit zwei möglichst hohen Rädern ruht. Der Kasten kann durchschnittlich 0,35—0,40 cbm gewachsenen Stichboden oder 0,30 cbm feste Felsmasse aufnehmen und muß so konstruiert sein,

dafs 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 folgende Preistabelle gilt für den Transport von Stichboden (0,40 cbm pro Karre) durch Handkippkarren bei 10 stündiger Arbeitszeit und 2,50 M. Tagelohn.

Trans- port- weite	Preis der Arbeits- leistung für das cbm	Ver- zinsung und Amor- tisation der Geräte für das cbm	Gesamt- trans- portpreis für das cbm	Trans- port- weite	Preis der Arbeits- leistung für das cbm	Ver- zinsung und Amor- tisation der Geräte für das cbm	Gesamt- trans- portpreis für das cbm
m	Pf.	Pf.	Pf.	m	Pf.	Pf.	Pf.
25	15	2	17	250	33	12	45
50	17	3	20	300	37	14	51
75	19	4	23	350	42	17	59
100	21	5	26	400	46	19	65
125	22	7	30	450	50	21	71
150	25	8	33	500	54	23	77
175	27	9	36	550	58	26	84
200	29	10	39	600	62	28	90

Bei Steigungen ist für jedes Meter Steigung 25—30 m Längentransport zuzusetzen.

Die für Pferdebetrieb eingerichteten Kippkarren vermögen meist 0,5 cbm gewachsenen Stichboden oder 0,4 cbm Fels aufzunehmen. 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.

(Siehe die Tabelle auf Seite 23.)

Bei Steigungen sind für das Meter Steigung 50 m Transportweite hinzuzufügen. Handelt es sich um die Bewegung gröfserer Massen auf guten, festen Wegen, so sind die Preise obiger Tabelle auch für ländliches Fuhrwerk im grofsen 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

Preistabelle für den Transport von Stichboden durch Pferdekippkarren bei 10 stündiger Arbeitszeit und 8 M. Tagelohn für Pferd und Kutscher:

Trans- port- weite  m	Preis für das cbm			Ge- samt- trans- port- preis für das cbm  Pf.	Trans- port- weite  m	Preis für das cbm			Ge- samt- trans- port- preis für das cbm  Pf.
	für Trans- port  Pf.	für Ein- laden  Pf.	für Ge- räte  Pf.			für Trans- port  Pf.	für Ein- laden  Pf.	für Ge- räte  Pf.	
300	31	5	16	52	1200	64	5	52	121
400	33	5	20	58	1300	69	5	56	130
500	36	5	24	65	1400	74	5	60	139
600	40	5	28	73	1500	80	5	64	149
700	43	5	32	80	1600	85	5	68	158
800	47	5	36	88	1700	90	5	72	167
900	50	5	40	95	1800	96	5	76	177
1000	53	5	44	102	1900	101	5	80	186
1100	58	5	48	111	2000	106	5	84	195

üblich ist, besondere Bahnen aus Bohlen, flach gelegten Eisenbahnschienen oder   -Eisen angelegt werden.

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

Auch ist zu beachten, daß die in den vorstehenden und nachfolgenden Tabellen angegebenen Preise nur die tatsächlich zu zahlenden Löhne, sowie die Amortisation und Vergütung der Gerätekosten enthalten, und daß dementsprechend alle Leistungen für Krankenversicherung usw., wie auch gegebenenfalls der Unternehmergewinn, noch besonders in Anrechnung gebracht werden müssen.

Weitere Kosten entstehen dann ferner noch durch den Transport der Geräte nach und von der Baustelle.

3. *Transport auf Schienengleisen.* Diese Transportweise ist, besonders nach Einführung der billig und leicht zu beschaffenden Feldbahnen, unstreitig die zweckmäßigste und leichteste Förderungsart. Sie wird daher in neuerer Zeit fast ausschließlich angewendet; nur wo es sich um den Transport geringerer Massen auf kurze Entfernungen handelt, ist die Schiebkarre noch immer vorzuziehen.

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 dazwischenliegenden Weiten kommt der Transport mittels 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 einen Seitenkipper. Die Kippwagen für Pferde und Maschinenbetrieb

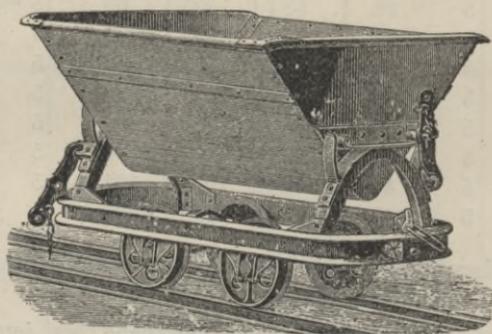


Fig. 16.

werden etwas größer gewählt, für Pferde bis 2,0, für Maschinen bis 2,5 cbm Inhalt.

Bei den bedeutenden Anschaffungs- und Unterhaltungskosten der Gleise ist für den Transporteinheitspreis die Menge der zu bewegenden Massen von wesentlichem Einfluß.

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

(Siehe die Tabelle auf Seite 25.)

Als Zuschläge sind für das Meter Steigung	
beim Transport durch Menschen	80 m Transportweite oder 2 Pf. für das Kubikmeter,
„ „ Pferde	120 „ Transportweite oder 1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> Pf. für das Kubikmeter,
„ „ Maschinen	250 „ Transportweite oder 1 Pf. für das Kubikmeter

zu rechnen.

Art der Betriebskraft	Trans- port- weite in	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	22	19	17	16		
	200	31	27	22	20		
	300	40	33	27	24		
	400	49	40	32	28		
	500	58	47	36	32		
	600	67	54	41	36		
	700	76	61	46	40		
	800	85	67	50	43		
	900	94	75	56	48		
	1 000	107	81	59	51		
Pferde	300	45	38	32	29	27	
	400	53	44	36	32	30	
	500	62	51	40	36	32	
	600	69	56	43	38	34	
	700	77	61	46	40	36	
	800	85	67	50	43	38	
	900	94	74	55	47	41	
	1 000	102	80	59	50	44	
	1 100	110	85	62	53	45	
	1 200	118	92	66	56	48	
	1 300	127	98	70	59	50	
1 400	134	103	73	61	52		
1 500	143	111	78	64	55		
Maschinen	500				35	31	30
	1 000				61	53	40
	1 500				78	66	61
	2 000				95	78	72
	3 000				129	104	95
	4 000				163	129	118
	5 000				197	155	140
	6 000				230	179	162
	7 000				264	205	184
	8 000				298	230	207
	9 000				332	256	230
10 000				366	281	253	

## § 9.

**Herstellung der Auf- und Abträge.** Mag es sich um die Herstellung von Straßen (Bahnen), Deichen oder Kanälen, Entwässerungsgräben, Bewässerungsgräben usw. 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 verwerten ist, wenigstens aufgerissen werden müssen. (Vergl. § 3, S. 7.) Letzteres erreicht man am zweckmäßigsten und einfachsten durch Aufpflügen in der Längsrichtung des Dammes.

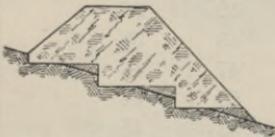


Fig. 17.

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).

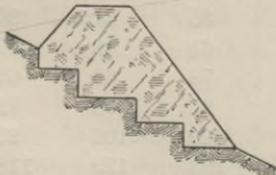


Fig. 18.

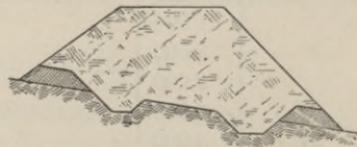


Fig. 19.

Bei ganz undurchlässigem, schlüpfrigem Untergrunde müssen die Stufen nach Fig. 18, d. h. voll in dem gewachsenen Boden, hergestellt werden.

Können nasse oder quellige Stellen nicht umgangen werden, so hat vor Schüttung des Dammes 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).

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 so lange nachgeschüttet, bis derselbe direkt auf dem festen Untergrunde ruht. Der weichere Moorboden wird dabei durch den schwereren Mineralboden des Dammes seitlich verschoben und emporgehoben (vergl. § 6, S. 19). 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 Grundwassers durch den Damm veranlassen würde.

Nach dem *Vorgang des Schüttens* unterscheidet man:

1. Die Lagenschüttung, wenn der Damm aus dünnen, ganz oder nahezu wagrechten Schichten, deren jede die ganze Breite des Dammes durchsetzt, hergestellt wird. Es ist dies die beste Art der Ausführung und wird 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 der Fall ist, weshalb auch für die Herstellung dieser *lediglich* die Lagenschüttung Anwendung finden darf. —

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, so daß 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 läßt, *alle Bodenarten* Verwendung. Vornehmlich eignen sich Sand, Kies und festes Gestein zur Herstellung trockener Dämme für Straßen und Eisenbahnen; Lehm und Tonboden dagegen, namentlich mit Sand vermengt, zur Herstellung von Deichen. Straßen und Eisenbahndämme aus diesem Material verlangen sorgfältige Entwässerung und weitgehendsten Schutz gegen jede Durchfeuchtung; dasselbe gilt oft auch von Dämmen aus leicht verwitterndem Gestein (Mergel, losem Tonschiefer, schlechtem Sandschiefer), die zudem erst nach langer Zeit zur Ruhe kommen.

Ganz besonders gefährlich sind *Frostballen* im Innern der Dämme, besonders wenn das Schüttmaterial aus Stichboden besteht. Ist demnach Winterarbeit nicht zu vermeiden, so müssen die Frostballen (selbstverständlich auch 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 gleichmäßig 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 großer Wichtigkeit, sofern es sich nicht um Bodenförderung unter Wasser mittels geeigneter Vorrichtungen, Bagger usw., handelt. Einschnitte sind deshalb stets so in Angriff zu nehmen und auszuführen, daß Tag-, Grund- und Quellwasser frei abfließen kann. Bei Gelände mit Querneigung empfiehlt es sich, neben der bergseitigen Böschung einen Längsgraben anzulegen, der das vom Gelände oberirdisch abfließende Tagwasser aufnehmen und abführen kann (Fig. 20).

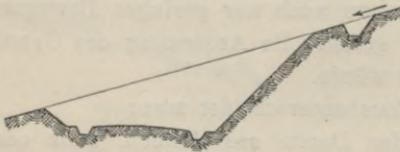


Fig. 20.

## § 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. (Vergl. § 9, S. 26.) Ist Rasen nicht oder nur mit unverhältnismäßigen Kosten zu beschaffen, so decke man die Böschungen mit einer 15—30 cm starken Mutterbodenschicht ab und same sie an. Bei unfrucht-

barem Boden ist übrigens auch der Rasen nicht direkt, sondern auf eine Mutterbodenschicht zu verlegen. — Bei Deichbauten sollte man wenigstens die Außenseite (d. h. die dem Wasser zugekehrte) stets mit Rasenstücken belegen und zu dem Zweck selbst höhere Kosten nicht scheuen.

Die einzelnen Rasenstücke werden in *horizontalen* Reihen dicht aneinander und *im Verbande* verlegt, da senkrechte, in der ganzen Böschungsbreite durchgehende Fugen leicht Zerstörungen durch herabrinnendes 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 bei der Herstellung von Straßens- und Eisenbahndämmen Rasen und Mutterboden, so können die Dammböschungen mit Ginster, Strandhafer, Akazien usw. bepflanzt werden.

Sind im Einschnitt wasserführende Schichten angeschnitten, so werden zutage 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. XI.

## § 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 wasserdurchlässigen 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 *Aufrägen* 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 (vergl. auch § 3, S. 7, Fig. 3), oder man wird die steilere Böschung durch Pflasterung, Trockenmauerwerk usw. 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 gering 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, so daß 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, so daß meistens schon für die Hauptwirtschaftswege einer Feldmark, ebenso wie für die Verkehrswege, lediglich die für die Benutzung zweckmäßigste 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 größerer 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 größerer Flächen, ganzer Gewanne oder einer größeren 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 äußerst erschwert werden, so muß für diese Teile neben der Verbindung mit der Ortschaft auch eine möglichst direkte Verbindung untereinander geschaffen werden. Diese Verbindungen sind gleichfalls zu den Hauptwirtschaftswegen zu rechnen, ebenso wie die durchgehenden Ringstraßen größerer Feldmarken, welche die in radialer Richtung von der Ortschaft ausgehenden Hauptwege untereinander verbinden. Bei den 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 zweckmäßig 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 Steigungsverhältnisse 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 Längenprofil 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. (Vergl. § 1, S. 3.)

Besondere Sorgfalt erfordern alle Stellen, wo eine Einschaltung von *Serpentinen* zur Vermeidung übermäßiger Steigungen erforderlich wird, da hier nur unter Zugrundelegung ganz eingehender Flächennivellements 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 Brückenrampen.

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 usw. 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, wenn der Graben lediglich zur Trockenhaltung des Strafsenkörpers dient, 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 mittels Durchlässe oder sonstiger Ableitungen von Zeit zu Zeit für eine Entlastung der Gräben Sorge zu tragen. — Wegegräben, die gleichzeitig zur Aufnahme von Entwässerungsgräben dienen, sind den abzuführenden Wassermengen entsprechend zu dimensionieren und wie andere Wasserzüge (siehe Wasserbau, Kapitel XI) auszubauen.

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 tunlichst 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 tangentialen Zuge nicht über die Kante der Steinbahn oder der Bordschwelle kommen sollen. Es ist alsdann

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

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 angegebene 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.

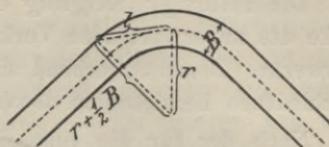


Fig. 21.

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

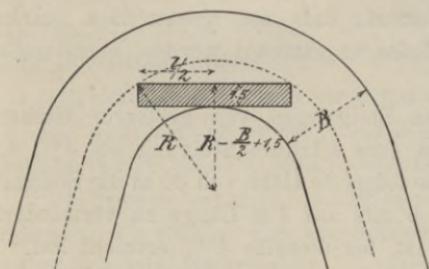


Fig. 22.

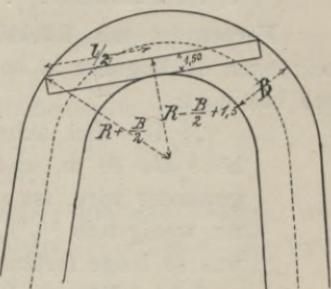


Fig. 23.

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

3\*

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—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.

Ausschlaggebend bei der Wahl der innezuhaltenden Maximalsteigung ist in erster Linie die allgemeine Terraingestaltung des in Frage kommenden Geländes und die damit im engsten Zusammenhang stehende ortsübliche Entwicklung des Fahrverkehrs. — Im Gebirge und selbst im Hügellande wird man von vornherein höhere Grenzwerte annehmen können als im Flachland, obwohl auch hier besondere Verhältnisse — wie z. B. bei der Anlage von Deichrampen — Steigungen bis 1:12 erfordern.

### § 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—7 m erhalten.

Nebenwirtschaftswege erhalten eine Mindestbreite von  $4\frac{1}{2}$  m; sollen sie nur den Zugang zu einzelnen Plänen vermitteln, so darf ihre Breite ausnahmsweise auf 3 m eingeschränkt werden.

Triftwege erhalten 8—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.

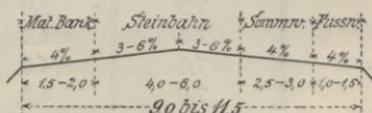


Fig. 24.

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

Für derartige Straßen 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):

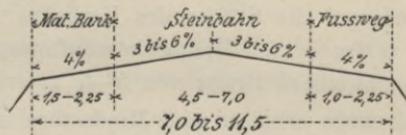


Fig. 25.

Breite des Planums m	Breite der Steinbahn m	Breite des Materialienbankettes m	Breite des Fußgängerbankettes 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 Strafsenkörpers 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 Grunderwerbs ist darauf zu achten, daß sich die Anordnung von Schutzstreifen zu beiden Seiten des Weges empfiehlt. Bei chausseemäßigem Ausbau der Strafsen 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 Strafsen.** 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 Strafse abzuleiten und am Eindringen in den Untergrund zu hindern, erhalten die Wege Quergefälle, welches sich, besonders bei chausseierten Strafsen, 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 Strafe behindert ist (im Wald, im Einschnitt), wird das Quergefälle zweckmäßig um 10 mm für das Meter Breite vermehrt.

3. Bei Kiesbahnen und Lehmstraßen:

für 1 m Breite 50—60 mm Fall.

4. Bei Sommerwegen, Kieswegen und Banketten:

für 1 m Breite 40—50 mm Fall.

Allgemein erhalten die Strafen 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



Fig. 26.



Fig. 27.

und 27). Nur bei Strecken, die im Anschnitt liegen (Fig. 28), wendet man ein einseitiges Gefälle nach der Bergseite hin an, um besonders bei Glatteis die Gefahr des Abstürzens zu verringern.

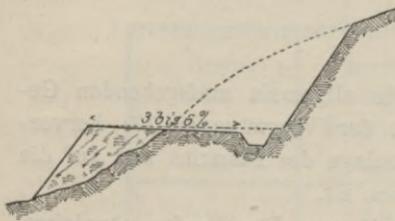


Fig. 28.

Besteht der Erdkörper aus fettem, undurchlässigem Boden, so muß der zur Aufnahme der Steinbahn dienende

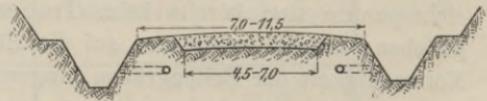


Fig. 29.

Erdkasten (Koffer) durch Tonrohre oder Sickerkanäle trocken gehalten werden. Wenn zu diesem Zwecke einzelne, zu den Seitengräben führende Rohrstränge oder Kanäle nicht genügen, legt man am besten zu beiden Seiten der Steinbahn, etwa 0,6 m außerhalb derselben, Längsrohre mit einem Mindestgefälle von 1:1200, die von Zeit zu Zeit mittels Querröhren nach den Seitengräben entwässern (Fig. 29).

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 Strafe abfließenden Wassers versehen werden, deren Mindestmaße 0,4 m Sohlenbreite, 0,6 m Tiefe,  $1\frac{1}{2}$ fache Böschungsanlage sind.

Hindert der Wegzug den natürlichen Abfluß des Tagwassers (die Vorflut), so müssen die Weggräben auch diese Mengen aufnehmen und

weiterführen. Die Abmessungen der Gräben hängen dann von der abzuführenden Wassermenge und dem verfügbaren Längsgefälle ab.

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

Bei Wegen untergeordneter Bedeutung auf 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. Solche grabenartige Gruben müssen natürlich so tief und breit angelegt werden, daß selbst bei dem stärksten Niederschlage das von dem Wege abfließende Wasser vorübergehend aufgespeichert werden kann, ohne daß damit eine Schädigung für den Wegkörper verbunden ist.

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. XI.)

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 ist tunlichst schnell bestehenden Wasserläufen zuzuführen. Die hierzu notwendige Leitung des einen Seitengrabens durch den Strafsendamm erfolgt mittels Durchlässe, deren Herstellung im Brückenbau behandelt ist. (Kap. VIII.)

## § 18.

**Befestigung der Strafsen.** Verlangt die Bedeutung des Weges neben der ordnungsmäßigen Herstellung und Trockenlegung des Wegkörpers noch eine besondere Befestigung der Fahrbahn, so hat sich diese nach dem Umfang der Benutzung, 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 gröfserer Steine, der sogen. Packlage, und ein bis zwei Lagen zerkleinerter Steine (Mittellage und Decklage) oder nur aus mehreren Lagen Steinschotters.

Bei beiden Konstruktionsarten wird zunächst auf dem fertig hergestellten, ordnungsmäfsig profilierten Planum ein Erdkoffer von der Breite der Fahrbahn und einer Tiefe, welche der Gesamtstärke der Steinbahn nach dem Abwalzen gleich ist, hergestellt (Fig. 30).

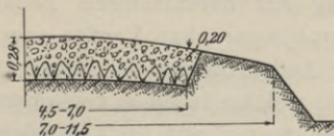


Fig. 30.

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 sogen. Bordsteine, auf beiden Seiten eingefast, um ein seitliches Ausweichen der Decke zu verhindern. Die hierfür aufgewendeten Kosten stehen jedoch in keinem richtigen Verhältnis zu dem erreichten Vorteil, und es empfiehlt sich daher, die Bordsteine fortzulassen und die dadurch ersparten Kosten zur Verbreiterung der Steinschlagdecke selbst zu verwenden.

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 daß 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 Ineinanderpressen der Steine Widerstand entgegengesetzt, durch Befuchtung der Bahn verringert werden.

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

Um das Durchsickern des Tagwassers durch die Steinbahn tunlichst zu verringern und Planumszerstörungen durch eindringendes Tagwasser 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.

Dies Dichtungsmaterial 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 1,6 fache ihres Inhaltes. Da 0,8 cbm Bruchstein durchschnittlich 1,0 cbm Steinschlag ergeben, so kann der Bedarf an Bruchsteinen etwa zum 1,1—1,3 fachen 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—0,6 der Gesamtstärke der Steinbahn betragen.

Die Kosten der Steinschlagbahnen sind in erster Linie von den für die Beschaffung des Stein- und Kiesmaterials aufzuwendenden Mitteln (Ankauf und Transport bis zur Verwendungsstelle) abhängig.

Erforderlich sind durchschnittlich bei Strafsen mit Packlage für 1 qm 0,20 cbm Steine zur Packlage und 0,10 cbm Schotter (0,13 cbm eingeschlagene Steine), bei Strafsen ohne Packlage für 1 qm 0,25 bis 0,33 cbm Schotter, ferner bei beiden Ausführungen je 0,05—0,08 cbm Kies für 1 qm.

Unter Zugrundelegung eines Preises von 6 M. für das Kubikmeter Steine betragen die Herstellungskosten von 1 qm Steinschlagdecke durchschnittlich 4—5 M., wenn die Gesamtkosten für das Einwalzen mit 1 M. für 1 qm in Ansatz gebracht werden.

Die Unterhaltungskosten sind je nach der Stärke des Verkehrs und je nach der Festigkeit des zur Decklage verwandten Materials verschieden, wobei vornehmlich ein Unterschied zwischen dem sogen. Hartschotter (Gneis, Granit, Syenit, Porphy, Basalt, Grünstein) und dem Weichschotter (Muschel, Keuper, Lias, Jurakalk) zu machen ist. Einschließlich der streckenweisen Erneuerung der Decklage, also der je nach der Stärke des Verkehrs in längeren oder kürzeren Zeitabschnitten erforderlichen Deckenerneuerung, kann man im Durchschnitt im Jahre die Beschaffung und Verbauung von 50 cbm Steinschlag für das Kilometer Strafe veranschlagen, was einem Kostenaufwand von 600—700 M. entsprechen würde.

**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  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  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 regelmäßigen Körpern keinen allzugroßen Widerstand entgegensetzt (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 usw.) 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 Strafe 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 Gröfse und sucht sie mit engen Fugen in Streifen, die untereinander parallel und quer zur Strafsen laufen, so zu versetzen, dafs in der Längsrichtung der Strafsen stets ein Wechsel der Fugen stattfindet. Sämtliche Fugen sind mit Kies oder Sand gehörig zu füllen.

e) 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—7 cm höher verlegt und dann unter ausreichender Wassersprengung in mindestens zwei Absätzen vorsichtig bis zur bauplanmäfsigen Höhe heruntergerammt. Das fertige Pflaster wird 1—3 cm hoch mit Kies überworfen, der durch Fegen und Einschlämmen möglichst tief und fest in die Fugen zu verteilen ist.

Die Preise für die Herstellung einer Pflasterbahn sind natürlich je nach der Güte des Steinmaterials und der Art der Ausführung überhaupt verschieden.

1 qm Feldsteinpflaster aus gewöhnlichen Findlingen dürfte kaum nennenswerte Mehranforderungen als eine Steinschlagdecke erfordern, gegebenenfalls sogar noch billiger herzustellen sein, d. h. durchschnittlich nicht mehr als 4 M. erfordern.

1 qm Kopfsteinpflaster kommt dann aber mindestens schon auf 5 bis 6 M. und 1 qm Pflaster mit bearbeiteten Steinen nicht unter 6—7 M. (für erstklassiges Pflaster steigen die Preise bis über 20 M. für das Quadratmeter).

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

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

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

Die Kosten für 1 qm Klinkerbahn stellen sich auf 5—6 M.

### § 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—15 m 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—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—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 Baustoffe zu beschaffen, so kann an Stelle des Geländers auch eine Brüstungsmauer treten.

---

## C. Brückenbau.

### Kapitel V.

#### Baustoffe und Bauausführung.

##### § 20.

**Bauarten.** Bei der Herstellung der Brücken und anderer Meliorationsbauten werden nach dem Baustoffe, welcher zur Verwendung kommt, unterschieden:

1. *Ausführungen* in **Stein** (*Massivbau*),
2.       "       "       **Holz**,
3.       "       "       **Eisen.**

##### § 21.

**Ausführungen in Stein.** Jede massive Mauer besteht aus **einzelnen Steinen**, deren Zwischenräume durch **Mörtel** ausgefüllt werden, um die einzelnen Steine zu einer einheitlichen Masse zu verbinden und um eine gleichmäßige Übertragung des Druckes von Stein zu Stein zu erzielen. Denn da Steine meist eine hohe Druckfestigkeit, aber nur geringe Zug- und Biegezugfestigkeit besitzen, so wird sachgemäß die Verwendung des Steinmaterials — die Ausführung in Stein, der Massivbau — für Konstruktionen in Frage kommen, bei denen die Druckfestigkeit des Materials ausgenutzt werden soll.

Eine Mauer darf daher keine Hohlräume enthalten, sondern jeder einzelne Stein muß möglichst mit seiner ganzen Fläche aufliegen, um nur auf Druckfestigkeit beansprucht zu sein. Gleichzeitig ist, schon mit Rücksicht auf die erst allmählich eintretende Erhärtung des Mörtels, auch durch zweckentsprechende Anordnung der einzelnen Steine — durch den **Steinverband** — für die Festigkeit der Mauer und die richtige Verteilung des Druckes im Innern der Mauer Sorge zu tragen. Hierauf muß besonderer Wert gelegt werden, wenn es sich um Ausführungen ohne Mörtel — um *Trockenmauerwerk* — handelt, das gerade bei Landeskulturbauten in großem Umfange zur Anwendung kommt (Uferschutz, Herstellung von Kaskaden u. a. m.).

Die Art der Ausführung hängt davon ab, ob das Mauerwerk

1. aus *künstlichen* Steinen,
2. aus *gewachsenen, natürlichen* Steinen oder
3. aus einem *geschütteten* und *gestampften* Gemenge von kleineren Steinen und Mörtel (Beton)

hergestellt werden soll.

## § 22.

**Künstliche Steine.** Für alle Meliorationsbauten, selbst für die kleinsten und einfachsten Anlagen, können als *künstliches* Steinmaterial lediglich nur *gebrannte Ziegelsteine* in Frage kommen, da es sich immer um Ausführungen, meist sogar im oder am Wasser, handelt, die den Witterungseinflüssen unter den denkbar ungünstigsten Verhältnissen ohne jeden Schutz ausgesetzt sind.

Die zur Herstellung *guter Ziegelsteine* verwendbare *Ziegelerde* ist ein Tonboden (vergl. Abschn. I, § 33, No. 3), der, frei von schädlichen Beimengungen, Tonerde und Kieselsäure (Sand) in einem solchen Verhältnis enthalten muß, daß durch das Brennen eine feste, wetterbeständige Masse unter tunlichst geringer Veränderung der den ungebrannten Steinen gegebenen Abmessungen und Formen entsteht. Ist die Ziegelerde zu *fett*, d. h. enthält der Tonboden nur wenig Sand, so werden die Steine durch das Brennen rissig und werfen sich, wohingegen *magere* Tone mürbe Steine von geringer Festigkeit geben.

Jeder Tonboden enthält neben Tonerde und Kieselsäure (Sand) mineralische Beimengungen (metallische Verbindungen), die, wenn auch nur in verhältnismäßig geringen Mengen vorhanden, doch die Brennbarkeit der betreffenden Ziegelerde und somit die Festigkeit und Brauchbarkeit des zu gewinnenden Steinmaterials wesentlich beeinflussen. In dieser Hinsicht läßt sich ein zutreffendes Urteil über eine Ziegelerde lediglich durch einen Probebrand gewinnen. Auch kann für die Ziegelfabrikation nur Boden von einheitlicher Beschaffenheit in Frage kommen, also Boden, der durchweg sowohl dasselbe Mischungsverhältnis von Tonerde, Kieselsäure und mineralischen Beimengungen, wie auch gleiche Eigenschaften (Korngröße, chemische Zusammensetzung usw.) der einzelnen Bestandteile aufweist. Zunächst müssen daher alle gröberen Beimengungen (Steine) aus der Ziegelerde beseitigt werden, besonders wenn es sich um *Kalk* handelt, der durch das Brennen in Ätzkalk verwandelt werden würde. Ziegel mit derartigen Beimengungen sind nicht wetterbeständig. Durch den Zutritt schon der Luftfeuchtigkeit wird der Ätzkalk ablöschen, somit sein Volumen vergrößern und den Stein zersprengen. Ist der kohlen saure Kalk jedoch gleichmäßig in der ganzen Masse fein verteilt, so wird die Tonerde erst bei einem Kalkgehalt von über 20% Kalk für die Ziegel-

fabrikation unverwendbar. Ziegelerde mit 10—15% Kalkgehalt liefert durchaus einwandfreies Material.

Vielfach finden sich im Tonboden auch Gipsbeimengungen; diese sind unbedenklicher, sofern die Steine besonders stark gebrannt werden. Schädlich ist aber das Vorhandensein von Schwefelkies; derartige Tone müssen vor der Verwendung stets auswintern, d. h. auf Haufen (Halden) gebracht und der Einwirkung von Frost, Regen und Wind ausgesetzt werden. Der Schwefelkies wird hierdurch zersetzt und es entstehen Verbindungen, die ebenso wie das in dem Tonboden vorhandene Eisenoxyd und Eisenoxydul unschädlich sind.

Nur ausnahmsweise dürfte überhaupt ein Tonlager, wie es in der Natur sich vorfindet, direkt zur Herstellung von Ziegeln verwendet werden können. Im allgemeinen verlangt vielmehr auch die beste Ziegelerde eine sorgfältige Bearbeitung, um einwandfreies Material für die Fabrikation guter Steine zu erhalten.

Zunächst läßt man den Tonboden auswintern, gegebenenfalls sogar Sommer und Winter durch die Witterungseinflüsse zermürben, dann wird die Masse entweder direkt eingesumpft, d. h. in einer Grube (Sumpf) lagenweise durch Wasserzusatz zu einem gleichmäßigen, knetbaren Teig verarbeitet oder erst durch Schlämmen (vergl. Abschn. V, Kap. III, § 67) von allen gröberen Beimengungen befreit und dann eingesumpft.

Aus den Sumpfgruben wird das Ziegelgut in die Tonschneider gebracht, meist senkrecht stehende oder liegende Behälter (vergl. Abschn. V, Kap. III, § 67), in denen die Tonerde, der Sand und die anderen Beimengungen durch Messer, welche sich auf einer sich drehenden Welle befinden, weiter durchgeknetet und zu einer vollkommen homogenen Masse verarbeitet werden.

Aus dem so vorbereiteten Material werden nun die Ziegelsteine entweder mit der Hand („*Streichen der Ziegel*“) oder mittels Maschinen (*Ziegelpressen*) hergestellt.

Zum „*Streichen*“ oder „*Schlagen*“ der Ziegel werden Rahmen aus Holz und aus Gufseisen für je einen oder zwei Steine verwandt, deren Abmessungen je nach dem Schwinden der verarbeiteten Ziegelerde so bestimmt werden müssen, daß die Steine nach dem Trocknen und Brennen genau die verlangte Größe besitzen.

Beim *Maschinenbetrieb* erfolgt das Formen der Steine durch besonders konstruierte Pressen. Die Ziegelmasse wird hierbei durch das in der Stirnwand der Presse angeordnete *Mundstück* in einem Tonstrang von der Breite der Ziegelsteinlänge und der Höhe der Ziegelsteinbreite fortlaufend herausgedrückt und auf einem horizontal anschließenden Rollenlager gleichmäßig fortbewegt. Durch Drähte, die in einem senk-

recht zur Richtung des Tonstranges drehbaren Rahmen fest eingespannt sind, zerteilt man dann den Tonstrang in die einzelnen Steine.

Die Größe des Mundstückes und die Entfernung der zum Abschneiden der Steine benutzten Drähte muß naturgemäß wieder dem Schwinden der Ziegelerde durch Trocknen und Brennen Rechnung tragen (im Durchschnitt ist auf ein Schwinden von 10% zu rechnen).

Die frisch geformten Steine werden dann zum *Trocknen* entweder direkt auf die freie Erde gelegt (viel Verlust) oder in besonderen *Trockenstellen* oder *Trockenscheunen* mit Hilfe von kleinen Unterlagsbrettchen auf Latten gelagert. Bereits nach 24 Stunden ist bei trockener Witterung der Stein so weit abgetrocknet, daß er hochkantig gestellt werden

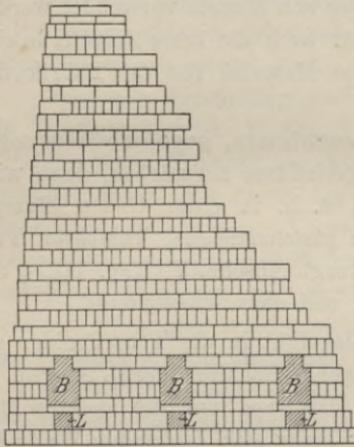


Fig. 31.

Nachdem die Steine trocken sind — der Stein muß auch im Innern durchweg eine gleichmäßige helle Farbe angenommen haben —, werden sie gebrannt. Es geschieht dies entweder direkt auf dem Felde (Feldbrand) oder in Öfen, die, je nachdem sie zu einem zeitweisen oder zu einem ununterbrochenen Betriebe eingerichtet sind, in *periodisch* oder *kontinuierlich* betriebene Ziegelöfen eingeteilt werden.

Zum Brennen der Ziegel direkt auf dem Felde werden die luftgetrocknen Steine auf einer eingeebneten Fläche hochkantig neben- und aufeinander zu einer viereckigen, abgestumpften Pyramide von rund 3,5 m Höhe (Feldofen oder Meiler, Fig. 31) zusammengestellt. Zur Einleitung und zum Durchführen des Brennprozesses werden hierbei über der ersten Schicht in Entfernungen von 3 Steinlängen Luftkanäle und über diesen in der 3. bis 6. Schicht Brennkanäle ausgespart, welche zur Aufnahme des Brennmaterials (Stückkohlen) dienen. Außerdem werden zwischen den

kann, was zur Beschleunigung der weiteren vollkommenen Austrocknung unbedingt erforderlich ist. Durchschnittlich sind auf diese 4 Wochen zu rechnen; dabei ist nicht ausgeschlossen, daß unter besonders günstigen Verhältnissen schon 14 Tage nach dem Formen Steine gebrannt werden können. Um unabhängig von Wind und Wetter zu sein, werden bei den großen Ziegeleien jetzt fast ausnahmslos die Trockenräume unmittelbar über den Brennkammern des Ziegelofens, also unter dessen fester Bedachung und mit jederzeit verschließbaren Seitenwänden angeordnet.

einzelnen Steinschichten Lagen von gesiebtem Kohlengrus eingebracht und mit letzterem auch alle Hohlräume zwischen den Steinen ausgefüllt.

Nach aufsen wird der zum Brennen so vorbereitete Steinhaufen durch eine allseitig aufgebrachte dünne Lehmschicht abgeschlossen, um den Hitzeverlust tunlichst herabzudrücken und ein möglichst gleichmäßiges Durchglühen der ganzen Masse zu unterstützen. Freilich ist von vornherein ein absolut gleichmäßiger Brand ausgeschlossen; nach der Art der ganzen Anordnung muß sich im Innern stets eine wesentlich höhere Glut entwickeln als an den Seitenwänden, und die Steine ein und desselben Brandes werden recht ungleich gebrannt sein. Viele Steine sind verbrannt und zusammengeschmolzen, während wieder andere überhaupt nicht durchgebrannt sind, und da außerdem noch ein Teil der Steine durch die direkte Berührung mit den Kohlen- und Aschenrückständen verloren geht, so kann man bei jedem Brande nur auf 75—80% wirklich brauchbarer Steine rechnen.

Viel vorteilhafter ist in dieser Beziehung das Brennen in Öfen. Schon der einfache offene Ofen, der lediglich aus 4 starken Umfassungswänden besteht, von denen die beiden Längswände mit Feuerungsöffnungen versehen sind, gestattet eine bessere Regelung des Brennvorganges und bietet damit wesentlich günstigere Vorbedingungen für die Herstellung eines gleichmäßigen Brandes von gewünschter Stärke. Noch besser und vollkommener sind natürlich die oben geschlossenen, die gewölbten Öfen. In ihnen ist leicht eine vollkommene Regulierung der Feuerung, und zwar gleichzeitig unter möglichster Ersparnis an Brennmaterial zu erreichen.

Die Konstruktion der Öfen ist verschieden. Neben dem einfachen *Stockofen* oder *Rundofen*, bei dem lediglich der oben offene Ofen durch ein mit Abzugöffnungen versehenes Gewölbe zugedeckt ist, haben wir die Öfen zu unterscheiden, bei denen das Brennmaterial außerhalb des eigentlichen Brennraumes auf besonderen Rosten verbrannt wird. Hierzu gehört vor allem der vielfach verbreitete *Kasseler Flammenofen*.

Obwohl der Kasseler Ofen wie auch die anderen Ziegelöfen ähnlicher Konstruktion mit Rücksicht auf tunlichste Herabminderung des Wärmeverlustes bereits stets als Doppelöfen erbaut werden, ist bei ihnen doch wie bei jedem periodischen Betrieb infolge des Anheizens und des Abkühlens ein mehr oder weniger hoher Verlust erzeugter Wärme unvermeidlich. Diesen zu vermeiden und damit die Kosten für Brennmaterial nicht unerheblich zu verringern, gelang durch die Einführung der *kontinuierlich betriebenen, ringförmigen Ziegelöfen*, deren Konstruktion im Jahre 1858 von Hoffmann angegeben worden ist.

Die Einrichtung des Hoffmannschen Ringofens besteht darin, daß eine ringförmige Brennkammer durch bewegliche Zwischenwände in Einzel-

kammern zerlegt werden kann, die jede von außen zu beschicken ist und durch verschließbare Öffnungen mit dem in der Mitte des Ringes befindlichen Schornstein in Verbindung steht. Durch Einstellen von Zwischenwänden und Öffnen der entsprechenden Verbindungstüren einerseits nach außen, andererseits nach dem Schornstein ist man nun in der Lage, jede beliebige Anzahl von Kammern aneinander zu schalten und derartig in Betrieb zu nehmen, daß die frische Luft nicht direkt der gerade zum Brennen benutzten Kammer zugeführt, sondern zunächst durch Kammern mit bereits gebrannten Steinen geleitet wird, und daß ferner die Brenngase erst wieder durch eine Reihe von Kammern mit frisch eingesetzten Steinen gehen, bevor sie in den Schornstein gelangen. Die beim Abkühlen der Steine frei werdende Wärme geht alsdann nicht verloren, sondern dient zum Erhitzen der eintretenden Luft und kommt somit dem Brennprozeß direkt wieder zugute, denn durch die Zuführung erhitzter Luft ist ein wesentlich günstigerer Wirkungsgrad der Brennmaterialien zu erwarten. Ferner werden die in den Brenngasen vorhandenen Wärmemengen die frisch eingesetzten Steine vorwärmen und damit ebenfalls das Brennen selbst begünstigen, indem natürlich der bereits heiße Stein schneller auf den Hitzegrad des Brennens gebracht werden kann als ein kalter Stein.

In Deutschland ist als *Normalformat* (Reichsformat) des gebrannten Mauerziegels ein Stein von **25 cm Länge, 12 cm Breite, 6,5 cm Dicke** bei 1,95 l Rauminhalt angenommen, dessen Gewicht 2,75—3 kg beträgt (Normalklinker wiegt 3,5 kg). In Ostfriesland und Schleswig-Holstein trifft man vielfach das *Kleinformat* 22.10,5.5 cm (Oldenburg) und 27.11.5,5 cm (Kieler Format).

Ein guter richtig durchgebrannter Ziegelstein ist ohne Risse, im Bruch von gleichmäßig körniger Struktur ohne Kiesel- oder Kalkkörner und hat einen hellen Klang. Er muß, möglichst scharfkantig, genau die vorgeschriebene Form und Abmessung haben, ferner einerseits beim Werfen aufeinander nicht leicht zerbrechen, andererseits sich mit dem Hammer gut behauen lassen.

Gute Steine sind porös, saugen begierig Wasser ein, so daß sie angefeuchtet, leicht wieder trocken werden. Ihre Wasseraufnahmefähigkeit darf jedoch nicht mehr als  $\frac{1}{15}$  ihres Gewichtes betragen, nur dann kann erwartet werden, daß sie wetterbeständig sind und durch Frost und Nässe nicht mürbe und zerstört werden (abblättern, zerbröckeln).

Besonders scharf gebrannte Ziegel, die bis zur Verglasung (Versinterung) der äußeren Schicht erhitzt worden sind, heißen **Klinker**. Sie zeichnen sich durch besondere Festigkeit und Widerstandsfähigkeit aus und sind daher vornehmlich für alle Wasserbauten zu verwenden.

## § 23.

**Mauerwerk aus künstlichen Steinen.** Die Abmessungen der Ziegelsteine (Normalformat) sind so gewählt, daß die Länge des Steines gleich ist der doppelten Breite des Steines, einschließlichs eines Zwischenraumes zur Aufnahme des Bindemittels, des *Mörtels*. Die für den Mörtel bestimmten Zwischenräume zwischen den einzelnen Steinen heißen **Fugen**, und zwar **Stoßfugen** zwischen nebeneinander, und **Lagerfugen** zwischen aufeinander liegenden Steinen. Bei 25 cm Steinlänge und 12 cm Steinbreite ergibt sich für die Stoßfugen eine Dicke von 10 mm (Fig. 32). Die Lagerfugen erhalten dagegen annähernd 12 mm Stärke, indem auf 1 m Höhe genau 13 Schichten gerechnet werden.

Nach ihrer Lage in der Mauer bezeichnet man die mit der *Längsseite* parallel zur Außenseite der Mauer liegenden Steine als **Läufer** (Fig. 33 a), die mit der *Breitseite* parallel dazu liegenden als **Binder** (Fig. 33 b). Werden Steine hochkantig gestellt (Fig. 33 c), so erhalten

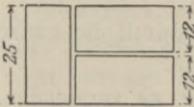


Fig. 32.

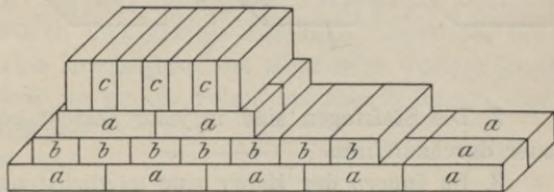


Fig. 33.

wir eine **Rollschicht**, während eine Schicht, in welcher die Steine mit keiner Seite parallel zur Außenseite der Mauer liegen, den Namen **Strom-** oder **Kreuzlage** führt.

Ferner bezeichnet man als *Läuferschicht* eine Schicht, welche an der Außenseite der Mauer nur *Läufer*, als *Binderschicht* eine, die an der Außenseite nur *Binder* enthält.

Obwohl zur tunlichsten Einschränkung des Verhauens von Steinen, wenigstens bei allen Mauern von geringer Dicke, die Stärke des Mauerwerkes als ein vielfaches der Steinbreite gewählt wird, erfordert doch jeder Steinverband nicht nur ganze Steine, sondern regelmäfsig auch die Verwendung von Teilstücken, die für gewöhnlich aus ganzen Steinen mit dem Hammer direkt gehauen, ausnahmsweise wohl auch mal besonders hergestellt werden. Allgemein heißt:

ein Stück von der ganzen Breite und  $\frac{3}{4}$  der Länge = **Dreiquartier** (Fig. 34 a);

ein halber Stein von der ganzen Breite und der halben Länge = **Zweiquartier**, halber Stein (Fig. 34 b);

ein Stück von der ganzen Breite und  $\frac{1}{4}$  der Länge = Quartier (Fig. 34 c);

ein halber Stein von der halben Breite und ganzen Länge = Riemstück (Fig. 34 d).

Für die Herstellung eines guten Steinverbandes sind folgende Hauptregeln zu beachten:

1. Die Stofsugen in zwei übereinander liegenden Schichten dürfen nicht lotrecht untereinander stehen, sondern müssen um  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{2}$  Stein gegeneinander verschoben sein. Ein Verband ist um so fester, je mehr Schichten zwischen 2 Stofsugen in derselben lotrechten Ebene liegen.

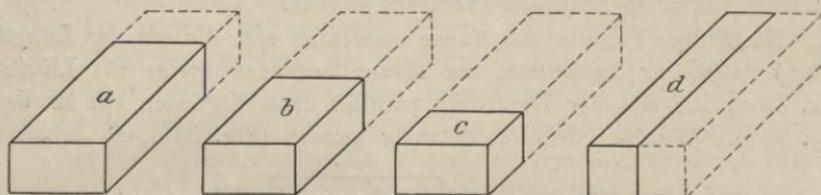


Fig. 34.

2. Die Stofsugen sind in jeder Schicht geradlinig durch die ganze Mauer durchzuführen.

3. Im Innern der Mauer sind möglichst nur Binder zu verwenden.

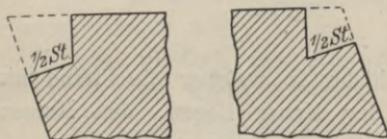


Fig. 35.

4. Jedes unnötige Verhauen von Steinen ist zu vermeiden, und Teilsteine sollen nur verwandt werden, soweit sie zur Herstellung des Verbandes unumgänglich notwendig sind.

Ferner ist darauf zu achten — ganz besonders bei Ausführungen am Wasser, — das Teilsteine an der

Aufsenseite der Mauer stets mit der *unbehauenen* Fläche nach außen vermauert werden. Bei schiefwinkligen Brücken- und Wehrwiderlagern läßt sich dies dadurch erreichen, das die betreffenden spitz- oder stumpfwinkligen Ecken durch einspringende Winkel nach Fig. 35 ersetzt werden.

Von den verschiedenen Steinverbänden kommen für die Ausführung des gewöhnlichen Mauerwerkes nur der *Blockverband* und der *Kreuzverband* in Betracht.

Bei dem **Blockverband** (Fig. 36) wechseln in der Außenfläche des Mauerwerkes Läufer- und Binderschichten regelmäfsig in der Weise miteinander ab, das sowohl die Stofsugen der sämtlichen Binderschichten wie auch die aller Läufer-schichten vertikal übereinander liegen.

Beim **Kreuzverband** (Fig. 37) aber versetzen sich zwei aufeinanderfolgende Läufer-schichten um je einen halben Stein, und es liegen infolgedessen wohl noch die Stofs-fugen der sämtlichen Binderschichten vertikal übereinander, von den Stofs-fugen der Läufer-schichten jedoch nur die jeder zweitfolgenden Schicht.

Materialienverbrauch und Kosten des Mauerwerks siehe § 30, S. 66.

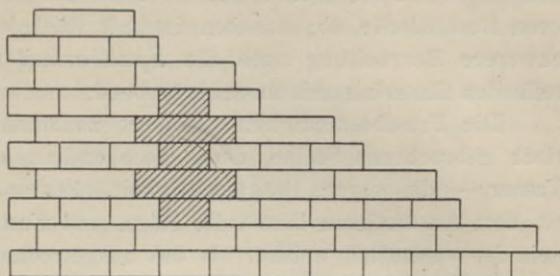


Fig. 36.

## § 24.

**Natürliche Steine.** Die als Bausteine zur Verwendung kommenden natürlichen Steine finden sich entweder als Findlinge, Geschiebe, Geröll, d. h. als losgelöste einzelne Bruchstücke von mehr oder weniger großen Abmessungen, oder als feste, in ganzen Felsen anstehende Massen, und je nach dieser Art des Vorkommens werden **Feldsteine** und **Bruchsteine** unterschieden, wobei es natürlich nicht ausgeschlossen ist, daß auch aus den Feldsteinen durch Zersprengen und durch die weitere Bearbeitung die verschiedenen Arten der Bausteine gewonnen werden. Nach dem Grade der Bearbeitung werden unterschieden:

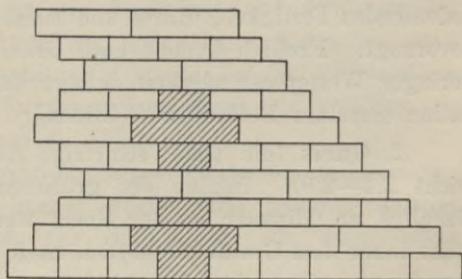


Fig. 37.

1. *Gewöhnliche Bruchsteine*, Steine von unregelmäßiger Gestalt ohne jede Bearbeitung, wie sie beim Absprengen, Brechen vom Felsen oder beim Zersprengen der Feldsteine entstehen.

2. *Lagerrecht bearbeitete Bruchsteine*, Steine mit zwei mehr oder weniger parallelen, annähernd ebenen Flächen.

3. *Schichtsteine*, die an der Stirn und teilweise auch an den Stofs- und Lagerfugenflächen bearbeitet sind.

4. *Werksteine, Schnittsteine, Quader*, deren sämtliche Flächen nach genauen Abmessungen zugehauen oder geschnitten und bearbeitet sind.

Der Wert eines Steines als Baumaterial hängt von seiner *Härte*, *Festigkeit* und *Widerstandsfähigkeit* nicht nur gegen Frost, sondern auch gegen die chemischen und mechanischen Einwirkungen der Luft und deren Bestandteile ab; daneben ist mit Rücksicht auf die leichtere oder schwerere Bearbeitung auch die *Spaltbarkeit* und der *Bruch* des betreffenden Materials mit ausschlaggebend.

Die Frostbeständigkeit verlangt zunächst die Verwendung keiner frisch gebrochenen Steine, denn diese enthalten alle mehr oder weniger Wasser — die sogen. Bergfeuchtigkeit. Zudem erlangen die Steine erst mit dem Austrocknen ihre volle Härte und Festigkeit. Ein bergfeuchter Stein ist wesentlich weicher als das ausgetrocknete Material.

In welchem Grade ein Stein den Einfüssen der Luft und sonstigen Angriffen gegenüber dauerhaft ist, hängt allein von seiner Zusammensetzung und dem chemischen Verhalten seiner Bestandteile ab.

Das Nähere hierüber sowie über die Einteilung der Gesteine und Mineralien vergl. Abschn. I, Kap. I, A und B.

Als Bausteine kommen vornehmlich in Frage:

1. **Granit** (Feldspat, Quarz, Glimmer, spez. Gewicht 2,55—3,02). Ein kristallinisches Gestein von verschiedener Korngröße ohne jede Schichtenbildung. Besonders die feinkörnigen Sorten sind wegen ihrer bedeutenden Festigkeit, Härte und meist auch großen Dauer als Bausteine bevorzugt. Freilich kommt auch Granit vor mit feinen Haarrissen und geringer Wetterbeständigkeit infolge der verhältnismäßig leichten Oxydation einzelner Bestandteile (Glimmer).

2. **Gneis** (die mehr schiefrige Ausbildung des Granits, spez. Gewicht 2,4—2,9). Infolge des größeren meist schichtenweis gelagerten Gehaltes an Glimmer ist der Gneis wenig fest und widerstandsfähig, er steht daher dem Granit wesentlich nach und dürfte vor allem bei Wasserbauten nur mit großer Vorsicht zur Anwendung gewählt werden.

3. **Syenit** (Feldspat, Hornblende, spez. Gewicht 2,05—3,06). Ein kristallinisches körniges Gemenge von großer Härte, Festigkeit und Dauer, das zu den besten Baumaterialien zählt.

4. **Basalt** (Quarz, Tonerde, Eisen, spez. Gewicht 2,88—3,30). Ist ein sehr feinkörniges, scheinbar homogenes, vulkanisches Gestein von schwarzer oder schwarzblauer Farbe. Einzelne Sorten (Säulenbasalt) sind nicht nur hart und fest, sondern auch wetterbeständig und dann als Baustein wertvoll, obwohl an ihnen der Mörtel wenig oder gar nicht haftet. Andere Basalte sind dagegen nicht wetterfest und deshalb zu Bauzwecken unbrauchbar.

5. **Basaltlava** (spez. Gewicht 0,7—2,6). Eine mehr oder weniger poröse, schwarzgraue Gesteinsmasse vulkanischen Ursprunges, liefert aus

den unteren, dichteren Schichten ein wertvolles Baumaterial, da sie gegen Witterungseinflüsse und mechanische Angriffe überaus widerstandsfähig ist.

6. **Sandstein.** Quarzsand durch kieseliges, kalkiges oder toniges Bindemittel zu mehr oder weniger festem Gestein von den verschiedensten Farben verbunden. Hierzu gehören:

*Grauwacke* (spez. Gewicht 2,5—2,77), ein sehr festes, meist deutlich geschichtetes, körniges Gestein, dessen quarzreiche Sorten mit kieseligem Bindemittel vorzügliches Baumaterial (Quader usw.) liefern.

*Kohlensandstein* (spez. Gewicht 2,58—2,85), ein meist hellgraues Gestein, mit tonigem, glimmerhaltigem Bindemittel, auch ein guter Baustein, aber von geringer Härte.

*Buntsandstein* (spez. Gewicht 2,4—2,55), ein meist rot gefärbtes, feinkörniges Gestein, mit kieseligem, tonigem oder eisenhaltigem Bindemittel. Infolge seiner großen Bergfeuchtigkeit ist der Buntsandstein, frisch gebrochen, leicht zu bearbeiten; mit dem Austrocknen wird der Buntsandstein zwar fest und auch in gewissem Grade wetterbeständig, er bleibt jedoch immer ein wenig dauerhaftes und widerstandsfähiges Material. Ähnlich verhalten sich noch der *Keupersandstein*, *Jurasandstein* und *Quadersandstein*.

7. **Kalkstein** (kohlenaurer Kalk, spez. Gewicht 2,46—2,84), besitzt meistens nur in einzelnen Lagen die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit, daß er als Baustein Verwendung finden kann, besonders wenn er den Witterungseinflüssen ausgesetzt sein würde. Seine Verwendung beschränkt sich daher auch auf Fundamentmauerwerk, in welchem er durch den Mörtel gegen äußere Angriffe geschützt ist.

Widerstandsfähiger ist der *Kalktuff*, ein poröses Gestein vulkanischen Ursprungs, von gelbweißer oder grauer Farbe. Die feineren dichten Sorten des Kalktuffes eignen sich zur Herstellung von wetterfesten Werksteinen.

Sofern es sich nicht um die Verarbeitung von Findlingen, Geröll oder Geschiebe handelt, wird in der Regel das Material zu den natürlichen Bausteinen durch "*offenen Tagbau*" im *Steinbruch* gewonnen, nur ausnahmsweise, wenn es sich um die Verwertung tiefer liegender Schichten oder Steinarten handelt, kommt hierfür auch der regelmäßige bergmännische Grubenbau in Frage. Je nach der Härte, der Festigkeit und Lagerung des Gesteins ist der Abbau desselben verschieden. Während die *Spitzhacke*, die *Brechstange*, der *Berghammer* und *Stahlkeile* genügen, um weichere, milde Gesteine zu lösen, bedarf es zum Brechen der festeren Gesteine der *Spreng-*, *Bohr-* und *Schiefsarbeit*.

Die weitere Behandlung des gebrochenen Steinmaterials richtet sich nach dem für die einzelnen Bausteine verlangten Grade der Bearbeitung. Die roheste Arbeit, bei der es nur darauf ankommt, dem Bausteine die

parallelepipedische oder sonst vorgesehene Form von bestimmten Abmessungen zu geben, die Außenflächen aber ein rauhes, kleinbuckeliges Aussehen behalten, ist das „Bossieren“. Hierzu wird bei weniger hartem Gestein der *Zweispitz* (Fig. 38 a), bei festem Gestein das *Spitzeisen* (Fig. 38 b) und der eiserne *Bossierhammer* (Fig. 38 c) benutzt.<sup>1)</sup>

Werden die größten Unebenheiten der bossierten Fläche abgearbeitet, mit dem *Zweispitz* und *Schlägel* bei weicherem, mit Spitzeisen und Bossierhammer bei festem Material, so ist die Fläche „gespitzt“.

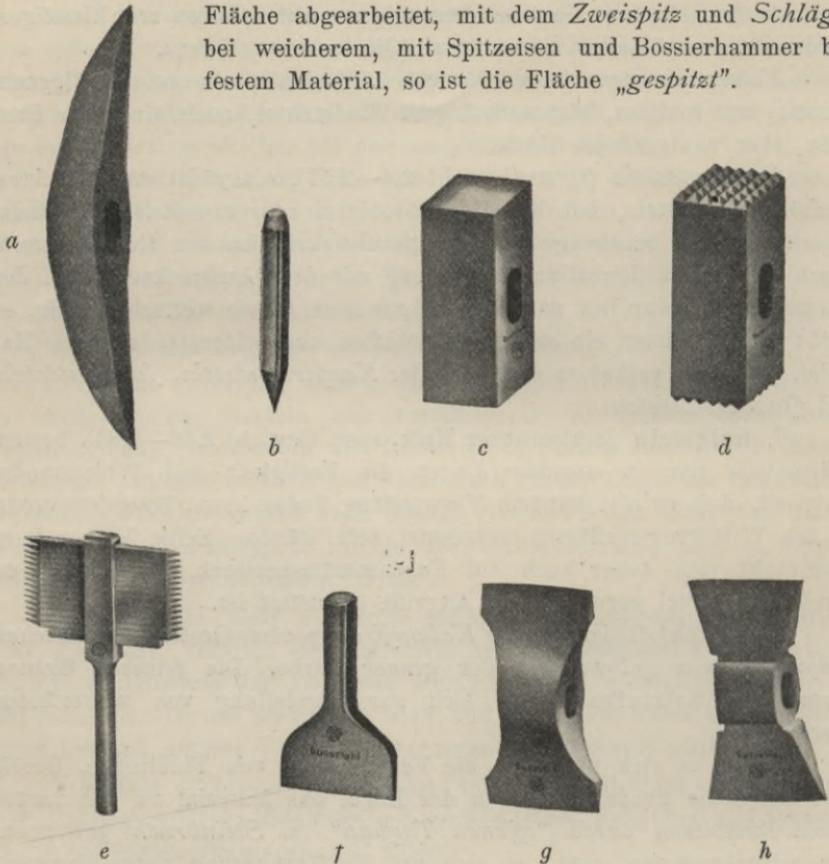


Fig. 38.

Eine weitere Bearbeitung — die Herstellung einer „gekrönelten, gekörnten, gestockten Fläche“ — erfolgt bei den harten Gesteinsarten mit dem *Krönelhammer* und weiter mit dem *Stock- und Kraushammer* (Fig. 38 d), bei weicheren Steinen mit dem *Kröneisen* (Fig. 38 e). Schließlich erhält man durch die Bearbeitung mit dem *Scharriereisen* (Fig. 38 f)

<sup>1)</sup> Werkzeugfiguren der Preisliste von C. D. Peddinghaus, Altenvörde in Westfalen, nachgebildet. D. H.

oder mit dem *Flachhammer*, auch *Fläche* genannt (Fig. 38g und h), die *scharrierte* oder *gezähnelte* Fläche.

### § 25.

**Mauerwerk aus natürlichen Steinen.** Die im § 23, S. 54 angegebenen Hauptregeln eines Steinverbandes sind auch für Mauerwerk aus natürlichen Steinen maßgebend und müssen bei der Herstellung desselben volle Beachtung finden, soweit es die Abmessungen und die Gestaltung des Materials ermöglichen lassen.

Sehr schwierig ist dies bei der direkten Verwendung der *Findlinge* (Fig. 39). Mit ihren abgerundeten Kanten und unregelmäßigen Begrenzungsflächen entsprechen sie wenig oder gar nicht den Anforderungen eines regelrechten, guten Steinverbandes. Besonders für die Ecken wird man ohne Behauen oder Absprengen einzelner Steine zur Herstellung

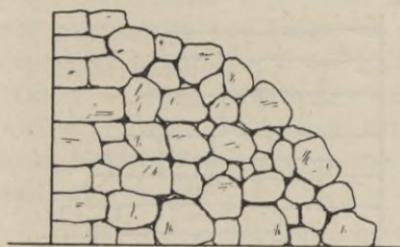


Fig. 39.

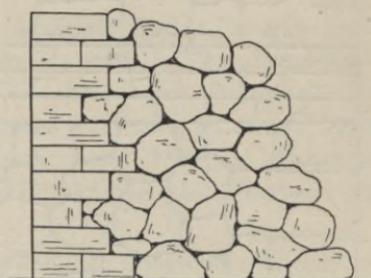


Fig. 40.

wenigstens einer annähernd ebenen Fläche nicht auskommen. Im übrigen muß man sich, wie auch bei der Verwendung der *gewöhnlichen Bruchsteine*, darauf beschränken, die größten Steine an den Ecken abwechselnd als Binder und Läufer zu verlegen, ferner tunlichst viele Steine möglichst durch die ganze Mauer als Binder (Ankersteine) durchgreifen zu lassen und wenigstens die Stofsugen zu versetzen. Fehlen geeignete Steine zur Herstellung der Ecken, so kann man sich dadurch helfen, daß man die Ecken aus Ziegelsteinen herstellt, und diese mittels einer dem Feldsteinmauerwerk angepaßten Verzahnung in das letztere einbinden läßt (Fig. 40). Ferner sind die Steine tunlichst passend dicht aneinander zu setzen und alle dann noch verbleibende größere Zwischenräume durch kleine Steinstücke auszufüllen (*zu verzwicken*). Bei größerer Höhe der Mauer muß wenigstens in Abständen von rund 1 m eine horizontale Abgleichung des Mauerwerkes hergestellt werden; sehr zu empfehlen ist dabei, besonders wenn Mangel an geeigneten Steinen zu Bindern herrscht, die Einschaltung einiger Schichten Ziegelmauerwerk (Fig. 41).

Wesentlich günstiger gestaltet sich die Arbeit mit *lagerrecht bearbeiteten Bruchsteinen* (Fig. 42). Die Ausbildung der Ecken bietet meist keine Schwierigkeiten, die Stofsugen sind regelmäfsig zu versetzen und bei einiger Auswahl des Materials können durchweg horizontale Lagerfugen hergestellt werden, wenn auch in wechselnden Höhenabständen. Die Anordnung möglichst vieler durch die ganze Mauerstärke gehenden Binder ist wiederum geboten.

Die Verwendung von *bearbeiteten Steinen, Werksteinen* oder *Quadern* gestattet natürlich die volle Innehaltung der Regeln des Steinverbandes.

Ganz allgemein ist bei dem Vermauern der natürlichen Steine darauf zu achten, dafs sie stets auf ihr natürliches Lager verlegt, d. h. dafs die gebrochenen Steine entsprechend der Schichtung, Lagerung des abge-

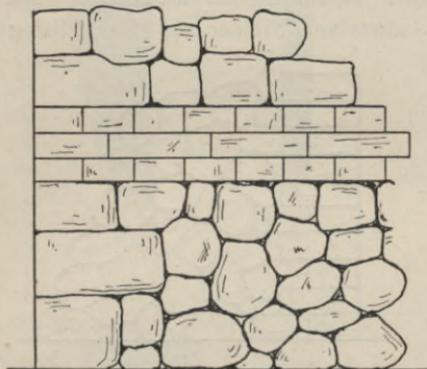


Fig. 41.

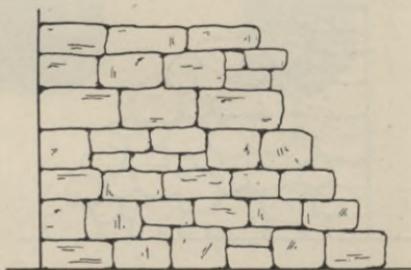


Fig. 42.

bauten Gesteins bearbeitet und verwendet werden. Das in diesem Sinne hochkantig gestellte Material blättert leicht ab und verwittert.

Materialverbrauch und Kosten siehe § 30, S. 66.

## § 26.

**Bindemittel.** Um die einzelnen Steine einer Mauer in ihrer Lage festzuhalten, damit äufsere Kräfte sie nicht verschieben und dadurch den Zusammenhang, die Widerstandsfähigkeit der ganzen Mauer gefährden können, sind die Zwischenräume zwischen den einzelnen Steinen, die Fugen, mit einem *Bindemittel* auszufüllen. Dieses mufs daneben sich gleichzeitig den Unebenheiten der Steine, besonders denen der Lagerfugen, derartig anpassen, dafs jeder Stein tunlichst mit seiner ganzen Fläche aufliegt, um die Druckfestigkeit des Materials voll auszunutzen.

Diesen Bedingungen würde schon ein Material — wie Moos, Heidekraut, gewöhnlicher Boden — entsprechen, das sich bequem in die Fugen

einbringen läßt und genügende Widerstandsfähigkeit zur Übertragung des Druckes besitzt. Die sogen. *Trockenmauern* sind in dieser Weise hergestellt.

Sollen aber hierüber hinaus die Steine durch das Bindemittel zu einer einheitlichen Masse verbunden und das Innere der Mauer gegen Witterungseinflüsse geschützt werden, so können nur die verschiedenen *Mörtelarten* als Bindemittel in Frage kommen. Hauptsächlich haben wir zwei Arten von Mörtel zu unterscheiden:

1. *Luftmörtel*,
2. *Wassermörtel*.

### § 27.

**Luftmörtel.** Der Luftmörtel ist ein inniges Gemenge von Sand, gelöschtem Ätzkalk (Calciumoxyd), auch Weißkalk oder Luftkalk genannt, weil er nur an der Luft durch den Zutritt von Kohlensäure erhärtet.

Der Ätzkalk wird durch Brennen tonarmer Kalksteine gewonnen. Am geeignetsten sind Kalksteine mit mehr als 90% kohlensaurem Kalk. Sie geben einen sehr *fetten* Kalk und zerfallen durch Anfeuchten mit Wasser — *beim Löschen* — unter starker Erhitzung zu einem feinen weißen Pulver. Kalksteine mit mehr als etwa 18% in Salzsäure nicht lösbarer Beimengungen sind für die Herstellung von Luftmörtel ungeeignet.

Das Brennen des Kalkes geschieht gewöhnlich in besonderen, schachtartig konstruierten *Kalköfen* mit zeitweisem oder ununterbrochenem Betriebe; es ist jedoch auch in *Meilern* und *Gruben* durchführbar. Durch das Brennen verliert der Kalkstein die Kohlensäure und das mechanisch gebundene Wasser. Die Hitze muß hierbei genau geregelt werden, da einerseits bei zu geringer Temperatur der Kalk nicht vollkommen reduziert wird und sich dann nicht löschen läßt, andererseits zu große Hitze die Oberfläche der einzelnen Kalksteine zur Versinterung bringt, den Kalk *tot* brennt. Zur Herstellung des Mörtels wird aus dem *gelöschten* Kalk in der *Löschbank* durch Zusetzen von Wasser unter dauerndem Durchrühren mit der *Kalkkrücke* zunächst die *Kalkmilch* gewonnen, die dann mit reinem, scharfem Sand vermengt den Luftmörtel liefert. — Besser ist jedoch, die Kalkmilch erst in eine durch Bretter oder Ziegelmauerwerk begrenzte Grube laufen zu lassen (einzusumpfen), in der sie zu einer zähen Masse — dem *Weißkalk* — eindickt. Mit Sand bedeckt, und dadurch gegen die Einwirkung der Kohlensäure geschützt, hält sich der eingesumpfte Kalk lange Zeit brauchbar. — Zur Verwendung wird der Weißkalk mit Sand und Wasser in der Löschbank wieder mit der Krücke zu einem durch und durch gleichmäßigen und einheitlich gefärbten Gemenge — dem *Luftmörtel* — durchgearbeitet.

Die zum Löschen des Kalkes und zur Mörtelmischung benutzte Löschanke ist ein aus 4 cm starken Brettern hergestellter, 1—1,5 m breiter, 2—2,5 m langer Kasten von 0,4—0,5 m Tiefe, der an einer Schmalseite mit einem verschließbaren Abfluß zum Ablassen der Kalkmilch versehen ist.

Der zur Mörtelbereitung benutzte Sand muß frei von tonigen, humosen oder sonstigen Beimengungen sein, gegebenenfalls vor der Verwendung durch Waschen gereinigt werden.

Das Verhältnis von Sand und Kalk im Mörtel soll so gewählt werden, daß der letztere nur die in dem Sande vorhandenen Zwischenräume ausfüllt und die einzelnen Sandkörner gerade einhüllt. Im allgemeinen kommen hiernach auf 1 Teil Kalk 3—4 Teile Sand (Mörtel zum Verputzen verlangt auf 1 Teil Kalk 2 Teile Sand). Zur Bestimmung des erforderlichen Materials ist aber zu beachten, daß ein derartiges Gemenge besonders bei der Verwendung trockenen *losen* Sandes eine überaus starke Volumenverdichtung zeigen muß, und es geben dann auch nur:

1 Raumteil Kalk und 2 Raumteile *loser* Sand 2,0 Raumteile Mörtel,

1 " " " 3 " " " 2,5 " "

1 " " " 4 " " " 3,0 " "

so daß zur Herstellung von 1 *cbm* Mörtel erforderlich sind:

bei dem Mischungsverhältnis von 1:2 0,50 *cbm* Kalk und 1,00 *cbm* loser Sand,

" " " " 1:3 0,40 " " " 1,20 " " "

" " " " 1:4 0,33 " " " 1,33 " " "

Durch die Kohlensäure der Luft erhärtet der Mörtel ganz allmählich unter gleichzeitiger Verdunstung des dem Mörtel beigegebenen Wassers, indem der Weißkalk wieder zu kohlensaurem Kalk wird. Um ein zu schnelles Austrocknen zu verhindern und um eine möglichst innige Verbindung des Mörtels mit den Steinen herbeizuführen, sind die letzteren vor dem Vermauern von Staub zu reinigen und nach Bedarf zu nassen. Auch ist darauf zu achten, den einmal im Mörtel verlegten Stein nicht nochmals zu bewegen, da dadurch der Zusammenhang zwischen Stein und Mörtel wieder gelockert werden würde.

## § 28.

**Wassermörtel, hydraulischer Mörtel, Zementmörtel.** Zur Herstellung von Mauerwerk unter oder im Wasser und auch schon in allen Fällen, wo es sich um starke Mauern handelt, in deren Inneres die Luft nur schwer einzudringen vermöchte, verwendet man statt des Luftmörtels hydraulischen Mörtel, dessen Erhärtung durch eine chemische Verbindung seiner Bestandteile miteinander stattfindet.

Zur Bereitung des hydraulischen Mörtels finden entweder die natürlichen oder die künstlichen hydraulischen Kalke Verwendung. Die Fähig-

keit, 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.

Auf den Versammlungen des internationalen Verbandes für die Materialprüfung in München 1884 und in Dresden 1886 wurde für die hydraulischen Bindemittel folgende Klassifikation<sup>1)</sup> festgesetzt:

„1. *Hydraulische Kalke* sind Erzeugnisse, welche durch Brennen von mehr oder weniger ton- (oder kieselsäure-) haltigen Kalken gewonnen werden und, mit Wasser benetzt, sich ganz oder teilweise zu Pulver löschen. Nach örtlichen Verhältnissen werden dieselben in Stückform oder hydratisiert in Mehlform in den Handel gebracht.

2. *Roman-Zemente* sind Erzeugnisse, welche aus tonreichen Kalkmergeln durch Brennen unterhalb der Sintergrenze gewonnen werden und bei Netzung mit Wasser nicht löschen, sondern durch mechanische Zerkleinerung in Mehlform gebracht werden müssen.

3. *Portland-Zemente* sind Erzeugnisse, welche aus Kalkmergeln oder künstlichen Mischungen ton- und kalkhaltiger Stoffe durch Brennen bis zur Sintergrenze und darauffolgende Zerkleinerung bis zur Mehlfeinheit gewonnen werden, einen Gewichtsteil Hydraulefaktoren auf 1,8—2,2 Gewichtsteile Kalkerde enthalten und in der Regel ein spezifisches Gewicht von mehr als 3,0 besitzen. Zur Regulierung technisch wichtiger Eigenschaften ist ein Zusatz fremder Stoffe bis zu 2<sup>0</sup>/<sub>0</sub> des Gewichts ohne Änderung des Namens zulässig.

4. *Hydraulische Zuschläge* sind natürliche oder künstliche Stoffe, welche nicht selbständig, sondern in Verbindung mit Ätzkalk hydraulisch erhärten, z. B. Puzzolanerde, Santorinerde, Hochofenschlacke, gebrannte Tone usw., sowie der aus geeignetem vulkanischen Tuff (Trafsstein) erzeugte Trafs.

5. *Puzzolan-Zemente* sind Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung pulverförmiger Kalkhydrate mit staubfein zerkleinerten hydraulischen Zuschlägen gewonnen werden.

6. *Gemischte Zemente* sind Erzeugnisse, welche durch innigste Mischung fertiger Zemente mit geeigneten Zuschlägen gewonnen werden.

<sup>1)</sup> Abgedruckt in den „Mitteilungen aus dem mechanisch-technischen Laboratorium der Königl. Technischen Hochschule in München“ von J. Bauschinger, 1886.

Derartige Bindemittel sind nach dem Grundstoff unter Angabe des Zuschlages ausdrücklich als gemischte Zemente zu benennen.“

Auch über die Lieferung und Prüfung der Zemente sind Vereinbarungen getroffen und Vorschriften erlassen, für Preußen durch den Rund-erlaß des Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 28. Juli 1887.<sup>1)</sup>

Die künstlichen Zemente bestehen aus etwa 30—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 Sand-zusatz. 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—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.

Der Bedarf an Zement und Sand zur Gewinnung eines dem jeweiligen Zweck entsprechenden Mörtels ist somit ganz verschieden.

*Hydraulische Kalke* erhalten auf 1 Raumteil Kalk einen Zusatz von 2 oder 3 Raumteilen Sand, nur ausnahmsweise geht man bis auf einen Sandzusatz von 5 Teilen.

Bei *vollem Trafmörtel* — Mischung von Kalk und Trafs ohne Sand — kommen auf 1 Raumteil Kalk 1—2 Raumteile Trafs, und für *verlängerten* Trafmörtel sind Mischungen von:

1	Raumteil	Trafs,	1	Raumteil	Kalk	und	1	Raumteil	Sand,
2	„	„	1	„	„	„	2	„	„
4	„	„	3	„	„	„	8	„	„
1	„	„	1	„	„	„	3	„	„
1	„	„	1	„	„	„	4	„	„

üblich. — (Materialbedarf siehe § 30.)

Bei der Verwendung von Zement unterscheidet man wieder *reinen* Zementmörtel und *verlängerten* Zementmörtel, je nachdem nur Zement und Sand gemischt oder auch noch Kalk zugesetzt wird.

Mischungsverhältnisse des *reinen* Zementmörtels sind:

1	Raumteil	loser	Zement	und	1	Raumteil	loser	Sand	geben	1,25	Teile	Mörtel,
1	„	„	„	„	2	„	„	„	„	1,75	„	„
1	„	„	„	„	3	„	„	„	„	2,25	„	„
1	„	„	„	„	4	„	„	„	„	3,00	„	„

<sup>1)</sup> Siehe Zentralblatt der Bauverwaltung 1887; als Sonderdruck zu beziehen von Wilh. Ernst & Sohn, Berlin W.

Der Zusatz von Kalk zur Herstellung eines verlängerten Zementmörtels erfolgt nun nicht allein bei allen angeführten Mischungsverhältnissen des reinen Zementmörtels, sondern auch zu jedem derselben in der verschiedensten Stärke, je nachdem die hydraulischen Eigenschaften mehr oder weniger voll und langsam zur Wirkung kommen sollen. Es geben:

1 Raumteil loser Zement mit 2 Raumteilen lösem Sand und 0,5 Teilen Kalk  
2,25 Teile Mörtel,

1 Raumteil loser Zement mit 2 Raumteilen lösem Sand und 1,0 Teilen Kalk  
2,75 Teile Mörtel,

1 Raumteil loser Zement mit 3 Raumteilen lösem Sand und 0,5 Teilen Kalk  
2,75 Teile Mörtel,

1 Raumteil loser Zement mit 3 Raumteilen lösem Sand und 1,0 Teilen Kalk  
3,25 Teile Mörtel,

1 Raumteil loser Zement mit 4 Raumteilen lösem Sand und 0,5 Teilen Kalk  
3,25 Teile Mörtel,

1 Raumteil loser Zement mit 4 Raumteilen lösem Sand und 1,0 Teilen Kalk  
3,75 Teile Mörtel,

1 Raumteil loser Zement mit 4 Raumteilen lösem Sand und 2,0 Teilen Kalk  
4,75 Teile Mörtel.

Da alle hydraulischen Mörtel zum *Abbinden* und *Erhärten* Wasser notwendig haben, sind bei Herstellung von Mauerwerk mit hydraulischem Mörtel die Steine vor der Verwendung nicht nur von Staub sorgfältig zu reinigen, sondern auch sehr stark zu nassen; am besten werden Ziegelsteine vorher einige Zeit in Wasser gelegt. Auch empfiehlt es sich, bei warmer Witterung das fertige Mauerwerk noch von Zeit zu Zeit anzufeuchten.

### § 29.

**Beton.** Beton ist ein Gemenge aus hydraulischem Mörtel und Steinschlag oder Kies. Die Wahl des Steinmaterials wird meistens durch die örtlichen Verhältnisse beeinflusst werden. Verwendung können finden die Brocken hartgebrannter Ziegelsteine, Hochofen- und Steinkohlenschlacken, Schotter von Granit, Basalt, Lava, Porphyry und anderen festen, natürlichen Steinen. Die Steinbrocken sollen rau und scharfkantig sein und keinen größeren Durchmesser als 4—5 cm besitzen. Vor der Verwendung muß der Steinschlag stets durch Waschung von dem anhaftenden Staube gesäubert werden.

Die zur Mischung des Betons verwendete Menge des hydraulischen Mörtels soll so groß sein, daß alle Steinbrocken vom Mörtel umhüllt und sämtliche Zwischenräume zwischen den einzelnen Brocken vollständig ausgefüllt sind. Dies wird im allgemeinen erreicht, wenn 2 Raumteilen Steinschlag 1 Teil Mörtel beigemischt wird, wobei es dahingestellt bleibt, wie das Mischungsverhältnis des Mörtels selbst ist.

Es ergeben dann

6 Raumteile Mörtel und 12 Raumteile Steinschlag 13 Raumteile Beton.

Eine Verminderung des Mörtelbedarfs kann man event. durch Stampfen der Masse, durch die damit zu erzielende Verkleinerung der Zwischenräume erreichen.

Kleinere Betonmassen werden mit der Hand zubereitet, indem auf einem gedichteten und gehörig befeuchteten Boden höchstens 0,5 cbm Steinschlag auf einmal mit der erforderlichen Mörtelmenge 3—4 mal mit Spaten und Rechen durchgearbeitet werden.

Bei größeren Bauausführungen wird der Beton in Fallwerken oder in um die Längsachse rotierenden Trommeln gemischt.

### § 30.

**Stein- und Mörtelbedarf.** Zur Herstellung von 1 cbm vollen *Ziegelmauerwerks*, dessen Gewicht durchschnittlich 1600 kg ist (Klinkermauerwerk 1800 kg), werden 400 Stück Steine und 0,28 cbm Mörtel verbraucht, d. h. zu 1000 Steinen gewöhnlichen Formats bedarf man 0,70 cbm Mörtel oder zur Aufführung von 1 qm Wandfläche:

bei 1	Stein starker Mauer (25 cm)	100 Ziegel	und 0,070 cbm Mörtel,
„ 1 $\frac{1}{2}$	„ „ „ (38 „)	150 „ „	0,105 „ „
„ 2	„ „ „ (51 „)	200 „ „	0,140 „ „
„ 2 $\frac{1}{2}$	„ „ „ (64 „)	250 „ „	0,175 „ „
„ 3	„ „ „ (77 „)	300 „ „	0,210 „ „
„ 3 $\frac{1}{2}$	„ „ „ (90 „)	350 „ „	0,245 „ „
„ 4	„ „ „ (102 „)	400 „ „	0,280 „ „

1 cbm *Bruchsteinmauerwerk* erfordert 1,25—1,30 cbm regelmäfsig aufgesetzter *Feld- und Bruchsteine* und 0,33 cbm *Mörtel*.

Bereits § 27, S. 62 ist angegeben, dafs je nach dem Mischungsverhältnis 1 cbm *Luftmörtel* erfordert:

bei dem Verhältnis 1:2	0,50 cbm Kalk	und 1,00 cbm losen Sand,
„ „ „ 1:3	0,40 „ „	„ 1,20 „ „ „
„ „ „ 1:4	0,33 „ „	„ 1,33 „ „ „ ;

annähernd gleiche Mengen gebraucht bei demselben Mischungsverhältnis 1 cbm Mörtel aus *hydraulischem Kalk*.

1 cbm *scharfer Trafmörtel* verlangt:

bei dem Mischungsverhältnis 1:1	0,62 cbm gelöschten Kalk	und	0,62 cbm gemahlener Trafs,
bei dem Mischungsverhältnis 1:2	0,45 cbm gelöschten Kalk	und	0,90 cbm gemahlener Trafs.

1 cbm *verlängerter Trafmörtel*:

bei dem Verhältnis 1:1:1	0,48 cbm gemahlener Trafs,	0,48 cbm gelöschten Kalk,	0,48 cbm losen Sand,
--------------------------	----------------------------	---------------------------	----------------------

bei dem Verhältnis 1:1:3	0,31 cbm gemahlener Trafs,	0,31 cbm gelöschten Kalk,	0,90 cbm losen Sand,
bei dem Verhältnis 1:1:4	0,25 cbm gemahlener Trafs,	0,25 cbm gelöschten Kalk,	1,00 cbm losen Sand,
bei dem Verhältnis 2:1:2	0,59 cbm gemahlener Trafs,	0,29 cbm gelöschten Kalk,	0,59 cbm losen Sand.

Ferner erfordert 1 cbm *reiner Zementmörtel*:

bei dem Verhältnis 1:1	0,80 cbm losen Zement und	0,80 cbm losen Sand,
„ „ „ 1:2	0,57 „ „ „ „	1,14 „ „ „
„ „ „ 1:3	0,44 „ „ „ „	1,33 „ „ „
„ „ „ 1:4	0,33 „ „ „ „	1,33 „ „ „

und 1 cbm *verlängerter Zementmörtel*:

bei dem Verhältnis 1:2:1	0,36 cbm losen Zement,	0,72 cbm losen Sand,	0,36 cbm gelöschten Kalk,
bei dem Verhältnis 1:3:1	0,31 cbm losen Zement,	0,93 cbm losen Sand,	0,31 cbm gelöschten Kalk,
bei dem Verhältnis 1:4:1	0,27 cbm losen Zement,	1,08 cbm losen Sand,	0,27 cbm gelöschten Kalk,
bei dem Verhältnis 1:4:2	0,21 cbm losen Zement,	0,84 cbm losen Sand,	0,42 cbm gelöschten Kalk.

Die Preise der Materialien sind natürlich überaus verschieden, nicht nur mit Rücksicht auf die wechselnde Qualität der Baustoffe und die jeweiligen Marktpreise (Verhältnis zwischen Angebot und Nachfrage), sondern vor allem hängen sie auch ab von der örtlichen Lage des Baues, d. h. von der Entfernung der Verwendungsstelle von der Bezugs- bzw. Fabrikationsstelle der Materialien, und den Transportverhältnissen.

Die nachstehend aufgeführten Werte sind daher nur als *Durchschnittspreise* zu erachten, die benutzt werden können, um unter Berücksichtigung der für jeden Einzelfall in Betracht kommenden örtlichen Verhältnisse einen Anhalt für die tatsächlichen Preise zu gewinnen.

Ab Ziegelei kosten 1000 Stück guter Ziegelsteine (Normalformat) . . . . . 20—25 M.

Desgl. Klinker . . . . . 30—35 M.

Die Preise für Bruchsteine in Haufen gesetzt schwanken je nach der Härte und dem damit verbundenen leichteren oder schwereren Brechen des Materials zwischen . . . . . 2,5—4,5 M. für das Kubikmeter an der Gewinnungsstelle.

1 hl *gebrannter Kalk* kostet am Kalkofen annähernd 1,00—1,25 M.

*Zement* wird in Tonnen geliefert. 1 t von 180 kg Brutto- und 170 kg Nettogewicht enthält 0,1 cbm festgestampfte oder 0,12 cbm lose Masse und kostet . . . . . 5,00 M.

## § 31.

**Ausführungen in Holz.** Im Gegensatz zum Steinmaterial besitzt Holz neben einer meist nicht unbedeutenden *rückwirkenden* Festigkeit gegen *Druck* auch eine mehr oder weniger hohe *absolute* Festigkeit gegen *Zug* und *relative* (Biegungs-) Festigkeit gegen *Zerbrechen*. Für die Verwendung des Holzes aber und die Gestaltung der Holzkonstruktion, d. h. für den *Holzverband*, wird die möglichst weitgehende Nutzbarmachung der *vollen* Festigkeit des Holzes maßgebend sein.

Der Wert der verschiedenen Holzarten als Bauholz hängt jedoch nicht allein von deren Festigkeit, Härte, Widerstandsfähigkeit und Dauer ab, sondern wesentlich auch von den Abmessungen — Länge und Stärke — der einzelnen Stücke. Ferner kommt bei der Bewertung noch in Betracht, daß je nach dem Alter, dem Wachstum und dem Standorte die Eigenschaften der einzelnen Holzarten selbst überaus verschieden sein können.

So ist schon in jedem Baumstamm der *Kern* (Kernholz) — der innere die ältesten Jahrringe umfassende Teil — fester, härter und widerstandsfähiger als der äußere, jüngere Teil, der *Splint*, ferner das Stammende besser als der Wipfel, und schließlich wiederum der ganze Stamm von besserem Holz als die Äste. Eine feste Bewertung der verschiedenen Holzarten — Nadelholz oder Laubholz und weiter dann zwischen hartem und weichem Holz — ist daher ausgeschlossen, und zwar um so mehr noch, als immerhin eine Holzart gegebenenfalls gerade wegen einer besonderen Eigenschaft für einzelne Ausführungen bevorzugt werden muß.

Das zu Bauzwecken zu verwendende Holz soll im Herbst oder Winter (die beste Zeit sind die Monate November bis Februar) geschlagen werden, da das im Sommer zur Zeit des Wachstums, der stärksten Saftfülle, gefällte Holz weniger widerstandsfähig ist, sofern nicht durch planmäßige Behandlung für eine rechtzeitige genügende Austrocknung Sorge getragen wird. Das im Winter gefällte Holz ist von dem Sommerholz durch die Jodprobe zu unterscheiden. Bei dem im Winter geschlagenen Holze treten die Markstrahlen, wenn die Hirnholzfläche mit Jodlösung bestrichen wird, blauschwarz auf hellem Grunde hervor, während sie bei dem im Sommer gefällten Holze etwas heller gelb als der Grund erscheinen.

Auch das im Winter geschlagene Holz enthält frisch gefällt noch recht bedeutende Wassermengen (bis 45%) und muß zunächst erst lufttrocken werden (der Wassergehalt darf nur 10—15% betragen). Zu dem Zwecke werden Laubhölzer meist gleich nach dem Fällen von der Rinde befreit, um den Luftzutritt zu befördern, da dadurch der Splint dichter und fester wird und das Holz weniger dem Wurmfraß ausgesetzt ist. Bei den harzhaltigen Nadelhölzern ist dies nicht erforderlich, vielmehr

behalten sie ihre Rinde, um jedem Verlust an Harz vorzubeugen. Einen Anhalt für die Trockenheit des Holzes gewährt bis zu einem gewissen Grade sein Gewicht, indem allgemein trockenes Holz leichter ist als frisch geschlagenes, wenn auch andererseits dabei das Schwinden des Holzes, die verschiedene Dichtigkeit des Kernholzes und des Splintholzes, sowie alle die in dem verschiedenen Wachstum derselben Holzart liegenden Unterschiede gegebenenfalls nicht unberücksichtigt bleiben dürfen.

Die spezifischen Gewichte der wichtigsten Bauhölzer sind:

Edel- od. Weifstanne frisch geschlagen	0,77—1,23,	lufttrocken	0,37—0,75,
Rottanne, Fichte	„ „	0,40—1,10,	„ 0,32—0,60,
Kiefer	„ „	0,38—1,08,	„ 0,31—0,83,
Lärche	„ „	0,52—1,00,	„ 0,44—0,80,
Eiche	„ „	0,93—1,28,	„ 0,69—1,03,
Rotbuche	„ „	0,85—1,12,	„ 0,59—0,91.

Im engsten Zusammenhang mit dem Wassergehalt steht die Volumenveränderung des Holzes, das *Schwinden* beim Austrocknen und das *Quellen* bei der Wiederaufnahme von Feuchtigkeit. Bei der verschiedenen Dichtigkeit der einzelnen Holzfasern (Kern und Splint) eines Querschnittes und der nur allmählich von außen nach innen fortschreitenden Austrocknung findet das Schwinden des Holzes nicht gleichmäßig statt; die Folge davon ist das *Reißen* und *Werfen* des Holzes. Dafs trockenes Holz jederzeit wieder Feuchtigkeit aus der Luft oder Wasser direkt aufnimmt und somit quellen kann, ist bei der Verwendung des Holzes wohl zu beachten. Die Verbände müssen so hergestellt werden, dafs das Holz gegebenenfalls ungehindert arbeiten kann, und die Verwendung von trockenem Holz zu Spundwänden oder anderen Konstruktionen unter Wasser ist direkt ausgeschlossen, sofern man nicht gerade durch das Quellen einzelner Holzteile eine besondere Dichtung herbeiführen will.

### § 32.

**Holzarten.** Die wichtigsten *Nadel-* und *Laubhölzer* für die Ausführungen in Holz sind:

1. Die *Edel-* oder *Weifstanne* zeichnet sich durch besonders hohen, schlanken, astfreien Wuchs aus. Sie hat 1—2 cm lange, 2—3 mm breite, an der Spitze abgerundete, flache, immergrüne, an der Unterfläche blafsgrüne, mit 2 parallelen weiflichen Strichen versehene Nadeln zu beiden Seiten der Zweige. Das Holz ist weifs, langfaserig, leicht spaltbar, astfrei und sehr elastisch, besitzt jedoch weniger Harzgehalt als die anderen Nadelhölzer und ist daher gegen den Wechsel von Nässe und Trockenheit weniger widerstandsfähig, sonst aber ein vorzügliches Material.

Das Reifealter ist 100—120 Jahre.

2. Die *Rottanne*, *Fichte* besitzt, langsam gewachsen (auf sandigem, nicht zu fettem Boden), dichtes, festes Holz. Sie hat 12—15 mm lange, 1 mm starke, rautenförmige, stachelspitzige, erst hell-, dann dunkelgrüne, immergrüne Nadeln, welche die Zweige spiralförmig allseitig umgeben. Ihr Holz ist von rötlich-gelber Farbe, harzreich, aber ziemlich weich und gegenüber den Witterungsschwankungen wenig dauerhaft; dauernd unter Wasser ist es aber gut zu verwenden.

Das Reifealter ist 60—80 Jahre.

3. Die *Kiefer*, *Föhre* hat 4—5 cm lange, spitze, im Querschnitt halbkreisförmige, immergrüne Nadeln von grau-grüner Farbe, die *paarweise* in einer Scheide spiralförmig allseitig an den Zweigen sitzen. Das Holz, im Kern gelbrot bis braunrot, im Splint gelb oder rötlich-weiß, ist hart, sehr elastisch und harzreich, wird aber vom Wurmfräfs stark befallen. Es ist das gesuchteste Bauholz und für alle Wasser- und Grundbauten sehr geeignet.

Das Reifealter ist 100—120 Jahre.

4. Die *Lärche*, ein sehr gerader und ziemlich schnell wachsender Baum, hat 1—2 cm lange, hellgrüne, in Büscheln aus einer Scheide wachsende, um den Zweig allseitig verteilte Nadeln, die im Herbst jedes Jahres abfallen. Das Holz ist im Kern von rötlicher, im Splint von gelblicher Farbe, harzreich, hart, sehr zäh und elastisch. Es wirft sich nicht, läßt sich leicht bearbeiten und ist auch gegenüber dem Wechsel von Nässe und Trockenheit widerstandsfähig, sowie dem Wurmfräfs nicht unterworfen. Das Lärchenholz ist daher gerade für alle Wasserbauten von außerordentlichem Werte.

Das Reifealter ist 60—70 Jahre.

5. Die *Eiche*. Sowohl die *Stiel-* oder *Sommereichen* wie auch die *Stein-* oder *Wintereichen* liefern für Bauzwecke vorzügliches Material. Das Holz beider Eichenarten, besonders aber das der Steineiche, ist sehr schwer, hart, fest, zähe, im Wasser und im Trocknen fast gleich unverwüßlich und auch dem Wechsel von Nässe und Trockenheit gegenüber sehr widerstandsfähig. Das Eichenholz ist das vorzüglichste Bauholz und nur vielleicht für einzelne Konstruktionsglieder seines bedeutenden Gewichtes wegen nicht zu wählen.

6. Die *Rotbuche* hat hartes, festes, dichtes, feinfaseriges, aber sprödes und wenig elastisches Holz, das unter Wasser zwar haltbar, aber dem Witterungswechsel gegenüber wenig widerstandsfähig und dem Wurmfräfs stark unterworfen ist.

Die Verwendung des Buchenholzes zu Bauzwecken wird besonders durch seine grofse Sprödigkeit sehr beeinträchtigt.

## § 33.

**Holzverbände.** Die Ausführung eines Bauwerkes in Holz erfordert die Verbindung einer mehr oder weniger großen Anzahl einzelner Hölzer zu einem einheitlichen Ganzen. Dieser *Holzverband* muß in all seinen Teilen dem Charakter des Materials und der jeweiligen Inanspruchnahme entsprechend hergestellt werden, wobei es sich nicht allein um die Verbindung der einzelnen Konstruktionsglieder miteinander, sondern auch um die Beschaffung dieser selbst in den erforderlichen Abmessungen handeln kann.

Die einzelnen Verbände sind in erster Linie durch die zweckentsprechende Gestaltung der aneinander zu fügenden Holzteile zu bilden, daneben ist jedoch meist noch eine Verbindung derselben durch besondere Befestigungsmittel erforderlich, die je nach der Beanspruchung aus *Holz*, (*Dollen, Dübel, Keile, Nägel*) oder *Eisen* (*Dorne, Nägel, Schrauben, Bolzen, Klammern, Schienen*) gefertigt werden. Auch sind zu diesen



Fig. 43.

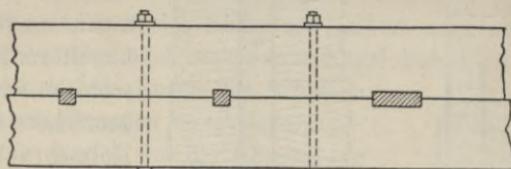


Fig. 44.

Hilfskonstruktionen die gegebenenfalls bei Hänge- und Sprengwerken zur Anwendung kommenden *eisernen Schuhe* zu rechnen.

1. *Dollen* (Fig. 43) sind Holzstücke von zylindrischem, vier- oder mehrseitigem Querschnitt, die vornehmlich beim Verlängern von Hölzern ein Verschieben derselben gegeneinander verhindern sollen.

2. *Dübel* (Fig. 44) werden aus hartem, zähen Holz (Scherfestigkeit) mit quadratischem oder rechteckigem Querschnitt gefertigt und dienen dazu, die Verschiebung von zwei aufeinander liegenden Hölzern in der Längsrichtung zu verhindern. Sie erhalten in der Regel  $\frac{3}{10}$  der Höhe der zu verbindenden Balken als Dicke und die Breite derselben als Länge. Um ein Drehen der Dübel und damit ein Abheben der Balken voneinander zu verhindern, sind die Balken bei der Verwendung von Dübeln stets durch eiserne Bolzen miteinander zu verbinden.

3. Als *Nägeln* bezeichnet man vier- oder mehrseitige Holzstücke von 1—3 cm Stärke, die zur Befestigung bei Zapfen- und anderen Verbindungen dienen, und welche in vorher gebohrte Löcher eingetrieben werden.

4. *Dorne* (Fig. 45) sind kurze, beiderseitig zugespitzte, mit widerhakenartigen Einklinkungen versehene Eisen von rundem oder quadratischem Querschnitt, die an Stelle der hölzernen Dollen verwendet werden.

5. *Eiserne Nägel*. Abgesehen von den aus rundem oder quadratischem Eisendraht hergestellten *Drahtstiften* von der verschiedensten Stärke und Länge (bis 245 mm) kommen auch *geschmiedete* Nägel zur Verwendung, die im Handel bis zu 30 cm Länge zu haben sind, aber für gröfsere Abmessungen besonders geschmiedet werden müssen. Die Länge der zu verwendenden Nägel ist gleich der 3fachen Stärke des zu befestigenden Holzes zu wählen.

6. *Schrauben* (Holzschrauben). Das Holz, an das mit der Holzschraube die Befestigung erfolgen soll, muß einerseits das Eindringen der scharfkantigen vorn zugespitzten Schraube gestatten, andererseits aber auch

fest genug sein, um der durch das Anziehen der Schraube ausgeübten Beanspruchung zu widerstehen. Der Kopf der Holzschraube ist, je nachdem sie *versenkt* werden soll oder nicht, umgekehrt konisch oder halbkugelförmig und mit einem Einschnitte zum Einsetzen des Schraubenziehers versehen. Größere, starke Holzschrauben, wie sie beispielsweise zur Befestigung gufseiserner Schuhe benutzt werden, erhalten vier- oder sechskantige Köpfe zum Einziehen mit einem Schraubenschlüssel.



Fig. 45.

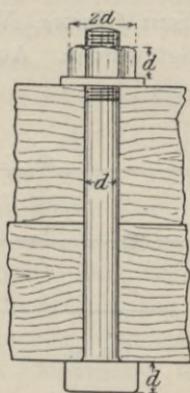


Fig. 46.

7. *Schraubenbolzen* (Fig. 46) bestehen aus dem *Schaft*, dem meist viereckigen *Kopf* und der vier- oder sechseckigen *Schraubenmutter* mit *Unterlagsplatte*. Sie kommen bei gröfseren Beanspruchungen zur Anwendung, denen gegenüber die Widerstandsfähigkeit der Holzfaser bei Anwendung von Holzschrauben versagen würde. Der Kopf muß durch Stauchen und Ausschmieden mit dem Schaft aus einem einheitlichen Stück gefertigt werden und nicht für sich hergestellt, nur aufgeschoben und nachträglich befestigt sein. Obwohl der viereckige Kopf meist gröfsere Abmessungen als die Schraubenmutter hat, kann es sich doch — besonders bei weicheren Holzarten oder an und für sich schwereren Konstruktionen — empfehlen, auch unter dem Kopf eine Unterlagsplatte anzuordnen, um einem Nachgeben des Schraubenbolzens durch Eindringen des Kopfes in das Holz vorzubeugen.

8. *Klammern* (Fig. 47), 20—40 cm lange, an beiden Enden rechtwinkelig umgebogene Eisen, dienen in der Regel nur während der Bau-

ausführung oder zu vorübergehenden Anlagen zum Zusammenziehen und Zusammenhalten der Hölzer. Zu dem Zwecke sind die beiden Enden beiderseitig zugespitzt oder auch schneidenartig ausgebildet. Kleinere Klammern, bei denen die Enden länger als der gerade Teil sind, heißen *Krampen*.

9. *Schienen* (Laschen) aus Flacheisen (Fig. 48) werden zur Verbindung von zwei gestossenen Balken benutzt, sofern Zugbeanspruchungen

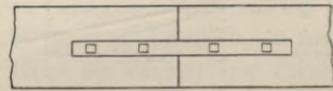
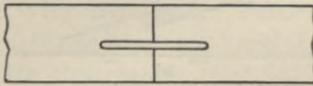
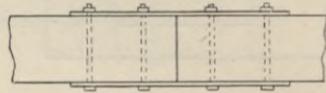


Fig. 47

Fig. 48.

vorkommen. Sie werden paarweise zu beiden Seiten des Balkens angeordnet und mit durchgehenden Bolzen oder auch nur durch Nägel befestigt; in letzterem Falle ist es vorteilhaft, die Enden der Schienen etwas umzuschlagen und durch Krampen zu sichern.

Beim Holzverband kann es sich um die Herstellung folgender Verbindungen handeln:

1. *Verlängerung* eines Holzes in lotrechter oder waagrechter Richtung;
2. *Verstärkung* eines Konstruktionsgliedes;
3. *Verbindung* der verschiedenen Konstruktionsglieder miteinander.

*Verlängerung des Holzes.* Bei dem Aufpfropfen von Pfählen oder Stielen (Verlängerung in lotrechter Richtung) werden die Hölzer am besten lediglich stumpf mit den genau rechtwinkelig zur Längsachse geschnittenen Enden aufeinander gestellt und gegen seitliches Verschieben durch hölzerne Dollen oder eiserne Dorne gesichert (Fig. 43 und 45). Zwischengelegte Blechplatten verhindern, daß die Fasern ineinander gepreßt werden, besonders wenn es sich um Rammpfähle handelt, die den Schlägen der Rammbären ausgesetzt sind (vergl. § 59). Kommt lediglich ruhende Belastung in Frage, so wendet man auch den Kreuzzapfen (Fig. 49) an; es müssen dann eiserne Ringe umgelegt werden, um das Aufspalten der Pfähle zu verhindern.

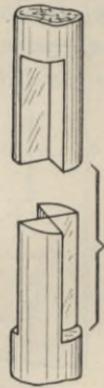


Fig. 49.

Horizontale Hölzer werden mit dem *geraden* und *schrägen Stofs* (Fig. 47 und 48) oder dem *geraden* und *schrägen Blatt* (Fig. 50) aneinander gesetzt; beide Verbindungen verlangen gegen Zugbeanspruchungen und Verschiebung *Schienen* und *Klammern* bezw. *Bolzen*.

Sollen bei der Verlängerung durch den Holzverband selbst Zugkräfte aufgenommen werden, so kommt das *gerade* oder *schräge Haken-*

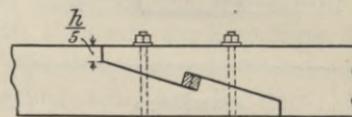
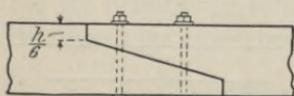
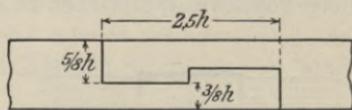
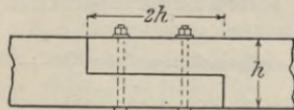


Fig. 50.

Fig. 51.

*blatt* (Fig. 51) zur Anwendung, deren Festigkeit durch durchgehende Bolzen und Keile verstärkt wird.

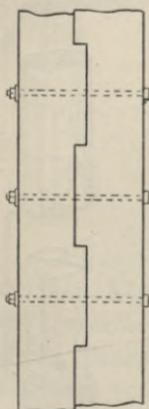


Fig. 52.

2. *Verstärkung* senkrecht stehender Konstruktions-  
teile wird, wenn lediglich die weitere Aufstellung eines  
zweiten und dritten Holzes nicht genügt, sondern —  
wie beispielsweise bei Hängesäulen — die Schaffung  
einer stärkeren Einheit gefordert werden muß, durch  
ein tunlichst genaues Ineinandergreifen der Hölzer —  
die *Verschränkung* — (Fig. 52) erreicht.

Um die Verstärkung — die Erhöhung der Trag-  
fähigkeit — horizontal liegender Hölzer zu erreichen,  
müssen 2 oder mehr aufeinander liegende Balken der-  
artig miteinander verbunden werden, daß ein Gleiten  
derselben in der Längsrichtung beim Durchbiegen ver-  
hindert wird, denn alsdann wirken die übereinander lie-  
genden Hölzer wie ein einheitlicher Balken und die Trag-  
fähigkeit ist proportional dem Quadrat der Gesamthöhe.

Diese feste Verbindung ist entweder durch die *Verzahnung* (Fig. 53)  
oder durch *Verdübelung* (Fig. 54) zu schaffen. Die Konstruktion der  
verzahnten und verdübelten Träger siehe § 46, S. 127.

3. *Verbindung der einzelnen Konstruktionsglieder miteinander.*  
Die einfachste Verbindung von 2 in derselben Ebene liegenden Hölzern,  
von denen das *eine* oder auch *beide* nicht über die Verbindungsstelle  
hinausgehen, ist der *gerade* oder *schräge Zapfen* (Fig. 55), je nach dem  
Winkel, unter welchem die beiden Hölzer zusammentreffen.

Der gerade Zapfen wird meist in der ganzen Breite des zu verbindenden Holzes angeschnitten und erhält als *Länge* die halbe Höhe und als *Dicke*  $\frac{1}{3}$  der Stärke des Balkens, in den das Zapfenloch eingearbeitet wird. Grundzapfen läßt man jedoch durch den ganzen Balken durchgehen, um von oben her Keile eintreiben zu können. (Vergl. auch § 65.)

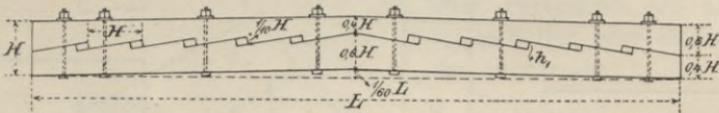


Fig. 53.

Wird der Zapfen senkrecht zu seiner Längsrichtung stärker beansprucht, wie bei der Verbindung horizontal liegender Balken, so nimmt man den Brustzapfen (Fig. 56), wenn man nicht die Verblattung vorzieht.

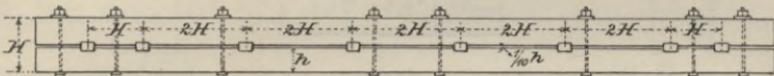


Fig. 54.

Die *Verblattung* ist notwendig, wenn 2 in derselben Ebene liegende Hölzer sich kreuzen und *beide* über die Verbindungsstelle hinausgehen (Fig. 57), außerdem kommt sie auch für die Verbindung horizontaler

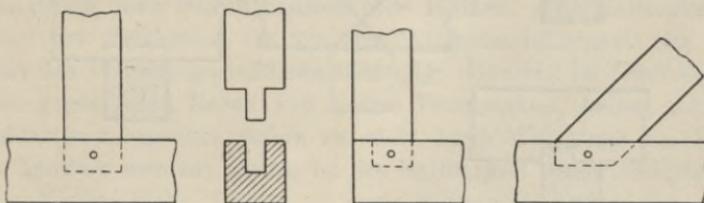


Fig. 55.

Hölzer statt der Zapfen zur Anwendung und zwar als *einfaches Blatt* (Fig. 58 a) und *Hakenblatt* (Fig. 58 b) oder als *schwalbenschwanzförmiges Blatt* (Fig. 59).

Liegen die zu verbindenden Hölzer zwar parallel zueinander, aber nicht in derselben Ebene, so ist die Überblattung nicht mehr möglich, sondern nur noch eine *Verkämmung* (Fig. 60).

Wenn die unter einem mehr oder weniger spitzen Winkel aufeinanderstehenden Balken größere Druckkräfte zu übertragen haben, so genügt dazu die Zapfenverbindung (Schrägzapfen) nicht, es müssen vielmehr die

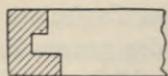


Fig. 56.

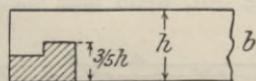
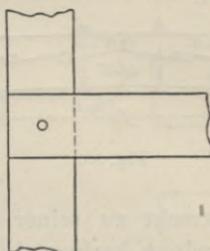
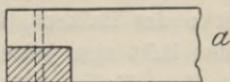


Fig. 58.

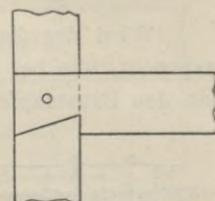
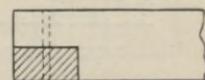
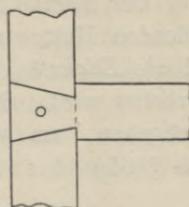


Fig. 59.

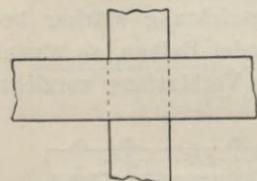
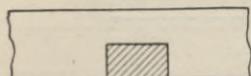


Fig. 57.

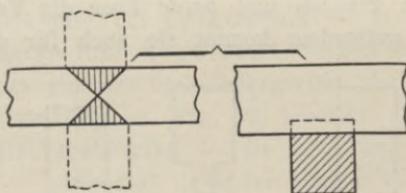
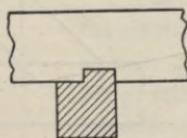
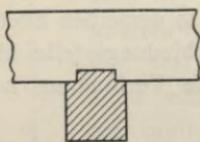


Fig. 60.

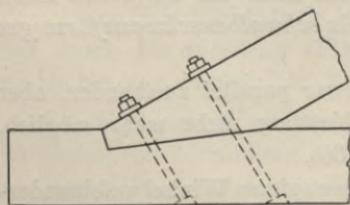


Fig. 61.

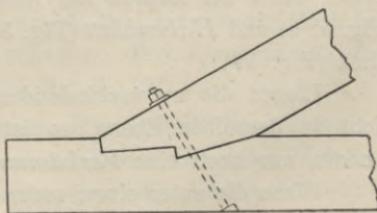


Fig. 62.

schräg gerichteten Balken (Streben, Kopfbänder) mit einem *Versatz* — *einfacher* (Fig. 61) oder *doppelter* (Fig. 62) — in den zweiten Balken eingreifen. Bei dem doppelten Versatz muß der zweite Versatz, um voll wirken zu können, tiefer als der vordere Versatz eingreifen, damit eine zweite Faserschicht auf Abscheren in Anspruch genommen wird. Gegen seitliches Verschieben werden Zapfen (Fig. 63) und gegen das Abheben oder Fortgleiten des Strebenfußes Bolzen oder eiserne Bänder angebracht.

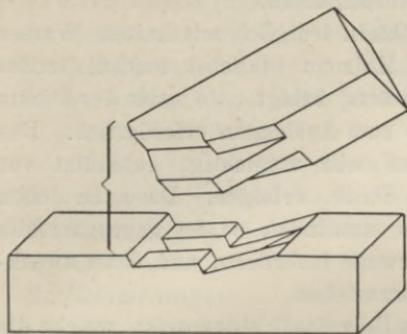


Fig. 63.

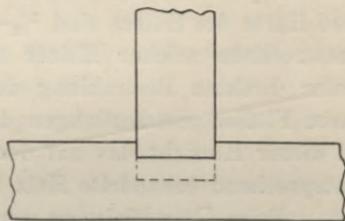


Fig. 64.

Auch senkrecht stehende Hölzer sichert man, wenn seitliche Beanspruchungen in stärkerem Maße zu befürchten sind, durch den *geraden Versatz* (Fig. 64).

### § 34.

**Anstrich und Durchtränken der Hölzer.** Die Haltbarkeit und die Dauer der Holzbauten ist von der Widerstandsfähigkeit des Holzes gegenüber den Witterungseinflüssen abhängig. Dauernd im *Trocknen*, also geschützt gegen jeden Regen und andere Feuchtigkeit, halten sich sämtliche Holzarten unbegrenzt, sofern sie nicht durch Wurmfräse oder äußere Angriffe zerstört werden; ebenso ist die Haltbarkeit der wichtigsten Bauhölzer — Kiefer, Eiche, Lärche — unter Wasser eine sehr hohe. (Nicht widerstandsfähig im Wasser sind Ahorn, Esche, Birke und Weide.) Dahingegen sind alle Hölzer beim Wechsel von Nässe und Trockenheit mehr oder weniger schnell der Zerstörung preisgegeben. Hierbei sind es vornehmlich die stark hygroskopischen Saftbestandteile des Holzes, welche die Fäulnis einleiten und damit die Zersetzung des Holzes herbeiführen.

Die Haltbarkeit, die Dauer aller den Witterungseinflüssen ausgesetzten Hölzer wird dementsprechend dadurch zu erhöhen sein, daß man entweder das Wiedereindringen von Feuchtigkeit in das Innere des Holzes durch einen dichtschiessenden *Anstrich* verhindert oder die Saftbestandteile des Holzes auslaugt oder durch *Durchtränken* gegen Fäulnis schützt.

Angestrichen darf nur *lufttrockenes Holz* werden, da frisches, feuchtes Holz unter dem luftabschließenden Anstrich stocken und damit noch schneller in Fäulnis geraten würde. Neben *Ölfarben*, *Teer* und *Firnissen* hat sich gerade bei Brücken- und Meliorationsbauten das *Karbolinum* als Anstrichmasse sehr gut bewährt, besonders wenn rechtzeitig alle sich neu bildenden Risse nachgestrichen werden, was bei dem dünnflüssigen Material leicht bewirkt werden kann.

Ein *Auslaugen* dürfte bei Bauhölzern lediglich mit kaltem Wasser in Betracht kommen, indem man das Holz in tunlichst starkfließendes Wasser (mit dem Wurzelende stromaufwärts) bringt. Je nach der Dichte und Härte des Holzes sind  $\frac{1}{2}$ —2 Jahre zum Auslaugen erforderlich. Das Austrocknen solcher Hölzer muß dann sehr vorsichtig, geschützt vor jeder direkten Bestrahlung durch die Sonne, erfolgen. Da auch schon beim Flößen ein Auslaugen des Holzes stattfindet, so ist gegebenenfalls in dieser Hinsicht das auf dem Wasserwege beförderte und dann zweckentsprechend behandelte Holz immer vorzuziehen.

Beim *Durchtränken* werden in das Holz Stoffe eingepreßt, welche die Saftbestandteile gegen Fäulnis sichern und somit der Zerstörung des Holzes vorbeugen. Zum Durchtränken werden entweder *Metallsalze* (Eisenvitriol, Zinkvitriol, Zinkchlorid, Kupfervitriol und Quecksilberchlorid) oder *antiseptisch* wirkende Stoffe (Kreosot, Karbolsäure u. a.) benutzt.

### § 35.

**Einteilung und Preise der Hölzer.** Das zu Bauzwecken zu verwendende Holz muß durchweg gesund (frei von Faulstellen und anderen Verletzungen), gerade und schlank gewachsen, sowie auch rechtzeitig gefällt und nach dem Fällen zweckentsprechend behandelt sein. Wird das Holz nicht als Rundholz, sondern gleich als fertiges *Verbandholz*, *Bohlen* oder *Bretter* geliefert, so ist darauf zu achten, daß alle Verbandshölzer durchaus *rechtwinkelligen* Querschnitt und, wenn scharfkantig gefordert, überall volle rechteckige Kanten haben, sonst läßt man Waldkanten bis höchstens  $\frac{1}{4}$  der Balkenbreite zu. Auch sind sämtliche Hölzer in den für die Verwendung erforderlichen Abmessungen zu liefern. Bretter und Bohlen sollen tunlichst ast- und splintfrei sein.

Die Berechnung sowohl des im Walde gefällten Baumes (Stammholzes) wie des *Rundholzes* und des *Kantholzes* mit rechteckigem Querschnitt erfolgt nach *Festmetern*. 1 Festmeter (fm) = 1 cbm feste Holzmasse. Der Inhalt des einzelnen Stammes wird aus seiner Länge und mittleren Stärke bestimmt.<sup>1)</sup> Die Verjüngung eines Baumstammes beträgt auf 1 m Länge durchschnittlich bei Nadelhölzern 1 cm, bei Laubhölzern 2 cm.

<sup>1)</sup> Holztabelle siehe in „Forstliche Kubierungstabellen nach metrischem Maß“ von M. B. Prefsler, Berlin.

Das *Stammholz*, *Rundholz* oder *unbeschlagene Holz* teilt man ein in:

1. aufsergewöhnlich starkes Holz mit 14—16 m Länge und über 35 cm Zopfstärke;
2. gewöhnlich starkes Holz mit 12—14 m Länge und über 25 cm Zopfstärke;
3. Mittelbauholz (Riegelholz) mit 9—12 m Länge und über 20 cm Zopfstärke;
4. Kleinbauholz (Sparrholz) mit 9—11 m Länge und über 15 cm Zopfstärke;
5. Bohlstämmen mit 7—9 m Länge und über 13 cm Zopfstärke;
6. Lattstämmen mit 7—9 m Länge und über 8 cm Zopfstärke.

Außerdem *Sägeblöcke* (Abschnitte) von 7—8 m Länge und 36 bis 47 cm Zopfstärke.

Neben dem *Stammholz*, allen Hölzern über 14 cm Zopfstärke, haben wir noch beim Verkauf im Walde zu unterscheiden:

1. *Derbstangen*, Lattstämmen, Gerüststangen, Leiterbäume (7—14 cm Durchmesser);
2. *Reiserstangen*.

Als *Ganzholz* bezeichnet man den aus einem Rundholz durch das *Behauen* (*Beschlagen*) mit der Axt und dem Breitbeil oder durch *Schneiden* mit der Säge hergestellten Balken mit rechteckigem Querschnitt. In 2 Hälften der Länge nach aufgeschnitten gibt das Ganzholz 2 Stück *Halbholz* und durch 2 Schnitte über Kreuz in 4 Teile getrennt 4 Stück *Kreuzholz*.

Aus einem Rundholz erhält man den Balken größter Tragfähigkeit, wenn das Verhältnis zwischen Breite und Höhe des rechteckigen Querschnittes wie 5 : 7 gewählt wird. (Vergl. Abschn. III, § 51, 3.)

Im Handel kommen jedoch alle Abmessungen von 8/8—28/30 cm vor, und zwar werden folgende Normalprofile festgehalten:<sup>1)</sup>

Bei einer Höhe von Zentimeter											
8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
eine Breite von Zentimeter											
8	8	10	10	12	14	14	16	18	20	22	24
	10	12	12	14	16	16	18	20	24	26	28
			14	16	18	18	20	24	26	28	
						20					

Die *Sägeblöcke* dienen zur Herstellung der *Bohlen*, *Bretter* und *Latten*. Die üblichen Bohlstärken sind 5, 6,5, 8,0, 10,5 und 13 cm; bei Brettern unterscheidet man:

<sup>1)</sup> Erlaß des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 5. Juli 1898. Zentralblatt der Bauverwaltung 1898.

Ganze Spundbretter . . . . .	4,5 cm stark.
Halbe            „            . . . . .	4,0 „ „
Tischlerbretter . . . . .	3,0 „ „
Schalbretter . . . . .	2,5 „ „
Kistenbretter . . . . .	0,6—2,0 „ „

Latten werden in den Stärken  $\frac{4}{6}$  cm und  $\frac{5}{8}$  cm geschnitten. Als *Schwarten* oder *Schalen* werden die beim Schneiden der Rundhölzer an den 4 Seiten des Stammes abfallenden, halbrund begrenzten Brettstücke bezeichnet.

Die Preise für Bauholz sind wiederum je nach dem Material, dem Umfang der Lieferung und der Lage des Baues sehr verschieden. In holzreichen Gegenden werden selbstverständlich wesentlich geringere Aufwendungen für die Holzbeschaffungen zu machen sein als dort, wo die erforderlichen Hölzer erst von weither zu beziehen sind und vielleicht nicht einmal Wasser, sondern nur Eisenbahn oder gar die Achse als Transportmittel zur Verfügung stehen. Den nachstehenden Angaben ist daher kein fester Wert beizumessen, sondern sie können nur als Durchschnittspreise gelten, die einen Anhalt für die Ermittlung der tatsächlichen Kosten geben.

Auch kommt bei den Holzpreisen noch in Betracht, daß mit der Zunahme der Abmessungen auch der Preis für die Einheit ganz bedeutend wächst.

1. *Rundholz* kostet durchschnittlich 1 fm:

- a) Nadelholz von 10—50 cm Durchmesser 15—50 M.
- b) Eichenholz „ 10—50 „ „ 30—80 „

2. *Kantholz*:

- a) Nadelholz kostet 1 fm scharfkantig geschnitten je nach Stärke und Länge 42—75 M.
- b) Eichenholz desgl. 80—150 M.

Die Höchstpreise können auch der Ermittlung der Preise für Bohlen und Bretter unter Berücksichtigung der verschiedenen Stärke zugrunde gelegt werden.

Buchenholz ist annähernd  $30\%$  billiger als Eichenholz.

### § 36.

**Ausführungen in Eisen.** *Eisensorten.* Die ganz allgemein gehaltene Einteilung des Eisens lediglich nach dem Gehalt an Kohlenstoff, nach welcher unterschieden wird:

- 1. *Roheisen* oder *Gufseisen* mit  $2-5\%$  Kohlenstoff, leichter schmelzbar, spröde, nicht schmied- und schweißbar;
- 2. *Schmiedeeisen*, *weiches Eisen*, mit  $0,05-0,5\%$  Kohlenstoff, schwer schmelzbar, schmied- und schweißbar;

3. *Stahl* mit 0,5—2<sup>0</sup>/<sub>10</sub> Kohlenstoff, schweißbar, schmiedbar, härtbar und elastisch;

genügt nach Einführung neuer Herstellungsmethoden und der damit herbeigeführten wesentlichen Verschiebung der bisher als maßgebend erachteten Unterschiede nicht mehr, um die verschiedenen Eisensorten zutreffend zu bestimmen. Weitere Benennungen waren notwendig, welche auch die aus der Herstellungsweise sich ergebenden Unterschiede mit berücksichtigten. Nach dieser Richtung hin sind nun die Namen und Eigenschaften der für Bauzwecke zur Verwendung kommenden Eisensorten durch den Zirkularerlass des Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 29. Januar 1889<sup>1)</sup> folgendermaßen festgelegt:

Nach der Herstellungsweise des Materials sind zu unterscheiden als Hauptgattungen von Eisen und Stahl:

1. Roheisen,
2. Gußeisen,
3. Schweißisen,
4. Schweißstahl,
5. Flußeisen und
6. Flußstahl.

Es ist zu bezeichnen:

1. mit *Roheisen* das Erzeugnis des Hochofens. Es ist leicht schmelzbar, aber nicht schmiedbar. Es kann nach seiner Herstellungsart als Koksroheisen oder Holzkohlenroheisen, nach seiner Farbe und seinem Gefüge als weißes (Spiegeleisen, Weißstrahl, Weißkorn), graues oder halbiertes Roheisen bezeichnet werden.
2. mit *Gußeisen* das in besonderen Formen gegossene, in der Regel vorher in einem Kuppel- oder Flammofen umgeschmolzene Roheisen. Werden dem Roheisen beim Umschmelzen Stahlabfälle zugesetzt, so nennt man das Erzeugnis „*Stahlgufs*“.

Sind Gußwaren nachträglich schmiedbar gemacht worden, so tritt die Bezeichnung „*schmiedbares Gußeisen*“ oder „*Temperguß*“ ein.

Wird Gußeisen durch Gießen in eisernen Formen an seinen Außenflächen besonders hart gemacht, so heißt es „*Hartguß*“.

Sind Gußstücke in offenen Formen oder in Sand, Masse oder Lehm geformt, und sollen sie nach dieser Art der Herstellung besonders gekennzeichnet werden, so sind sie mit Herdguß, Sand-, Masse- oder Lehmguß zu bezeichnen.

3. mit *Schweißisen* das im teigigen Zustande gewonnene, in der Regel im Puddelprozeß hergestellte, schmied- und schweißbare, aber nicht merklich härtbare, gegenwärtig meist Schmiedeeisen genannte Material.

Wird Schweißisen zu Blechen oder Stäben ausgewalzt, ausgeschmiedet oder zu Draht gezogen, so kann es Blech (Wellblech, Weißblech usw.), Walz- oder Stabeisen, auch Quadrat-, Rund-, Flach-, Profil-, Bandisen usw.,

<sup>1)</sup> Abgedruckt im Zentralblatt der Bauverwaltung 1889, S. 61.

Walzdraht oder Zugdraht genannt, und diese Bezeichnung der Bezeichnung „Schweißisen“ hinzugefügt oder dahinter in Klammer eingeschaltet werden (z. B. Schweißisenblech, Schweißisendraht usw.).

Die Bezeichnung „Schmiedeeisen“ fällt aus.

4. mit *Schweißstahl* das im gleichen Zustande wie zu 3 gewonnene, aber merklich härtbare Material. Soll dabei das Herstellungsverfahren noch besonders hervorgehoben werden, so ist diese Bezeichnung hinter der Bezeichnung „Schweißstahl“ in Klammer einzuschalten (z. B. Puddelstahl, Raffinierstahl, Zementstahl usw.). Soll die Form als Blech, Stab, Draht gekennzeichnet werden, so ist unter Anwendung der Bezeichnung „Schweißstahl“ wie unter 3 zu verfahren (z. B. Schweißstahlblech usw.).
5. mit *Flußisen* das im flüssigen Zustande gewonnene, im Bessemer-, Thomas- oder Martin-Verfahren hergestellte schmiedbare, aber nicht merklich härtbare Material.

Soll dabei das Herstellungsverfahren besonders hervorgehoben werden, so ist statt der einfachen Bezeichnung „Flußisen“ die Bezeichnung „Bessemer-, Thomas- oder Martin-Flußisen“ zu wählen oder eine dieser letzteren Bezeichnungen hinter der Bezeichnung „Flußisen“ in Klammer einzuschalten.

Soll die Form als Blech, Stabeisen, Draht gekennzeichnet werden, so ist unter Anwendung der Bezeichnung „Flußisen“ wie unter 3 zu verfahren.

6. mit *Flußstahl* das im gleichen Zustande gewonnene, aber merklich härtbare Material.

Soll dabei zugleich das Herstellungsverfahren noch besonders hervorgehoben werden, so ist statt der einfachen Bezeichnung „Flußstahl“ die Bezeichnung „Tiegel-, Bessemer-, Thomas- oder Martin-Flußstahl“ zu wählen oder eine dieser letzteren Bezeichnungen hinter der Bezeichnung „Flußstahl“ in Klammer einzuschalten.

Soll die Form als Blech, Stab, Draht gekennzeichnet werden, so ist unter Anwendung der Bezeichnung „Flußstahl“ wie unter 3 zu verfahren.

Die Bezeichnung „Gußstahl“ fällt aus.

Schweiß- und Flußisen bzw. Stahl können, außer nach Herstellung und Form, auch nach der Beschaffenheit — z. B. als sehniges Schweißisen, Feinkorneisen — oder nach der Bearbeitung — als gehämmertes Eisen, Raffinierstahl usw. — bezeichnet werden. Da die Grenze zwischen härtbarem und nicht härtbarem Material schwer festzustellen ist, so ist in der Regel ein Material mit einer Zerreiß-Festigkeit von 50 kg für 1 qmm und darüber mit Stahl, ein Material von geringerer Festigkeit mit Eisen zu bezeichnen.

### § 37.

**Verbindung von Eisenteilen.** Für die Ausführungen in Eisen kommen fast ausschließlich die aus Schweißisen (siehe 3 der vorstehenden Zusammenstellung) hergestellten *Stabeisen*, *Flacheisen* und *Profildeisen* zur Anwendung. Sie liefern entweder direkt die einzelnen Kon-

struktionsglieder oder das Material zu deren Herstellung. Die Verbindung der Einzelteile, sei es zu dem Gesamtbauwerk oder zunächst zur zweckentsprechenden Ausbildung der verschiedenen Konstruktionsteile, erfolgt durch **Niete** oder **Schrauben**.

Die Verbindung durch Niete — das **Nieten** — geschieht in folgender Weise: Zunächst werden die miteinander zu verbindenden (2 oder mehr) Teile *unverrückbar* so aufeinander gelegt, daß die zur Aufnahme des Nietes bestimmten Löcher in den einzelnen Teilen, die alle in jeder Beziehung genau gleich, kreisrund gearbeitet sein müssen, scharf aufeinander passen. Alsdann wird der am Ende mit einem Kopf (*Setzkopf*) versehene Nietbolzen, dessen Dicke etwas geringer als der Durchmesser der Nietlöcher zu wählen ist, *hellrot* oder weifsglühend eingesetzt und an seinem durchragenden Ende schließlicly mit *Zuschlag* und *Schellhammer* ein zweiter Kopf, der *Schliefskopf*, angestaucht, indem dabei mit dem Setzhammer oder einer anderen Vorrichtung der Niet festgehalten und

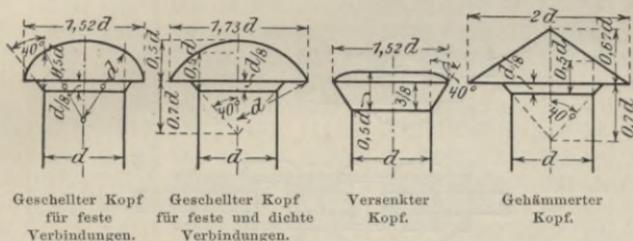


Fig. 65.

gegengepreßt wird. Die Länge der Bolzen richtet sich nach der Gesamtdicke der zu verbindenden Teile und muß so gewählt werden, daß genügendes Material für den Schliefskopf vorhanden ist.

Die Nietlöcher sollen kreisrund, genau *zylindrisch* sein, sie werden vielfach *durchgestoßen*, besser ist jedoch sie zu *bohren*.

Die Niete sind aus bestem Flußeisen oder Tiegelstahl herzustellen und mit Köpfen nach Fig. 65 zu versehen (siehe deutsches Normal-Profil-Buch für Walzeisen).

Ein gut hergestellter Niet muß das Nietloch in der ganzen Schaftlänge voll ausfüllen und mit beiden Köpfen allseitig fest auflagern. Zur Prüfung muß ein leichter Schlag mit dem Hammer gegen den Kopf hell und scharf klingen und der Hammer zurückfedern; ist dies nicht der Fall, der Ton vielmehr klappernd, so liegen Mängel in der Nietung vor, und der betreffende Niet muß wieder herausgeschlagen werden.

Die Stärke ( $d$ ) des Nietschaftes wird in der Regel  $d = 2,4 s$  gewählt, wenn  $s$  die Dicke des zu verbindenden Teiles ist.

Niete, welche 2 Teile miteinander direkt verbinden, also nur in einem Querschnitt beansprucht werden, heißen *einschnittig* (Fig. 66 a), erfolgt jedoch die Verbindung mit 2 Hilfsblechen (*Laschen*), so sind die Niete *zweischnittig* (Fig. 66 b).

Bei allen Verbindungen, bei denen die Stellung der zu verbindenden Teile gegeneinander die Anbringung von Nieten nicht gestattet oder keine starre, dauernde Verbindung geschaffen werden kann, sind statt der Niete *Schrauben* zu verwenden.

Für die Anfertigung und Lieferung von Eisenkonstruktionen sind auf Grund von Vereinbarungen maßgebend:

I. *Vorschriften für Lieferung von Eisen und Stahl*, aufgestellt vom Verein deutscher Hüttenleute, vom 17. März 1889, abgeändert im Februar 1893 und im März 1901.<sup>1)</sup>

II. Die *besonderen Vertragsbedingungen* für die Anfertigung, Lieferung und Aufstellung von größeren zusammengesetzten Eisenkon-

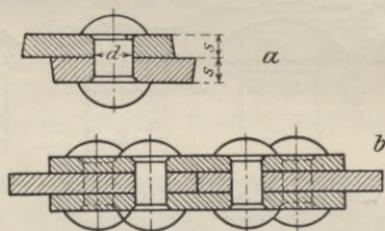


Fig. 66.

struktionen vom 25. November 1891, aufgestellt vom preussischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten.<sup>2)</sup>

III. Die *Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken- und Hochbau*, aufgestellt von dem Verbands deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Verein deutscher Ingenieure und dem Verein deutscher Hüttenleute 1886, abgeändert und ergänzt durch die Lieferungsbedingungen für Flußeisen 1900.<sup>3)</sup>

Die Bezahlung erfolgt in der Regel nach dem Gewicht der fertig montierten Arbeit. Die Preise schwanken je nach der Schwierigkeit und dem Umfange der Arbeit, sowie auch nach der jeweiligen Preislage des Eisens.

Als Anhalt kann für 100 kg ein Preis von 20—35 M. dienen.

<sup>1)</sup> Zu beziehen vom Kommissionsverlag von August Bagel in Düsseldorf.

<sup>2)</sup> Zu beziehen von Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin W., Wilhelmstr. 90.

<sup>3)</sup> Zu beziehen von der Verlagsbuchhandlung Otto Meißner in Hamburg.

## § 38. Gewichtstafel für Quadrat-, Sechskant- und Rundeisen.

1 cbm Stabeisen (*Schweißseisen*) wiegt 7800 kg.

Dicke <i>d</i> mm	Gewicht in kg/m			Dicke <i>d</i> mm	Gewicht in kg/m			Dicke <i>d</i> mm	Gewicht in kg/m		
											
5	0,195	0,169	0,153	50	19,500	16,888	15,315	180	252,720	218,862	198,486
6	0,281	0,243	0,221	52	21,091	18,266	16,565	185	266,955	231,190	209,666
7	0,382	0,331	0,300	54	22,745	19,698	17,864	190	281,580	243,856	221,152
8	0,499	0,432	0,392	56	24,461	21,184	19,211	195	296,595	256,859	232,945
9	0,632	0,547	0,496	58	26,239	22,724	20,608	200	312,000	270,200	245,044
10	0,780	0,676	0,613	60	28,080	24,318	22,054	205	327,795	283,879	257,450
11	0,944	0,817	0,741	62	29,983	25,966	23,549	210	343,980	297,896	270,161
12	1,123	0,973	0,882	64	31,949	27,668	25,093	215	360,555	312,250	283,179
13	1,318	1,142	1,035	66	33,977	29,425	26,685	220	377,520	326,942	296,504
14	1,529	1,324	1,201	68	36,067	31,235	28,327	225	394,875	341,972	310,134
15	1,755	1,520	1,378	70	38,220	33,100	30,018	230	412,620	357,340	324,071
16	1,997	1,729	1,568	72	40,435	35,018	31,758	235	430,755	373,045	338,314
17	2,254	1,952	1,770	74	42,713	36,990	33,547	240	449,280	389,088	352,864
18	2,527	2,189	1,985	76	45,053	39,017	35,384	245	468,195	405,469	367,720
19	2,816	2,439	2,212	78	47,455	41,097	37,271	250	487,500	422,188	382,882
20	3,120	2,702	2,450	80	49,920	43,232	39,207	255	507,195	439,244	398,350
21	3,440	2,979	2,702	85	56,355	48,805	44,261	260	527,280	456,638	414,125
22	3,775	3,269	2,965	90	63,180	54,716	49,621	265	547,755	474,370	430,206
23	4,126	3,573	3,241	95	70,395	60,964	55,288	270	568,620	492,440	446,593
24	4,493	3,891	3,529	100	78,000	67,550	61,261	275	589,875	510,847	463,287
25	4,875	4,222	3,829	105	85,995	74,474	67,540	280	611,520	529,592	480,287
26	5,273	4,566	4,141	110	94,380	81,736	74,126	285	633,555	548,675	497,593
27	5,686	4,924	4,466	115	103,155	89,335	81,018	290	655,980	568,096	515,206
28	6,115	5,296	4,803	120	112,320	97,272	88,216	295	678,795	587,854	533,124
29	6,560	5,681	5,152	125	121,875	105,547	95,720	300	702,000	607,950	551,350
30	7,020	6,080	5,513	130	131,820	114,160	103,531	305	725,595	628,384	569,881
32	7,987	6,917	6,273	135	142,155	123,110	111,648	310	749,580	649,156	588,719
34	9,017	7,809	7,082	140	152,880	132,398	120,072	315	773,955	670,265	607,863
36	10,109	8,754	7,939	145	163,995	142,024	128,801	320	798,720	691,712	627,313
38	11,263	9,754	8,846	150	175,500	151,988	137,837	325	823,875	713,497	647,070
40	12,480	10,808	9,802	155	187,395	162,289	147,180	330	849,420	735,620	667,133
42	13,759	11,916	10,806	160	199,680	172,928	156,828	335	875,355	758,080	687,502
44	15,101	13,078	11,860	165	212,355	183,905	166,783	340	901,680	780,878	708,178
46	16,505	14,294	12,953	170	225,420	195,220	177,044	345	928,395	804,014	729,160
48	17,971	15,564	14,115	175	238,875	206,872	187,612	350	955,500	827,488	750,448

Die angegebenen Dicken des Quadrat- und Sechskanteisens entsprechen dem Durchmesser des *eingeschriebenen* Kreises.

Das Gewicht von Sechskanteisen beträgt das  $2,5981 : \pi = 0,827$ fache (oder annähernd das  $\frac{5}{6}$ fache) des Gewichtes von Rundeisen, welches den Durchmesser des *umgeschriebenen* Kreises des Sechskanteisens hat.

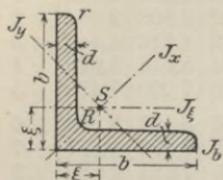
Für *Flusseisen* (spez. Gew. = 7,85) sind die Gewichtsangaben der vorstehenden Tafel noch mit 1,0064 zu multiplizieren.





**Deutsche Normalprofile für Walzeisen.**

Bemerkung. Die Gewichte  $g$  in kg/m gelten für *Schweißseisen* (spez. Gew. = 7,8); für *Flusseisen* (spez. Gew. = 7,85) sind die Gewichte  $g$  noch mit 1,0064 zu multiplizieren.

**1. Gleichschenkelige Winkeleisen.**


Normallängen = 4–8 m.

Größte Längen = 12–16 m.

Abrundungshalbmesser der inneren Winkelecke

$$R = \frac{1}{2} (d_{\min} + d_{\max}).$$

Abrundungshalbmesser der Schenkelenden  $r = \frac{1}{2} R$  (auf halbe mm abgerundet).

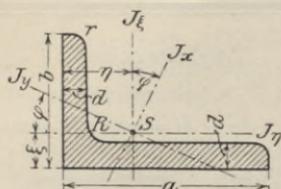
Schwerpunktstand  $\xi \sim \frac{1}{4} b + 0,36 d$ .

Vorprofile mit gleicher Schenkelbreite und 1 mm größerer Schenkelstärke werden gewalzt.

Profil-Nummer	Breite $b$ mm	Stärke $d$ mm	Quer- schnitt $F$ qcm	Ge- wicht $g$ kg/m	Schwer- punkt- abstand $\xi$ mm	Trägheitsmoment			
						$J_b$	$J_{\xi}$	$J_x = \max$	$J_y = \min$
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>
1 <sup>1/2</sup>	15	3	0,82	0,64	4,8	0,33	0,15	0,24	0,06
		4	1,05	0,82	5,1	0,46	0,18	0,29	0,08
2	20	3	1,12	0,87	6,0	0,78	0,38	0,62	0,15
		4	1,45	1,13	6,4	1,07	0,48	0,77	0,19
2 <sup>1/2</sup>	25	3	1,42	1,11	7,3	1,53	0,79	1,27	0,31
		4	1,85	1,44	7,6	2,08	1,00	1,61	0,40
3	30	4	2,27	1,77	8,9	3,50	1,80	2,85	0,76
		6	3,27	2,55	9,6	5,50	2,48	3,91	1,06
3 <sup>1/2</sup>	35	4	2,67	2,08	10,0	5,60	2,96	4,68	1,24
		6	3,87	3,02	10,8	8,60	4,13	6,50	1,77
4	40	4	3,08	2,40	11,2	8,30	4,47	7,09	1,86
		6	4,48	3,49	12,0	12,8	6,35	9,98	2,67
		8	5,80	4,52	12,8	17,4	7,90	12,4	3,38
4 <sup>1/2</sup>	45	5	4,30	3,36	12,8	14,9	7,85	12,4	3,25
		7	5,86	4,57	13,6	21,2	10,4	16,4	4,39
		9	7,34	5,73	14,4	27,8	12,6	19,8	5,40
5	50	5	4,80	3,75	14,0	20,4	11,0	17,4	4,59
		7	6,56	5,12	14,9	29,0	14,5	23,1	6,02
		9	8,24	6,43	15,6	38,0	17,9	28,1	7,67
5 <sup>1/2</sup>	55	6	6,31	4,92	15,6	32,8	17,3	27,4	7,24
		8	8,23	6,42	16,4	44,2	22,1	34,8	9,35
		10	10,07	7,85	17,2	56,0	26,3	41,4	11,27
6	60	6	6,91	5,39	16,9	42,5	22,7	36,1	9,43
		8	9,03	7,04	17,7	57,5	29,2	46,1	12,10
		10	11,07	8,63	18,5	72,8	34,8	55,1	14,60

Profil-No.	Breite $b$ mm	Stärke $d$ mm	Quer- schnitt $F$ qcm	Ge- wicht $g$ kg/m	Schwer- punkt- abstand $\xi$ mm	Trägheitsmoment				
						$J_b$	$J_\xi$	$J_x = \max$	$J_y = \min$	
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	
6 <sup>1/2</sup>	65	{	7	8,7	6,8	18,5	63	33,4	53,0	13,8
			9	11,0	8,6	19,3	82	41,3	65,4	17,2
			11	13,2	10,3	20,0	101	48,7	76,8	20,7
7	70	{	7	9,4	7,3	19,7	79	42,3	67,1	17,6
			9	11,9	9,3	20,5	102	52,5	83,1	22,0
			11	14,3	11,1	21,3	126	62,0	97,6	26,0
7 <sup>1/2</sup>	75	{	8	11,5	8,9	21,3	111	59,0	93,3	24,4
			10	14,1	11,0	22,1	140	71,0	113	29,8
			12	16,7	13,0	22,9	170	82,5	130	34,7
8	80	{	8	12,3	9,6	22,6	135	72,0	115	29,6
			10	15,1	11,8	23,4	170	87,5	139	35,9
			12	17,9	13,9	24,1	206	102	161	43,0
9	90	{	9	15,5	12,1	25,4	216	116	184	47,8
			11	18,7	14,6	26,2	266	138	218	57,1
			13	21,8	17,0	27,0	317	158	250	65,9
10	100	{	10	19,2	14,9	28,2	329	177	280	73,3
			12	22,7	17,7	29,0	398	207	328	86,2
			14	26,2	20,4	29,8	468	235	372	98,3
11	110	{	10	21,2	16,5	30,7	438	239	379	98,6
			12	25,1	19,6	31,5	529	280	444	116
			14	29,0	22,6	32,1	621	319	505	133
12	120	{	11	25,4	19,8	33,6	626	340	541	140
			13	29,7	23,2	34,4	745	393	625	162
			15	33,9	26,5	35,1	864	445	705	186
13	130	{	12	30,0	23,4	36,4	869	472	750	194
			14	34,7	27,0	37,2	1020	540	857	223
			16	39,3	30,6	38,0	1171	604	959	251
14	140	{	13	35,0	27,3	39,2	1175	638	1014	262
			15	40,0	31,2	40,0	1363	723	1148	298
			17	45,0	35,1	40,8	1554	805	1276	334
15	150	{	14	40,3	31,4	42,0	1559	845	1343	347
			16	45,7	35,7	43,0	1790	949	1507	391
			18	51,0	39,9	44,0	2023	1052	1665	438
16	160	{	15	46,1	35,9	45,0	2027	1099	1745	453
			17	51,8	40,4	46,0	2308	1225	1945	506
			19	57,5	44,9	47,0	2590	1348	2137	558

2. Ungleichschenkelige Winkeleisen.



Normallängen = 4—8 m.

Größte Längen = 12—16 m.

Abrundungshalbmesser der inneren Winkelecke

$$R = \frac{1}{2} (d_{\min} + d_{\max}).$$

Abrundungshalbmesser der Schenkelenden  $r = \frac{1}{2} R$  (auf halbe mm abgerundet).

Vorprofile mit gleichen Schenkelbreiten und 1 mm größerer Schenkelstärke werden gewalzt.

$i$  (in mm) ist der lichte Abstand zweier ungleichschenkeligen  $\angle$ , wobei die beiden Haupt-Trägheitsmomente gleich groß (also gleich  $2J_{\xi}$ ) sind.

Profil- No.	Abmessungen in mm			Quer- schnitt $F$ qcm	Ge- wicht $g$ kg/m	Abstand des Schwer- punktes $\xi$   $\eta$ mm		$\text{tg } \varphi$	Trägheitsmoment				Ab- stand $i$ mm
	$b$	$a$	$d$			$J_{\xi}$	$J_{\eta}$		$J_x = \max$	$J_y = \min$			
Schenkelverhältnis $b : a = 1 : 1\frac{1}{2}$ .													
2/3	20	30	3	1,42	1,11	4,9	9,9	0,4216	1,25	0,45	1,42	0,28	5,2
			4	1,85	1,44	5,4	10,3	0,4214	1,60	0,55	1,82	0,33	4,3
3/4 $\frac{1}{2}$	30	45	4	2,87	2,24	7,4	14,8	0,4334	5,77	2,05	6,63	1,19	8,0
			5	3,53	2,75	7,8	15,2	0,4288	6,99	2,46	8,01	1,44	7,1
4/6	40	60	5	4,79	3,74	9,7	19,5	0,4319	17,3	6,20	19,8	3,66	11,0
			7	6,55	5,11	10,5	20,4	0,4275	22,8	8,10	26,3	4,63	9,0
5/7 $\frac{1}{2}$	50	75	7	8,33	6,50	12,4	24,7	0,4304	46,3	16,4	53,1	9,58	13,1
			9	10,5	8,20	13,2	25,6	0,4272	57,2	20,1	65,4	11,9	11,2
6 $\frac{1}{2}$ /10	65	100	9	14,2	11,0	15,9	33,1	0,4101	140	46,6	160	26,8	19,5
			11	17,1	13,3	16,7	34,0	0,4074	167	55,3	189	32,9	17,7
8/12	80	120	10	19,1	14,9	19,5	39,2	0,4348	276	97,9	317	56,8	22,1
			12	22,7	17,7	20,2	40,0	0,4304	323	115	370	67,5	20,1
10/15	100	150	12	28,7	22,4	24,2	48,9	0,4361	649	232	747	134	27,8
			14	33,2	25,9	25,0	49,7	0,4339	744	263	854	153	26,1
Schenkelverhältnis $b : a = 1 : 2$ .													
2/4	20	40	3	1,72	1,34	4,4	14,3	0,2575	2,81	0,46	2,96	0,31	14,6
			4	2,25	1,76	4,8	14,7	0,2528	3,58	0,60	3,78	0,40	13,4
3/6	30	60	5	4,29	3,35	6,8	21,5	0,2544	15,6	2,61	16,5	1,71	21,2
			7	5,85	4,56	7,6	22,4	0,2479	20,6	3,42	21,8	2,28	19,1
4/8	40	80	6	6,89	5,37	8,8	28,5	0,2568	44,9	7,66	47,6	4,99	28,9
			8	9,01	7,03	9,6	29,4	0,2518	57,5	9,70	60,8	6,41	26,9
5/10	50	100	8	11,5	8,93	11,2	35,9	0,2565	116	19,6	123	12,8	35,5
			10	14,1	11,0	12,0	36,7	0,2658	141	23,5	150	14,6	33,7
6 $\frac{1}{2}$ /13	65	130	10	18,6	14,5	14,5	46,5	0,2569	320	54,4	339	35,4	46,6
			12	22,1	17,2	15,3	47,5	0,2549	374	62,8	395	41,3	44,4
8/16	80	160	12	27,5	21,5	17,7	57,2	0,2586	719	122	762	79,4	57,8
			14	31,8	24,8	18,5	58,1	0,2679	822	139	875	86,0	55,7
10/20	100	200	14	40,3	31,4	21,8	71,2	0,2608	1654	282	1754	182	73,1
			16	45,7	35,6	22,6	72,0	0,2586	1863	315	1973	205	71,2

3. I-Eisen.

(Doppel-T-Eisen oder I-Eisen.)

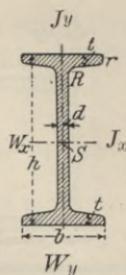
Normallängen = 4–10 m. Größte Längen = 14–18 m.

Neigung der inneren Flanschflächen = 14% (rund 1:7).

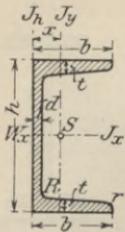
Abrundungshalbmesser zwischen Steg und Flansch  $R = d$ .

Abrundungshalbmesser der inneren Flanschkannten  $r = 0,6 d$ .

Die Flanschstärke  $t$  liegt im Abstände  $\frac{1}{4} b$  beiderseits der Profilmittle, und zwar ist  $t \sim 1,5 d$ .



Profil-No.	Höhe	Breite	Steg- stärke	Flansch- stärke	Quer- schnitt	Gewicht	Trägheits- moment		Wider- stands- moment	
	$h$ mm	$b$ mm	$d$ mm	$t$ mm	$F$ qcm	$g$ kg/m	$J_y$ cm <sup>4</sup>	$J_x$ cm <sup>4</sup>	$W_y$ cm <sup>3</sup>	$W_x$ cm <sup>3</sup>
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,9	6,3	77,7	2,99	19,4
9	90	46	4,2	6,3	8,99	7,0	8,8	117	3,81	25,9
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,3	12,2	170	4,86	34,1
11	110	54	4,8	7,2	12,3	9,6	16,2	238	5,99	43,3
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,1	21,4	327	7,38	54,5
13	130	62	5,4	8,1	16,1	12,6	27,4	435	8,85	67,0
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,2	35,2	572	10,7	81,7
15	150	70	6,0	9,0	20,4	15,9	43,7	734	12,5	97,9
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,8	54,5	933	14,7	117
17	170	78	6,6	9,9	25,2	19,7	66,5	1 165	17,1	137
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,7	81,3	1 444	19,8	161
19	190	86	7,2	10,8	30,5	23,8	97,2	1 759	22,6	185
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,1	117	2 139	25,9	214
21	210	94	7,8	11,7	36,3	28,3	137	2 558	29,3	244
22	220	98	8,1	12,2	39,5	30,8	163	3 055	33,3	278
23	230	102	8,4	12,6	42,6	33,3	188	3 605	36,9	314
24	240	106	8,7	13,1	46,1	35,9	220	4 239	41,6	353
25	250	110	9,0	13,6	49,7	38,7	255	4 954	46,4	396
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,6	287	5 735	50,6	441
27	270	116	9,7	14,7	57,1	44,5	325	6 623	56,0	491
28	280	119	10,1	15,2	61,0	47,6	363	7 575	60,8	541
29	290	122	10,4	15,7	64,8	50,6	403	8 619	66,1	594
30	300	125	10,8	16,2	69,0	53,8	449	9 785	71,9	652
32	320	131	11,5	17,3	77,7	60,6	554	12 493	84,6	781
34	340	137	12,2	18,3	86,7	67,6	672	15 670	98,1	922
36	360	143	13,0	19,5	97,0	75,7	817	19 576	114	1088
38	380	149	13,7	20,5	107	83,4	972	23 978	131	1262
40	400	155	14,4	21,6	118	91,8	1160	29 173	150	1459
42 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	425	163	15,3	23,0	132	103	1433	36 956	176	1739
45	450	170	16,2	24,3	147	115	1722	45 888	203	2040
47 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	475	178	17,1	25,6	163	127	2084	56 410	234	2375
50	500	185	18,0	27,0	179	140	2470	68 736	267	2750
55	550	200	19,0	30,0	212	166	3486	99 054	349	3602
60	600	215	21,6	32,4	254	198	4668	138 957	434	4632



4.  $\square$ -Eisen.

(E- oder U-Eisen.)

Normallängen = 4–8 m. Größte Längen = 12–16 m.

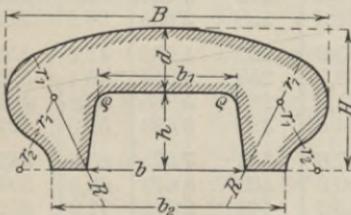
Neigung der inneren Flanschlflächen = 8 ‰ (1 : 12,5).

Abrundungshalbmesser  $R = t$  und  $r = \frac{1}{2}t$  (auf halbe mm abgerundet). Die Flanschstärke  $t$  liegt in der Mitte der Flanschbreite  $b$ .

$i$  (in mm) ist der lichte Abstand zweier  $\square$ , wobei die beiden Haupt-Trägheitsmomente gleich groß (also gleich  $2J_x$ ) sind.

Neue  $\square$ -Eisen.

Profil-No.	Höhe		Stegstärke	Flanschstärke	Querschnitt	Gewicht	Abstand d. Schwerpunktes	Trägheitsmoment			Abstand	Widerstandsmoment
	$h$	$b$						$J_h$	$J_y$	$J_x$		
	mm	mm	mm	mm	qcm	kg/m	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	mm	cm <sup>3</sup>
3	30	33	5	7	5,44	4,24	13,1	14,7	5,33	6,39	—	4,3
4	40	35	5	7	6,21	4,85	13,3	17,7	6,68	14,1	—	7,1
5	50	38	5	7	7,12	5,55	13,7	22,5	9,12	26,4	3,8	10,6
6 <sup>1/2</sup>	65	42	5,5	7,5	9,03	7,05	14,2	32,3	14,1	57,5	15,4	17,7
8	80	45	6	8	11,0	8,60	14,5	43,2	19,4	106	27,1	26,5
10	100	50	6	8,5	13,5	10,5	15,5	61,7	29,3	206	41,4	41,1
12	120	55	7	9	17,0	13,3	16,0	86,7	43,2	364	54,9	60,7
14	140	60	7	10	20,4	15,9	17,5	125	62,7	605	68,1	86,4
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,7	18,4	166	85,3	925	81,5	116
18	180	70	8	11	28,0	21,8	19,2	217	114	1354	94,7	150
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,1	20,1	278	148	1911	108	191
22	220	80	9	12,5	37,4	29,2	21,4	368	197	2690	120	245
24	240	85	9,5	13	42,3	33,0	22,3	458	248	3598	133	300
26	260	90	10	14	48,3	37,7	23,6	586	317	4823	146	371
28	280	95	10	15	53,3	41,6	25,3	740	399	6276	159	450
30	300	100	10	16	58,8	45,8	27,0	924	495	8026	172	535



5. Handleisten-Eisen.

(Handläufer-Eisen.)

Normallängen = 4–8 m.

Größte Längen = 12–16 m.

Obere Abrundung mit dem Halbmesser  $R = B$ .

Profil-No.	Abmessungen in mm										Querschn. $F$ qcm	Gewicht $g$ kg/m	
	$B$	$H$	$b$	$h$	$R$	$d$	$r_1$	$r_2$	$\rho$	$b_1$			$b_2$
4	40	18	20	10	40	8	6	4	2	18	30	4,20	3,28
6	60	27	30	15	60	12	9	6	3	27	45	9,46	7,38
8	80	36	40	20	80	16	12	8	4	36	60	16,8	13,1
10	100	45	50	25	100	20	15	10	5	45	75	26,3	20,5
12	120	54	60	30	120	24	18	12	6	54	90	37,8	29,5

6. T-Eisen.

Normallängen = 4–8 m.

Größte Längen = 12–16 m.

Abrundungshalbmesser in den Winkelecken

$$R = d.$$

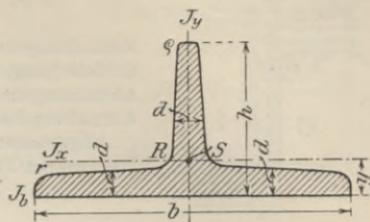
Abrundungshalbmesser am Fulse  $r = \frac{1}{2}d$ .

Abrundungshalbmesser am Stege,  $\rho = \frac{1}{4}d$ , jedoch  $r$  und  $\rho$  auf halbe mm abgerundet.

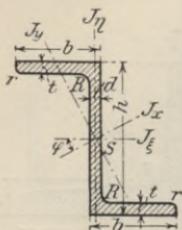
Neigungen bei breitfüßigen T-Eisen: Steg je 4°; Fuls je 2°.

Neigungen bei hochstegigen T-Eisen: Steg und Fuls je 2°.

Die Stärken  $d$  sind in den Abständen  $\frac{1}{2}h$  bzw.  $\frac{1}{4}b$  von aussen gemessen.



Profil- No.	Breite $b$	Höhe $h$	Stärke $d$	Quer- schnitt $F$	Ge- wicht $g$	Abstand des Schwer- punktes $y$	Trägheitsmoment		
							$J_b$	$J_x$	$J_y$
	mm	mm	mm	qcm	kg/m	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>
Breitfüßige T-Eisen. $h : b = 1 : 2$ .									
6/3	60	30	5,5	4,64	3,62	6,7	4,69	2,58	8,62
7/3½	70	35	6	5,94	4,63	7,7	8,00	4,49	15,1
8/4	80	40	7	7,91	6,17	8,8	13,9	7,81	28,5
9/4½	90	45	8	10,2	7,93	10,0	22,9	12,7	46,1
10/5	100	50	8,5	12,0	9,38	10,9	33,0	18,7	67,7
12/6	120	60	10	17,0	13,2	13,0	66,5	38,0	137
14/7	140	70	11,5	22,8	17,8	15,1	121	68,9	258
16/8	160	80	13	29,5	23,0	17,2	204	117	422
18/9	180	90	14,5	37,0	28,8	19,3	323	185	670
20/10	200	100	16	45,4	35,4	21,4	486	277	1000
Hochstegige T-Eisen. $h : b = 1 : 1$ .									
2/2	20	20	3	1,12	0,87	5,8	0,76	0,38	0,20
2½/2½	25	25	3,5	1,64	1,28	7,3	1,74	0,87	0,43
3/3	30	30	4	2,26	1,76	8,5	3,35	1,72	0,87
3½/3½	35	35	4,5	2,97	2,32	9,9	6,01	3,10	1,57
4/4	40	40	5	3,77	2,94	11,2	10,0	5,28	2,58
4½/4½	45	45	5,5	4,67	3,64	12,6	15,5	8,13	4,01
5/5	50	50	6	5,66	4,42	13,9	23,0	12,1	6,06
6/6	60	60	7	7,94	6,19	16,6	45,7	23,8	12,2
7/7	70	70	8	10,6	8,27	19,4	84,4	44,5	22,1
8/8	80	80	9	13,6	10,6	22,2	141	73,7	37,0
9/9	90	90	10	17,1	13,3	24,8	224	119	58,5
10/10	100	100	11	20,9	16,3	27,4	336	179	88,3
12/12	120	120	13	29,6	23,1	32,8	684	366	178
14/14	140	140	15	39,9	31,1	38,0	1236	660	330



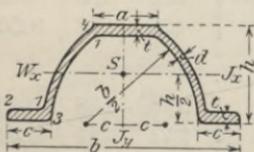
7. Z-Eisen.

Normallängen = 4–8 m.  
 Größte Längen = 12–16 m.  
 Abrundungshalbmesser am Stege  $R = t$ .  
 Abrundungshalbmesser an den Flanschen  $r = \frac{1}{2}t$  (auf halbe mm abgerundet).  
 Die inneren Flanschflächen sind den äußeren parallel.

Profil-No.	Höhe <i>h</i>	Breite <i>b</i>	Steg- stärke <i>d</i>	Flansch- stärke <i>t</i>	Quer- schnitt <i>F</i>	Gewicht <i>g</i>	tg φ	Trägheitsmoment			
								$J_{\xi}$	$J_{\eta}$	$J_x = \max$	$J_y = \min$
	mm	mm	mm	mm	qcm	kg/m		cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>
3	30	38	4	4,5	4,32	3,37	1,655	5,94	13,7	18,1	1,54
4	40	40	4,5	5	5,43	4,23	1,181	13,4	17,6	28,0	3,05
5	50	43	5	5,5	6,77	5,28	0,939	25,7	24,4	44,9	5,23
6	60	45	5	6	7,91	6,17	0,779	44,0	30,8	67,2	7,60
8	80	50	6	7	11,1	8,67	0,588	108	48,7	142	14,7
10	100	55	6,5	8	14,5	11,3	0,492	220	74,5	270	24,6
12	120	60	7	9	18,2	14,2	0,433	400	108	470	37,7
14	140	65	8	10	22,9	17,9	0,385	671	154	768	56,4
16	160	70	8,5	11	27,5	21,5	0,357	1055	209	1184	79,5
18	180	75	9,5	12	33,3	26,0	0,329	1594	275	1759	110
20	200	80	10	13	38,7	30,2	0,313	2289	367	2509	147

8. Belag-Eisen.

(Zores-Eisen.)



Normallängen = 4–8 m.  
 Größte Längen = 12–16 m.  
 Der Schwerpunkt *S* liegt auf halber Höhe.  
 Abrundungen bei 1 mit Halbmesser = *t*.  
 Abrundungen bei 2 mit Halbmesser = *d*.  
 Abrundungen bei 3 mit Halbmesser =  $d - 0,5$  mm.  
 Abrundungen bei 4 mit Halbmesser =  $0,6d + 1,3$  mm.

Profil-No.	Höhe <i>h</i>	Breite:			Steg- stärke <i>d</i>	Fuß- und Kopf- stärke <i>t</i>	Quer- schnitt <i>F</i>	Gewicht <i>g</i>	Trägheits- moment		Wider- stands- moment $W_x$
		obere <i>a</i>	untere <i>b</i>	am Fulse <i>c</i>					$J_y$	$J_x$	
	mm	mm	mm	mm	mm	qcm	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	
5	50	33	120	21	3	5	6,71	5,24	86,4	23,2	9,27
6	60	38	140	24	3,5	6	9,34	7,28	164	47,2	15,8
7 <sup>1/2</sup>	75	45,5	170	28,5	4	7	13,2	10,3	347	105	27,9
9	90	53	200	33	4,5	8	17,9	14,0	651	206	45,8
11	110	63	240	39	5	9	24,1	18,8	1272	421	76,5

9. Breitflanschige Differdinger I-Grey-Profile

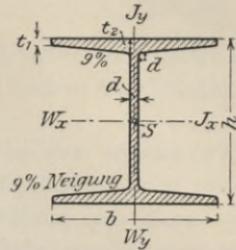
der Deutsch-Luxemburgischen

Bergwerks- und Hütten-Aktiengesellschaft.

Die angegebenen Gewichte  $g$  gelten für Flußseisen (spez. Gew. = 7,85).

Neigung der inneren Flanschflächen = 9% = rund 1 : 11.

Die Flanschstärke  $t_1$  ist in der Verlängerung der Stegkante gemessen, und zwar von außen bis zur Verlängerung der schrägen Flanschseite.



Profil-No.	Höhe	Breite	Steg- stärke	Flansch- stärke		Quer- schnitt	Ge- wicht	Trägheits- moment		Wider- stands- moment	
	$h$	$b$		$t_1$	$t_2$			$J_y$	$J_x$	$W_y$	$W_x$
	mm	mm	mm	mm	mm	qcm	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
24	240	240	10	10,5	20,85	96,8	76	3043	10260	254	855
25	250	250	10,5	10,9	21,7	105,1	82,5	3575	12066	286	965
26	260	260	11	11,7	22,9	115,6	90,7	4261	14352	328	1104
27	270	270	11,25	11,95	23,6	123,2	96,7	4920	16529	365	1224
28	280	280	11,5	12,35	24,4	131,8	103,4	5671	19052	405	1361
29	290	290	12	12,7	25,2	141,1	110,8	6417	21866	443	1508
30	300	300	12,5	13,25	26,25	152,1	119,4	7494	25201	500	1680
32	320	300	13	14,1	27	160,7	126,2	7867	30119	524	1882
34	340	300	13,4	14,6	27,5	167,4	131,4	8097	35241	540	2073
36	360	300	14,2	16,15	29	181,5	142,5	8793	42479	586	2360
38	380	300	14,8	17	29,8	191,2	150,1	9175	49496	612	2605
40	400	300	15,5	18,2	31	203,6	159,8	9721	57834	648	2892
42 <sup>1/2</sup>	425	300	16	19	31,75	213,9	167,9	10078	68249	672	3212
45	450	300	17	20,3	33	229,3	180	10668	80887	711	3595
47 <sup>1/2</sup>	475	300	17,6	21,35	34	242	190	11142	94811	743	3992
50	500	300	19,4	22,6	35,2	261,7	205,5	11718	111283	781	4451
55	550	300	20,6	24,5	37	288	226,1	12582	145957	839	5308
65	650	300	21,1	25	37,5	314,5	246,9	12814	217402	854	6690
75	750	300	21,1	25	37,5	335,7	263,5	12823	302560	855	8068

## Kapitel VI.

### Brückenbau-Vorarbeiten.

#### § 39.

**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-, Flufs-, 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 behandelt werden, als es dem Zwecke dieses Werkes entspricht, kommen vielfach in Verbindung miteinander zur Anwendung.

### § 40.

**Wahl der Übergangsstelle.** Die Übergangsstelle ist naturge mäfs 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 zweckmäfsig sein. Namentlich wird man in Rücksicht auf Kostenersparnis und leichtere Herstellung sich hierzu gern entschliessen, um eine *rechtwinkelige* Lage der Brückenachse zum überbrückten Zuge zu erhalten.

Ist der zu überbrückende Zug ein Wasserlauf, so ist zu beachten, dafs die Richtung des Hochwasserstromes oft von der Richtung des eigentlichen Wasserlaufes, des Flufsschlauches abweicht. Die Anlage von Zwischenpfeilern verlangt alsdann eine Verlegung des Flufsschlauches oder eine Regulierung des Hochwasserstromes, um die Stromrichtung tunlichst für alle Wasserstände in 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 es überbrückten Zuges

für steinerne (gewölbte) Brücken	30°,
„ hölzerne Brücken	25°,
„ eiserne Brücken	20°

zu wählen.

*Knickpunkte* und *Kurven* des überzuleitenden Zuges sind auf der Brücke zweckmäfsig 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 regelmäfsig 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 regelmäfsige Stellen des Wasserlaufes überhaupt nicht vorhanden, so wird es sich manchmal nicht vermeiden lassen, solche herzustellen.

Die Beschaffenheit des *Baugrundes* (vergl. Grundbau, § 58) 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.

### § 41.

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

Lichte Weite und Höhe einer Brücke werden sowohl durch den überzuleitenden, 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	Lichte Höhe
	m	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 *Wassrläufe* wird das *Durchflusprofil* durch die größte Menge des durchfließenden Wassers bestimmt.

Bei kleinen Wassrläufen, namentlich bei künstlich hergestellten oder regulierten Grabenzügen (Bewässerungsgräben, Entwässerungsgräben), deren größte Wassermenge in einem geschlossenen Profil zur Abführung gelangt, ist die Durchführung des uneingeschränkten Profiles 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. 67), oder, wenn der Kostenersparnis wegen die Brückenlänge verkürzt werden soll, unter der Brücke den Flusquerschnitt

in ein flächengleiches Rechteck (Fig. 68) verwandeln, dessen Lichtweite  $l'$  mit Rücksicht auf die mit der Umgestaltung des wasserführenden Querschnittes verbundene Kontraktion sich aus der Gleichung bestimmt:

$$l' = \frac{F}{\varphi h},$$

worin  $\varphi = 0,90$  bis  $0,95$  zu setzen ist, je nach der Flügelgestaltung (Schräg- oder Parallelfügel) und dem Verhältnis zwischen der vom Wasser getroffenen Fläche des Widerlagers zu dem Inhalt des gesamten wasserführenden Querschnittes.

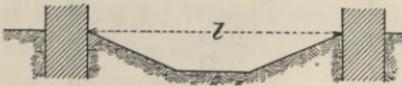


Fig. 67.

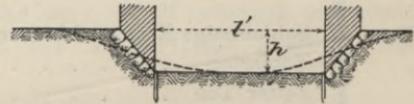


Fig. 68.

Die Profilgestaltung nach Fig. 68 bedingt oberhalb und unterhalb der Brücke eine steilere Böschungsanlage und deren Befestigung durch Pflaster usw.

Schließt die Breite des Wasserzuges dessen Überspannung in einer Öffnung aus, wenn also die Herstellung von Zwischenstützen (massive Pfeiler, hölzerne Joche usw.) erforderlich wird, so ist der Kontraktionskoeffizient  $\varphi$  von der Gestaltung der Pfeilerköpfe abhängig:

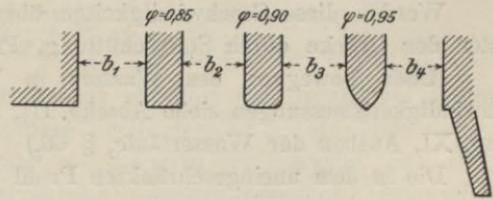


Fig. 69.

- Für rechteckige . . . . . Form der Pfeilerköpfe ist  $\varphi = 0,85$ ;
- „ stumpfgestaltete . . . . . „ „ „ „ „  $\varphi = 0,90$ ;
- „ abgerundete oder spitze „ „ „ „ „  $\varphi = 0,95$ .

Besitzt die Brücke mehrere Öffnungen mit verschieden gestalteten Pfeilerköpfen, so ist:

$$\frac{F}{h} = b_1 \left( \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2} \right) + b_2 \left( \frac{\varphi_2 + \varphi_3}{2} \right) + b_3 \left( \frac{\varphi_3 + \varphi_4}{2} \right) \text{ usw.}$$

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.

Die zulässige Höhe des *Aufstaues* richtet sich nach den örtlichen Verhältnissen und die zulässige Geschwindigkeit nach dem Material der Flufssohle.

Die Geschwindigkeiten an der Flufssohle, 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
Töpferton . . . . .	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 usw. befestigt werden.

(Über Bewegung des Wassers in Wasserläufen und über Geschwindigkeitsmessungen siehe Abschn. III, Kap. V, D, sowie Abschn. IV, Kap. XI, Ausbau der Wasserläufe, § 66.)

Die in dem uneingeschränkten Profil des Wasserlaufes

$$F = B t \quad (B = \text{mittlere Breite, } t = \text{Tiefe})$$

mit einer mittleren Geschwindigkeit  $v$  sekundlich abfließende Wassermenge

$$Q = B t v$$

kann in dem eingeschränkten Brückenprofil

$$F_1 = b t$$

nur zum Abfluß gelangen, wenn unter der Brücke eine größere, mittlere Geschwindigkeit  $v_1$  entsteht, denn da  $b < B$ , so kann

$$Q = v B t = v_1 b t \varphi$$

( $\varphi$  ist der bereits erwähnte Kontraktionskoeffizient) sein, wenn  $v_1 > v$ .

Vor der Brücke muß also ein Aufstau  $t_1$  erzeugt werden, der der Geschwindigkeitsvermehrung von  $v$  auf  $v_1$  entspricht. Um diesen zu ermitteln, werden für die Geschwindigkeiten die zugehörigen Fallhöhen eingeführt, es ist ganz allgemein:

$$v = \sqrt{2gh} \text{ und } v_1 = \sqrt{2gh_1},$$

mithin

$$h = \frac{v^2}{2g} \text{ und } h_1 = \frac{v_1^2}{2g}$$

und die mit der Geschwindigkeitsvermehrung sich ergebende Differenz der Fallhöhen, d. h. der Aufstau:

$$t_1 = h_1 - h = \frac{v_1^2 - v^2}{2g} \quad (g = \text{Erdbeschleunigung} = 9,81).$$

Dieser Wert  $t_1$  ist insofern noch nicht ganz zutreffend, als durch die Hebung des Wassers vor der Brücke um  $t_1$  die Wassertiefe und somit auch der wasserführende Querschnitt des Wasserlaufes oberhalb der Brücke vergrößert wird:

$$F' = B' (t + t_1).$$

Die mittlere Geschwindigkeit muß mithin auf  $v'$  herabgehen.

Gegebenenfalls ist es daher notwendig, nach der ersten Ermittlung von  $t_1$  die Rechnung zu wiederholen, und zwar unter Zugrundelegung der Gleichungen

$$Q = v' B' (t + t_1) = v_1 b t \varphi$$

und

$$t_1' = \frac{v_1^2 - v'^2}{2g}.$$

Beispiel: Ein Wasserlauf besitzt oberhalb der Brücke bei 2 facher Anlage der Böschungen die mittlere Breite  $B = 12$  m, die Tiefe  $t = 1$  m und die mittlere Geschwindigkeit  $v = 0,8$  m in der Sekunde. Mit Rücksicht auf die für die Wasserführung zweckentsprechend hergestellten Schrägflügel und der mit geringer Größe der vom Wasser getroffenen Fläche des Widerlagers ist  $\varphi = 0,95$  zu setzen.

Unter der Brücke soll der Wasserlauf auf 8,5 m eingeschränkt werden. Wie groß ist dann die mittlere Geschwindigkeit unter der Brücke und der Aufstau vor der Brücke?

$$Q = 12 \cdot 1 \cdot 0,8 = 8,5 \cdot 1 \cdot v_1 \cdot 0,95$$

$$v_1 = 1,19 \text{ m}$$

und

$$t_1 = \frac{1,19^2 - 0,8^2}{19,62} = 0,04 \text{ m.}$$

Die weitere Ermittlung unter Berücksichtigung dieses Aufstaues ergibt

$$Q = 12,08 \cdot 1,04 \cdot v' = 8,5 \cdot 1 \cdot 1,19 \cdot 0,95$$

$$v' = 0,76 \text{ m und } t_1' = \frac{1,19^2 - 0,76^2}{19,62} = 0,043 \text{ m,}$$

also keine wesentliche Verstärkung.

Liegen direkte Messungen der abzuführenden größten Wassermengen nicht vor, und sind diese infolge unregelmäßiger Profilgestaltung auch aus Profilgröße und Gefälle nicht zu ermitteln, so bietet allein die Größe des Niederschlagsgebietes einen Anhalt zur Bestimmung der zum Abfluß kommenden Wassermengen.

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

im Gebirge . . .	1 cbm,
„ Hügelland . . .	0,50 cbm,
„ Flachland . . .	0,20 cbm,
„ Niederungsgebiet	0,03—0,05 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, Abschn. III, § 110); wie denn andererseits bei geringer Ausdehnung des Niederschlagsgebietes vom Quadratkilometer bei wolkenbruchartigem Regen Wassermengen abfließen, welche die angegebenen mittleren Höchstwerte erheblich übertreffen. (Nähere Angaben siehe Kap. XI, Ausbau der Wasserläufe, § 66.)

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.

Sehr zweckmäßig ist es dort, wo die Gefahr vorliegt, daß aussergewöhnliche Fluten die Tragkonstruktionen erreichen oder sogar überfluten können, die Tragbalken der hölzernen Brücken durch Ketten mit den Jochen bezw. Widerlagern zu verbinden.

Bei Brücken innerhalb von Sommerpoldern müssen, wenn die Fahrbahnen nicht über dem höchsten Hochwasserstand liegen, die Bohlen

während der Flutzeit entfernt und die Tragbalken fest mit den Pfeilern oder Jochen verbunden werden.

### § 42.

**Fahrbahnbreiten.** Die Fahrbahnbreite richtet sich lediglich nach dem Bedürfnis des überzuleitenden Zuges. Bei *Wegen* gelten die im § 41 für überbrückte Wege angegebenen Maße. Bei *Eisenbahnbrücken* entscheidet *Spurmaß* und *Normalprofil*, bei *Kanalbrücken* die zulässige *Kanalbreite* und bei *Wasserleitungen* deren *Querschnitt*.



## Kapitel VII.

### Konstruktion der Holzbrücken.

#### § 43.

**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.

#### § 44.

**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

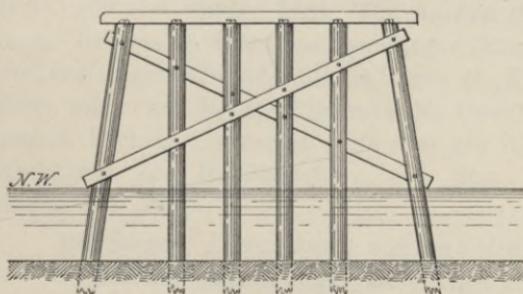


Fig. 70.

Holm, in den sie eingezapft sind, miteinander verbunden werden. Die Anzahl der Pfähle richtet sich nach der Auflast, d. h. nach der aus dem Gewicht des Oberbaues und der Verkehrslast sich ergebenden Höchstbeanspruchung (zulässige Beanspruchung für Eichen-

holz 80 kg, Tannenholz 50 kg und Kiefernholz 60 kg auf das Quadratcentimeter, vergl. Abschn. III, Kap. III, § 52), doch empfiehlt es sich, mindestens ebenso viel Pfähle anzuordnen, wie der Oberbau Tragbalken aufweist, und die Pfahlstärke nicht unter 20 cm zu nehmen.

Rammarbeit und Standsicherheit der Pfähle vergl. Kap. X, § 60.

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. 70) zwei in entgegengesetzter, diagonaler Richtung an die einzelnen Pfähle geschraubte Streben aus Halbholz. Verwendet man außer den Streben noch Zangen (Fig. 71), so wird die Verbindung von Strebe und Zange durch „einfachen Versatz“ hergestellt. Zu den Zangen verwendet man ebenfalls Halbholz.

Ist das Joch dem Eisgang oder auch bei Hochwasser dem Angriff von treibenden Hölzern usw. ausgesetzt, so wird es beiderseitig, in der Höhe zwischen Niedrig- und Hochwasser mit Bohlen

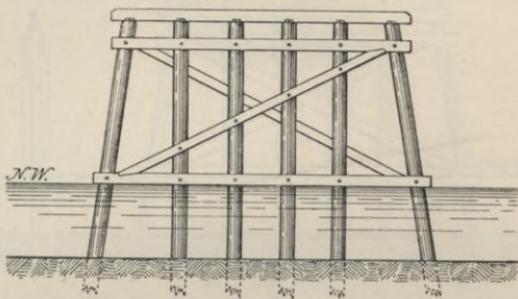


Fig. 71.

bekleidet. Streben und Zangen fallen dann fort. Eine gleiche Sicherheit ist naturgemäß erforderlich, wenn auf dem betreffenden Wasserlauf Holzflößerei getrieben wird. 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.

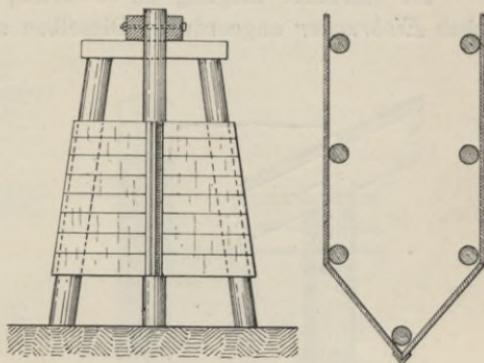


Fig. 72.

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. 72).

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 an-

geordnet, die gegen den Eisgang einen im Grundrifs keilförmigen Abschluss durch Verkleidungsbohlen gestatten.

Bei besonders hohen Jochen, welche aufsergewöhnlich 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. 73. In den Holm des

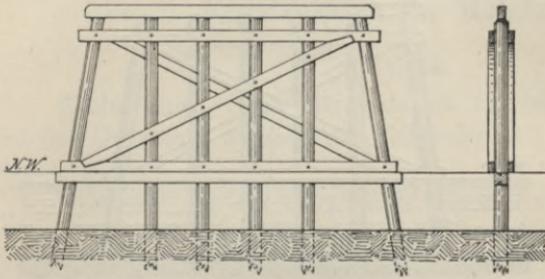


Fig. 73.

*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, jedoch ist diese Konstruktion an Flüssen mit starkem Eisgang nicht unbedenklich, da die Gefahr besteht, daß der ganze obere Teil durch den Druck des Eises abgeschoben wird.

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

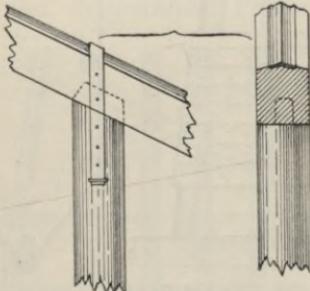


Fig. 74.

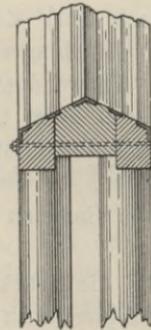


Fig. 75.

zu setzen, damit sie die Erschütterungen und Schwankungen, denen sie beim Eisgange ausgesetzt sind, nicht auf die Brücke übertragen. Zur Herstellung (Fig. 74 und 75) dienen eine oder mehrere Reihen Rammpfähle, auf welchen ein von *Niedrigwasser* bis über *Hochwasser* reichender 30—60° geneigter Holm aufgezapft ist, der auf der oberen Seite dachförmig abgeseigt und durch aufgenagelte Eisen armiert wird. Die Seitenwände der Eisbrecher werden mit einer Bohlenverkleidung versehen.

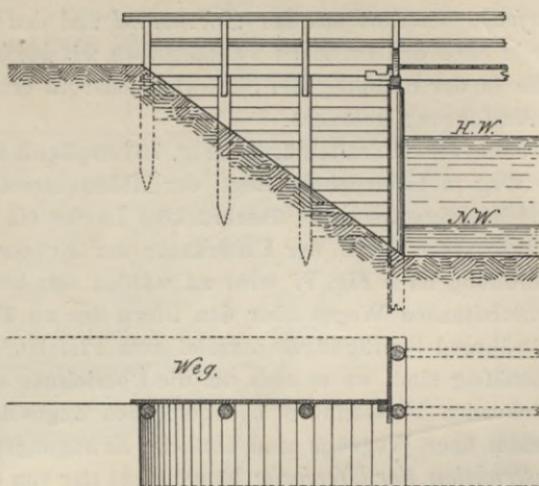


Fig. 76.

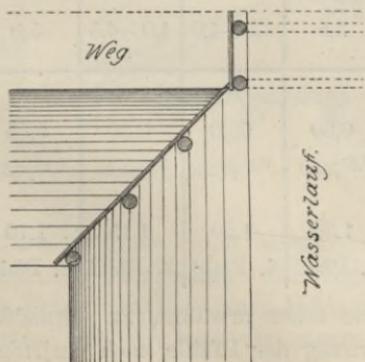
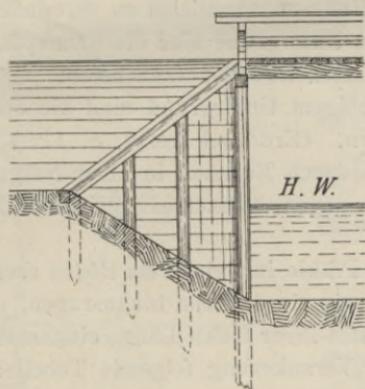


Fig. 77.

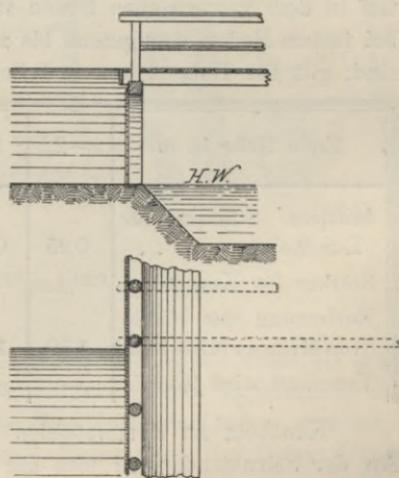


Fig. 78.

Die *Uferjoche* 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.

Die Anordnung von Parallelfügeln (Fig. 76) 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. 77 wird zu wählen sein bei zunehmender Höhe des überzuleitenden Weges über den Ufern des zu überbrückenden Wasserlaufes, während Schrägflügel parallel zum Flußlauf nach Fig. 78 nur dort zweckmäßig sind, wo 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 lotrecht wirkenden 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. (Erddruck vergl. S. 115.)

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

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 der Pfähle von Mitte zu Mitte in m	1,50	1,40	1,30	1,20	1,15	1,10
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. 79) 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 Anker-

stangen gefassten Pfähle auszudehnen. Die Ankerpfähle sollen im gewachsenen Boden stehen und die Ankerriegel unter Niedrigwasser liegen.

An Stelle der aus Holz gefertigten Ankerstangen findet zweckmäßig Rundeisen Verwendung (Fig. 80).

Die Pfähle der Stirnwand sowohl wie der Flügel

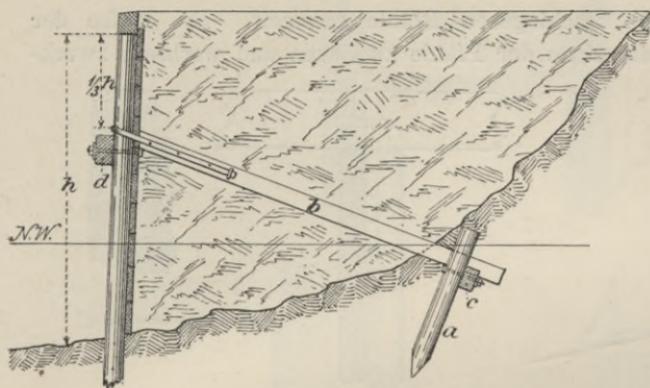


Fig. 79.

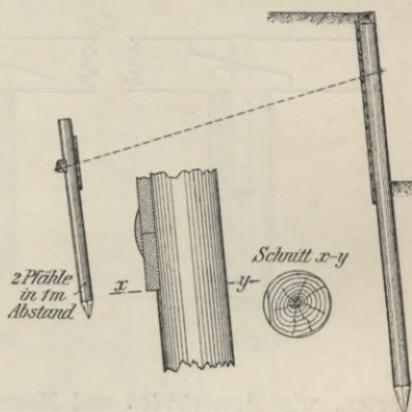


Fig. 80.

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 Stoß im Holm ordnet man stets über einem Pfahl an.

Die Ausführung geschieht mittels stumpfen Stofses und eiserner Längsschiene oder mittels Überblattung und eiserner Bügel (Fig. 81—86).

Die Hinterkleidungsbohlen, welche den Erdkörper des Landjoches abschließen, besitzen eine Stärke von 5—7 cm und werden auf die hintere Fläche der fluchtrecht beschlagenen Pfähle genagelt. Die Stöße der Bohlen kommen auf die Mitte der Pfähle zu liegen und wechseln zweck-

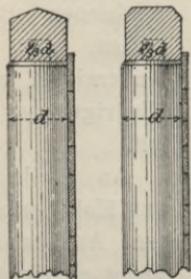


Fig. 81.

Fig. 82.

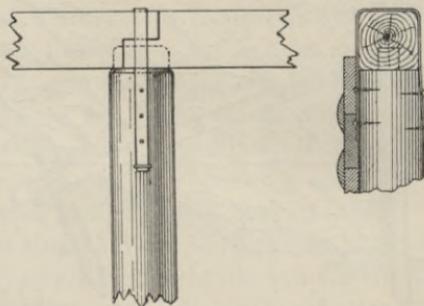


Fig. 83.

mäßig ab. Die Fugen der Bohlen werden nur sauber gestrichen (gehobelt), aber nicht gefalzt oder abgeschrägt. An Stellen, die einem häufigen Wechsel von Wasser und Luft ausgesetzt sind, verwendet man zu den Bohlen Eichenholz. Zur Hinterfüllungserde sind fäulnisbegünstigende Erd-

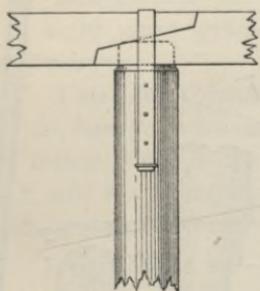


Fig. 84.

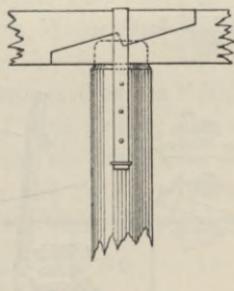


Fig. 85.

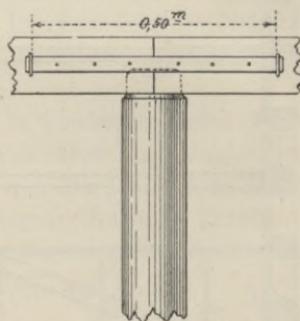


Fig. 86.

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

Bei kleineren Brücken, welche der Überflutung durch Hochwasser ausgesetzt sind, wie dieses in größeren Flusnniederungen bei der Überbrückung von Seitengräben vielfach vorkommt, empfiehlt es sich oft, besonders wenn der Grundwasserstand ein hoher ist, die Landjoches aus *Spundwänden* herzustellen (Fig. 87 und 88). Die Spundbohlen reichen

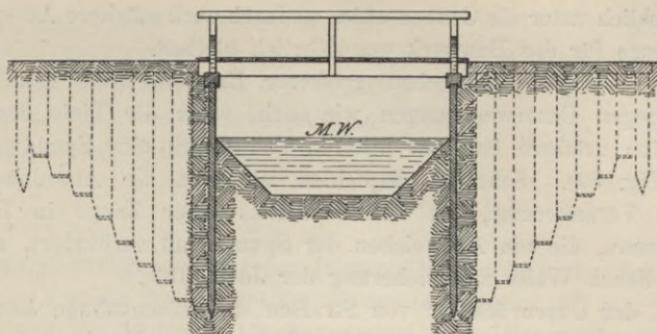


Fig. 87.

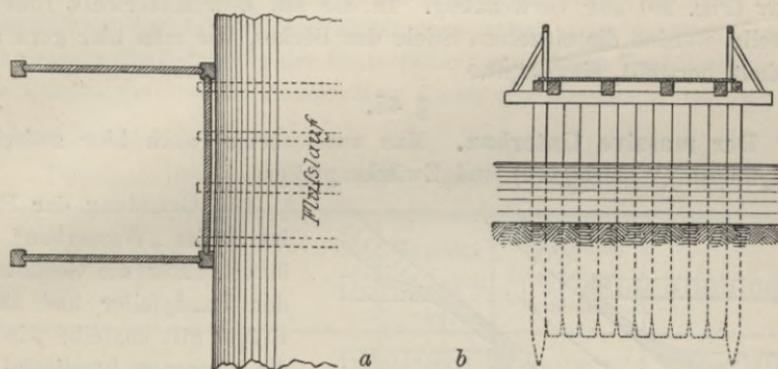


Fig. 88.

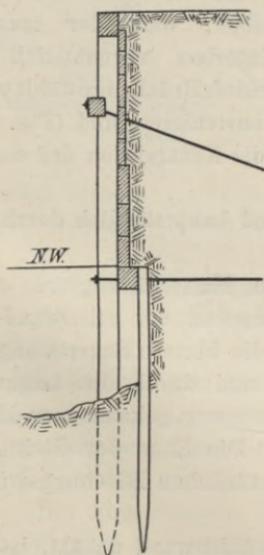


Fig. 89.

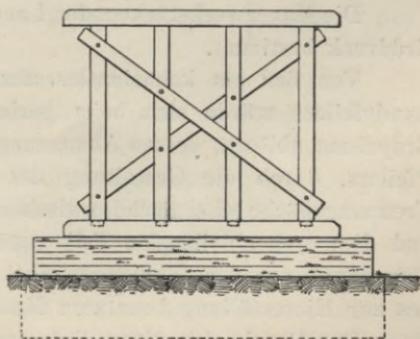


Fig. 90.

dann erheblich unter die Grabensohle, wodurch auch stärkere Ausspülungen der letzteren für das Bauwerk ungefährlich bleiben.

Auch bei den Uferjochen größerer Brücken muß man oft zum Schutze gegen Unterwaschungen wie auch, wenn die Tiefe der Niederwasser eine größere ist, den unteren Teil durch eine Spundwand herstellen (Fig. 89). Sehr zu empfehlen ist dann die Anordnung einer doppelten Verankerung, die untere mittels einer Zange in Höhe des Niederwassers, die ein Ausweichen der Spundwand verhindert, die obere in der üblichen Weise zur Sicherung der Jochpfähle.

Bei der Überbrückung von Straßsen und Eisenbahnen kommen an Stelle der geramnten Joche häufig auf gemauerte Fundamente gestellte *Böcke* (Fig. 90) zur Verwendung. In die auf dem Mauerwerk ruhende Schwelle werden die einzelnen Stiele des Bockes, die man hier gern aus Kantholz herstellt, eingezapft.

### § 45.

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

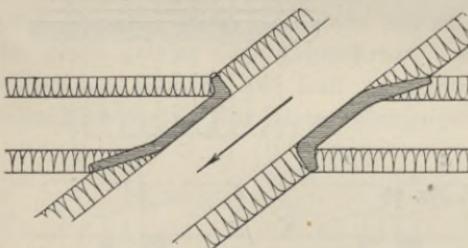


Fig. 91.

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. 91).

Von der Gestaltung der Pfeilerköpfe ist die Kontraktion des durchfließenden Wassers abhängig (§ 41).

Die Mauerwerkstärken der Landpfeiler sind hauptsächlich durch den Erddruck bestimmt.

Von der als kohäsionslos anzunehmenden Hinterfüllungserde eines Landpfeilers würde sich beim geringsten Nachgeben der Stirnwand ein Erdprisma ablösen, dessen Abmessungen durch die hintere Begrenzung des Pfeilers, durch die Gestaltung des Geländes und durch die Lage der Trennungsfläche (Gleitfläche) zwischen der in Bewegung gekommenen Masse und dem stehenbleibenden Teil gegeben sind. Die Lage der Gleitfläche aber hängt von dem Reibungswinkel  $\varrho$ , dem natürlichen Böschungswinkel des zur Hinterfüllung benutzten Materials ab.

Der Druck, den dieses Erdprisma auf die Stirnwand ausübt, ist der *Erddruck*. (Vergl. Abschn. III, § 58.)

Bei wagrechtem Gelände, wie es bei einem Brückenpfeiler wohl ausnahmslos gegeben sein wird, und unter der Annahme, daß zwischen dem Erdreich und der Mauer eine Reibung nicht stattfindet, daß also die Richtung des Erddruckes *senkrecht* zur Hinterfläche der Stirnwand ist, berechnet sich der Erddruck:

$$E = \frac{1}{2} \gamma_e h^2 \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right),$$

wenn  $\gamma_e$  = Eigengewicht der Hinterfüllungserde in kg/cbm,

$h$  = die freie Höhe der Mauer in Metern,

$\varrho$  = natürlicher Böschungswinkel der Hinterfüllungserde bedeutet. (Die Neigung der hinteren Fläche der Stirnwand kann bei der Ermittlung der *Größe* des Erddruckes außer acht gelassen werden.) Eine eventuelle Belastung der Hinterfüllungserde durch Verkehrslast ( $p$  für das Quadratmeter) wird zweckmäßiger durch eine Erdschicht von der Höhe  $\frac{p}{\gamma_e}$  berücksichtigt.

Durchschnittswerte für  $\varrho$  und  $\gamma_e$  enthält nachstehende Tabelle.

Erdart:	Gewicht von 1 cbm kg	Natürlicher Böschungswinkel $\varrho$	$\operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right)$
Sand, trocken . . . . .	1600	30–35°	0,333–0,271
„ feucht . . . . .	1800	40°	0,217
„ mit Wasser gesättigt . .	2000	25°	0,405
Kies, trocken . . . . .	1800	35–40°	0,271–0,217
„ nafs . . . . .	1900	25°	0,405
Dammerde, trocken . . . . .	1400	35–40°	0,271–0,217
„ feucht . . . . .	1600	45°	0,171
„ nafs . . . . .	1800	27°	0,375
Lehm, trocken . . . . .	1500	40–45°	0,217–0,171
„ nafs . . . . .	1900	20–25°	0,490–0,405

Der Angriffspunkt des Erddruckes liegt in  $\frac{1}{3}$  der Höhe.

An der Stirnwand jedes Landpfeilers wirken gleichzeitig 3 Kräfte (Fig. 92):

1. das lotrecht gerichtete Gewicht  $M$  der Mauer selbst,
2. die ebenfalls lotrecht wirkende Belastung  $L$  durch die Fahrbahn (Eigengewicht und Verkehrslast) und
3. der vertikal zur hinteren Fläche des Widerlagers gerichtete Erddruck  $E$ .

Die Abmessungen der Mauer sind nun so zu bestimmen, daß auch beim Fortfall der Belastung ( $L = 0$ ) ein Umkippen der Mauer ausgeschlossen ist, daß also,  $a$  als Drehpunkt angenommen, stets

$$M \cdot m \geq E \cdot e$$

und ferner bei größter Verkehrslast der Brücke und Belastung der Hinterfüllungs Erde an keiner Stelle der Mauer die zulässige Druckbeanspruchung des Materials überschritten wird.

Zur Untersuchung der Standsicherheit bestimmt man zunächst die Resultante  $R$  der 3 Kräfte  $M$ ,  $L$  und  $E$  nach Größe und Richtung (vergl. Abschn. III, Kap. III, §§ 55—58).

Tritt die Resultante nie aus der Mauer heraus, so ist die Sicherheit gegen das Umkippen vorhanden, dann bleibt das aus der Wirkung aller Kräfte sich ergebende Moment  $= R \cdot r$  stets links drehend. Betreffs der Beanspruchung des Mauerwerkes ist zu beachten, daß eine gleichmäßige Verteilung des Druckes über die ganze Fläche (Fuge) nur stattfindet, wenn die Resultante  $R$  aller auf die Fläche wirkenden Kräfte und demnach auch die senkrecht zur Fuge wirkende Komponente  $R_n$  durch die Mitte der Fuge geht (Fig. 93); die Beanspruchung der Einheit ist dann:

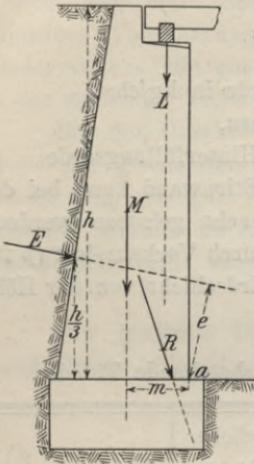


Fig. 92.

$$p = \frac{R_n}{l}$$

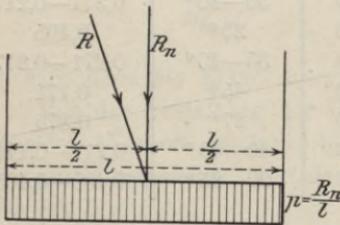


Fig. 93.

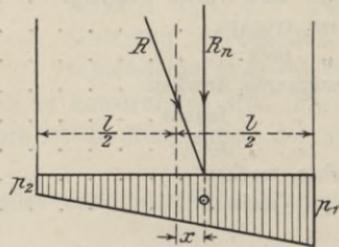


Fig. 94.

Schneidet dagegen die Resultante die Fuge in einer Entfernung  $x$  von der Mitte, so verteilen sich die Pressungen nach einem Trapez, dessen Flächeninhalt natürlich gleich der senkrechten Komponente  $R_n$  ist, und dessen Schwerpunkt in der Richtung dieser Komponente liegt (Fig. 94).

Die beiden Kantenpressungen ergeben sich zu:

$$p_1 = \frac{R_n}{l} \left( 1 + \frac{6x}{l} \right) \quad \text{und} \quad p_2 = \frac{R_n}{l} \left( 1 - \frac{6x}{l} \right),$$

der Grenzwert würde  $p_2 = 0$  sein, also  $x = \frac{l}{6}$ , d. h., sofern nicht in einem Teil der Fuge Zugspannungen entstehen sollen, muß die Resultante im inneren Drittel der Mauer bleiben.

Sollte die Resultante aus dem inneren Drittel der Mauer heraustreten, d. h. die Fuge in der Entfernung  $y < \frac{l}{3}$  von der Außenkante schneiden, was gerade bei Brückenpfeilern nicht selten der Fall ist, so kann eine *Druckbeanspruchung* in der Fuge nur bis zu einer Entfernung  $= 3y$  von der Vorderkante stattfinden (Fig. 95), und die größte Inanspruchnahme berechnet sich zu:

$$p_1 = \frac{2 R_n}{3 y}.$$

Gutes Ziegelmauerwerk in Zement darf bis 12 kg auf 1 qcm belastet werden.

Genau in derselben Weise ist auch die Untersuchung für die Sohle der Fundamente betreffs der Höchstbeanspruchung des Untergrundes durchzuführen.

Abgesehen von Fels ist bei gutem Baugrund ein Druck von 2,5 kg auf 1 qcm zulässig.

(Vergl. „die zulässigen Spannungen“, Teil I, Abschn. III, § 52.)

Bei günstigen Bodenverhältnissen, d. h. bei trockener Hinterfüllungserde, erhält man für die untere Stärke  $\frac{1}{3}$  der freien Mauerhöhe, wenn für die obere  $\frac{1}{5}$  dieser Höhe angenommen wird. 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 größere Stärke als  $\frac{1}{5}$  der freien Mauerhöhe bekommen.

Hiernach gilt folgende Tabelle.

(Siehe die Tabelle auf Seite 118.)

Bei stärkerer Durchfeuchtung der Hinterfüllungserde ergibt sich schon die *mittlere* Mauerstärke zu  $\frac{1}{3}$  der freien Mauerhöhe.

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. 92 zeigt diese Anordnung für einen Landpfeiler und Fig. 96 für einen Zwischenpfeiler.

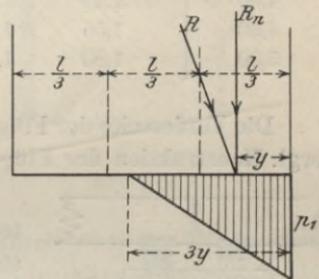


Fig. 95.

Freie Mauerhöhe m	Untere Stärke		Obere Stärke	
	Bruchstein- mauerwerk m	Ziegel- mauerwerk m	Bruchstein- mauerwerk m	Ziegel- mauerwerk m
1,80	0,70	0,64 (2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> Stein)	0,60	0,52 (2 Stein)
2,50	1,00	0,90 (3 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ )	0,70	0,64 (2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ )
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 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ )	1,10	1,16 (4 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ )
4,50	1,55	1,55 (6 „ )	1,20	1,29 (5 „ )
5,00	1,80	1,81 (7 „ )	1,40	1,42 (5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> „ )

Die Vorderseite der Flügel erhält zweckmäÙig eine Neigung von 1 : 10 (vergl. Konstruktion der Flügel bei gemauerten Durchlässen, §§ 52 u. 53).

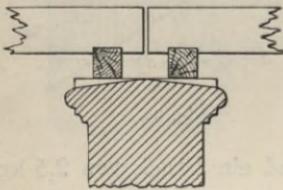


Fig. 96.

*Schräge* Flügel werden nicht weder abgetreptt oder in Neigung der Böschung hergestellt. Man deckt sie mit 10—15 cm starken Platten, welche durch eingefügte Werksteine am Gleiten verhindert werden (Fig. 97), oder durch eine in Zement gemauerte Ziegelrollschicht ab (Fig. 98). Zu den Abdeckungen ist bestes wetterbeständiges Material zu verwenden.

Wird die massive Stirnwand wie in Fig. 97 und 98 bis zur Oberkante des Bohlenbelags hochgeführt, so ist ihr Abschluß zur größeren

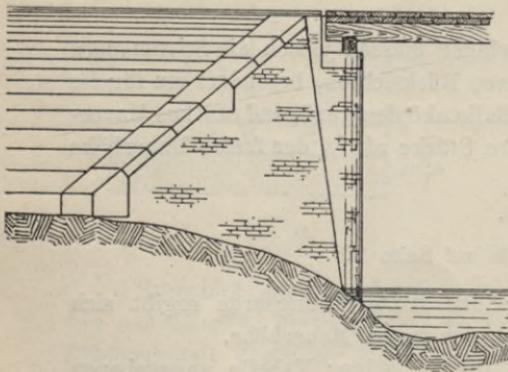


Fig. 97.

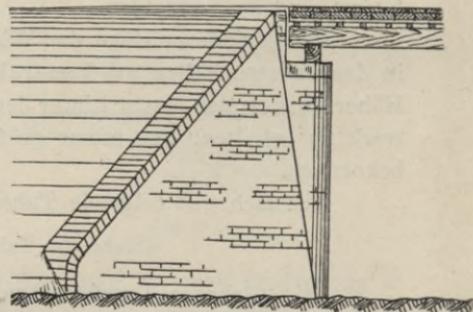


Fig. 98.

Haltbarkeit am besten aus Werksteinen herzustellen und der zwischen der Fahrbahn und der Stirnwand vorhandene Zwischenraum durch ein am

Bohlenbelag mittels Holzschrauben befestigtes Flacheisen zu überdecken (Fig. 99). Andererseits kann jedoch, besonders bei kleineren Bauwerken, der Anschluß der Brückenfahrbahn ähnlich wie bei hölzernen Endjochen erfolgen. Alsdann endigt die Stirnwand bereits in Höhe der Tragbalken-

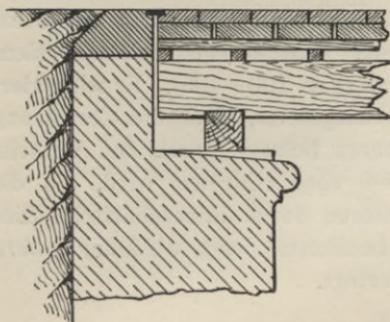


Fig. 99.

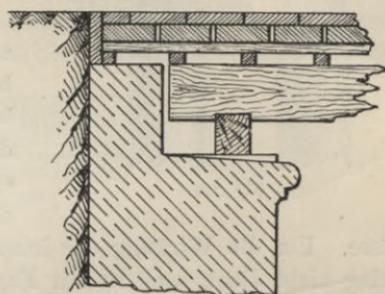


Fig. 100.

oberkante, der Bohlenbelag wird samt Traufbrett über den Pfeiler fortgeführt und die Hinterfüllungs Erde durch eine Stirnbohle begrenzt (Fig. 100).

### § 46.

**Balkenbrücken einschließlich der Fahrbahn.** Für Bauwerke untergeordnetster Art, wie *Heufahrten* und *Planzugänge*, genügt es, die Fahrbahn nach Fig. 101 aus dicht nebeneinander gelegten Rundhölzern herzustellen. Eine an jeder Seite auf die äußersten Tragbalken übergenagelte Stange hält die Rundhölzer fest und verhindert gleichzeitig das Abgleiten der Räder.

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

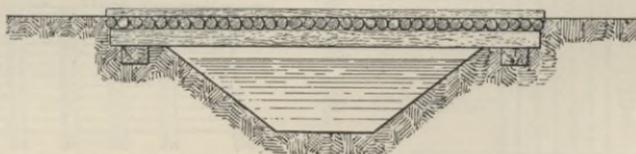


Fig. 101.

Die Bohlen erhalten je nach der Schwere der verkehrenden Wagen eine Stärke von 10—13 cm und werden stets *rechtwinkelig* zur *Brückenachse* verlegt, da anderen Falles die Zugtiere gleiten. Die Bohlen kommen nicht unmittelbar auf die Tragbalken zu liegen, sondern werden auf *Traufbretter* aufgenagelt, welche ihrerseits durch Vermittelung der *Luftklötzchen* auf den Tragbalken ruhen (Fig. 102). Die Luftklötzchen sollen

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

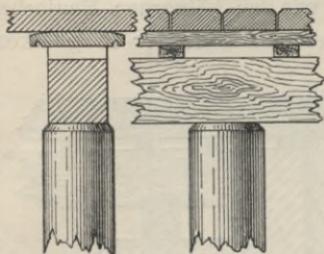


Fig. 102.

Ist starker Verkehr zu erwarten, so wendet man den doppelten Bohlenbelag an (Fig. 103—105). Es wird hierbei vorausgesetzt, daß die Zerstörung des oberen Belages durch den Verkehr erheblich eher eintreten wird, als die des unteren durch atmosphärische Einflüsse.

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

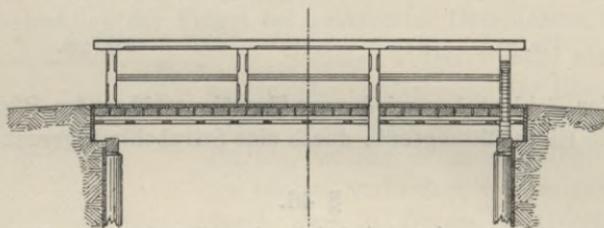


Fig. 103.

Seinem Zweck entsprechend erhält der obere Belag nur die Breite der eigentlichen Fahrbahn; damit aber etwa abgeglittene Räder wieder

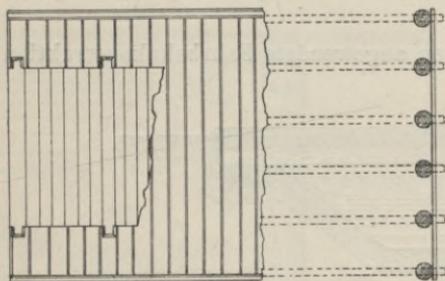


Fig. 104.

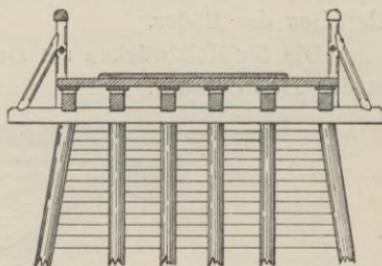


Fig. 105.

auf die Fahrbahn gelangen können, werden alle 2—3 m einzelne Oberbelagsbohlen seitlich um 20—30 cm hervorgezogen. Die Stärke des Oberbelags beträgt 5—8 cm.

Das Gewicht einer Fahrbahnkonstruktion aus Bohlenbelag ist

9 d kg bis 10 d kg

für das Quadratmeter Brückenbahn, wenn  $d$  die Gesamtstärke des Belages in Zentimetern angibt.

Von anderen Fahrbahnkonstruktionen sind bei Holzbrücken noch das *Holzpfaster*, die *Beschotterung* und selbst das *Steinpfaster* zur Ausführung gekommen. Beschotterung und vornehmlich Steinpfaster können jedoch nie als konstruktiv zutreffende Fahrbahnbefestigung einer Holzbrücke angesehen werden. Selbst im Zuge von Chausseen und von

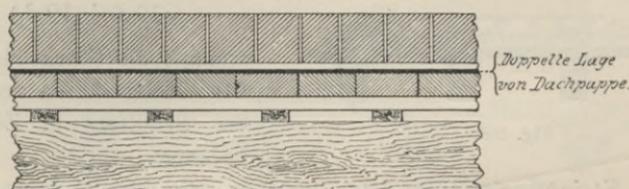


Fig. 106.

gepflasterten Straßen wird die Holzbrücke mit doppeltem Bohlenbelag stets den Vorzug verdienen.

Das *Holzpfaster* besteht aus einzelnen, 16—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. 106). Dann wird auch der Bohlenbelag ohne Fugen verlegt und mit einer doppelten Schicht

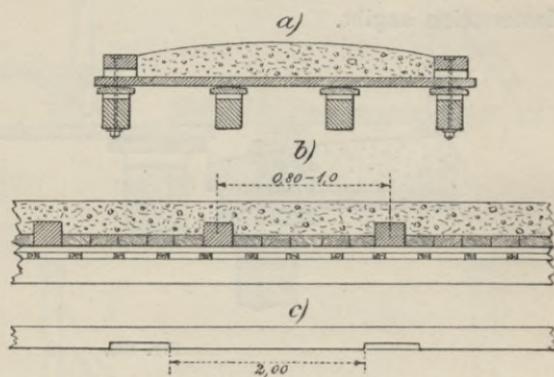


Fig. 107.

Asphaltpappe abgedeckt. Hierauf wird eine Lage heißen Asphalt oder mit Teer getränkter Sägespäne gestrichen, in welche die in heißen Teer getauchten oder durch Asphaltpappenstreifen voneinander getrennten Klötze verlegt werden. Das Gewicht des Holzpfasters beträgt für das Quadratmeter Brückenbahn  $(10 d + [10 \text{ bis } 11] d_1)$  kg, wenn  $d$  die Stärke des Bohlenbelages und  $d_1$  die des eigentlichen Pflasters in Zentimetern bedeutet.

Die *Beschotterung* (Fig. 107 abc) 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-pappe verlegt und erhält alle 0,80—1,0 m ein stärkeres Holz eingefügt, welches in die 15—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 Quadratmeter

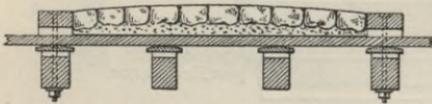


Fig. 108.

Das *Steinpflaster* (Fig. 108), welches, wie bereits hervorgehoben, bei Holzbrücken nur ausnahmsweise zur Anwendung kommt, besteht dann am besten aus 16—20 cm hohen Steinen, die auf eine 6—8 cm starke Sand- oder Kiesbettung in Zement oder Asphalt versetzt werden. Das Gewicht der Fahrbahn beträgt für das Quadratmeter

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

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

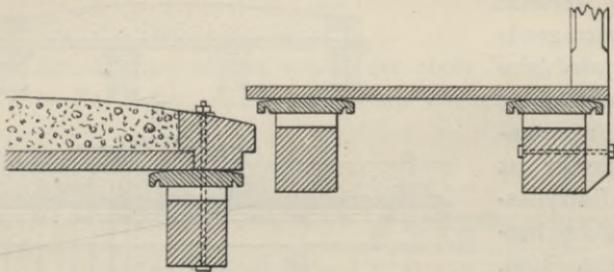


Fig. 109.

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. 103—105).

Bei starkem Verkehr ordnet man die Fußsteige erhöht an.

Trennt man die Fußsteige vollständig von der Fahrbahn, wie in Fig. 109, so erreicht man den Vorteil, daß das Tagwasser an allen Stellen von der Brückenbahn unbehindert abfließen kann. Bewirkt man die Erhöhung durch Abgrenzung der Fahrbahn mit einer Saumschwelle, so kann

diese Schwelle als Rinne dienen (Fig. 110) 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. 111).

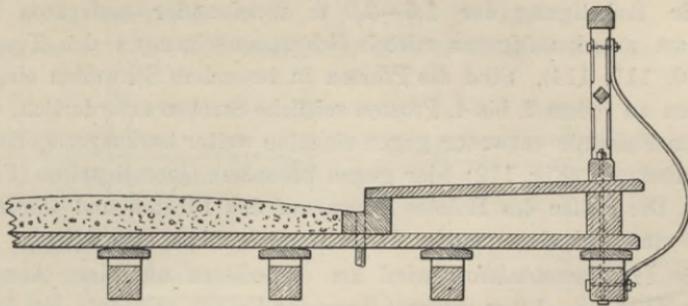


Fig. 110.

Die Bohlen der Fufssteige können rechtwinkelig oder parallel zur Längsachse der Brücke verlegt werden und erfordern je nachdem eine

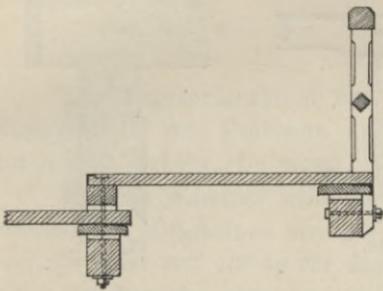


Fig. 111.

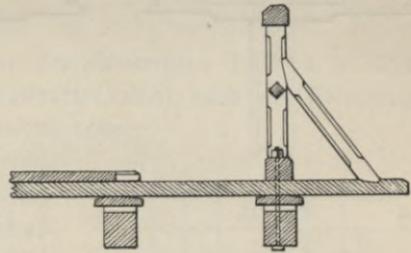


Fig. 112.

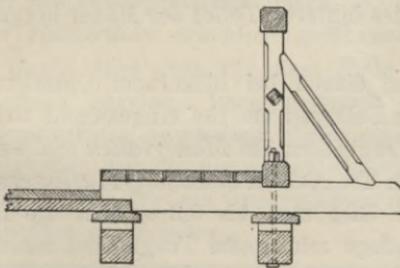


Fig. 113.

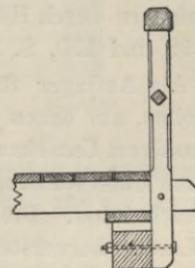


Fig. 114.

verschiedene Anordnung der Tragkonstruktion und auch des Geländers (Fig. 109—114). Die erhöhte Kante des Fufssteiges gegen die Fahrbahn ist zweckmäßig durch aufgeschraubte Winkelleisen 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 Fußsteig.

Die Befestigung der 1,5—2,0 m voneinander entfernten Pfosten erfolgt am zweckmäßigsten mittels Schraubenbolzen an den Tragbalken (Fig. 109, 111, 114). 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. 112) oder gegen besondere Querschwellen (Fig. 113) stützen. Die Stöße des Holmes liegen auf den Pfosten und werden nach Fig. 115 und 116 als stumpfer Stofs oder als Blatt ausgebildet.

Die *Tragkonstruktion* wird am einfachsten aus einer Anzahl von Mitte zu Mitte 0,8—1,0 m entfernt liegender Balken gebildet. Bei breiteren Brücken, auf denen sich 2 Wagen begegnen können, legt man zur leichteren Ausführung späterer Reparaturen in der Mitte 2 Balken dicht nebeneinander.

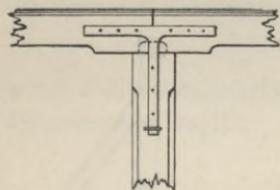


Fig. 115.

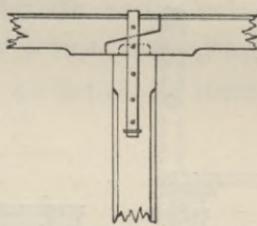


Fig. 116.

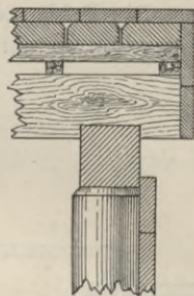


Fig. 117.

Der Abschluß der Tragkonstruktion wird bei hölzernem Unterbau durch vor die Balkenköpfe genagelte Bohlen (Fig. 117) und bei massiven Landpfeilern durch Höherführung des hinteren Teiles der Mauer hergestellt (Fig. 99 und 100, S. 119).

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. 96, S. 118 in die Mitte zwischen zwei Mauerlatten; bei hölzernen Jochen müssen die Balken entweder nebeneinander gelegt und verschraubt (Fig. 118 und 119) oder auf einem Sattelholz über dem Holm (Fig. 120) gestofsen werden.

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.

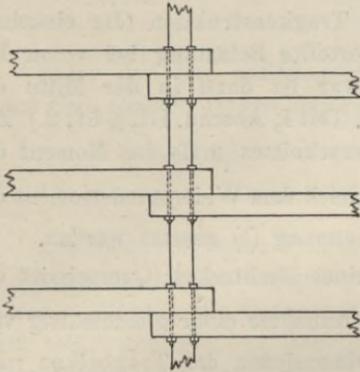


Fig. 118.

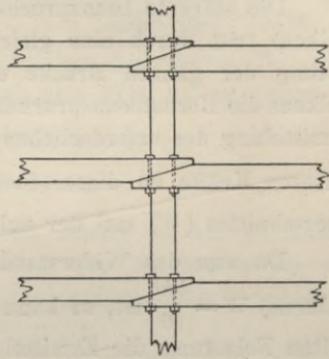


Fig. 119.

Die Tragkonstruktion hat aufser der *dauernden* Last (d. h. dem Eigengewicht von Fahrbahn und Tragkonstruktion) auch die Belastung durch den Verkehr, die sogen. *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.

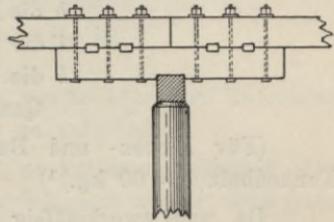


Fig. 120.

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 Quadratmeter Brückenbahn.
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.

Die stärkste Inanspruchnahme der Tragkonstruktion (der einzelnen Balken) tritt durch eine gleichmäßig verteilte Belastung bei voller Belastung der ganzen Brücke ein und zwar ist dann in der Mitte des Balkens die Höchstbeanspruchung. (Vergl. Teil I, Abschn. III, § 51, 2.) Zur Ermittlung des erforderlichen Balkenquerschnittes muß das Moment der äußeren Kräfte an dieser Stelle  $\left(\frac{Ql}{8}\right)$  gleich dem Widerstandsmoment des Querschnittes ( $W$ ) mal der zulässigen Spannung ( $k$ ) gesetzt werden.

Da nun das Widerstandsmoment eines Rechteckes (Querschnitt des Balkens)  $W = \frac{bh^2}{6}$  ist, so kann unter der Annahme einer gleichmäßig verteilten Belastung die Ermittlung der Dimensionen der Tragbalken nach der Formel

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

erfolgen.

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

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

$b$  die Breite „ „ „ „ „ „ „

$l$  die Spannweite des Balkens in Zentimetern,

$k$  die zulässige Spannung in Kilogramm für das Quadratzentimeter.

(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 (vergl. § 35, S. 79), 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?

<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.

## 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 usw.,  $4 \cdot 6 \cdot 8 \cdot 6 = \dots \dots \dots$  1150 „

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

zusammen 14350 kg

oder rund 15000 „

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, so daß 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. 120 und 121). Die Sattelhölzer erhalten gewöhnlich dieselbe Stärke wie die Tragbalken. Wie bereits

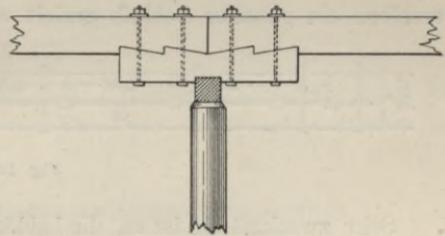


Fig. 121.

erwähnt, verwendet man die Sattelhölzer auch, um bei hölzernen Zwischenjochen dem Tragbalken ein sicheres Auflager zu verschaffen.

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, so daß namentlich 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. (Vergl. § 33, S. 75.)

Die Zähne eines verzahnten Trägers (Fig. 122) 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. 123) bestehen aus hartem Holz, am besten Eichenholz, und werden sowohl normal (Fig. 124) als auch schräg (Fig. 125) zur Längsrichtung des Balkens angeordnet. In letzterem Falle erhalten sie, wie die Zähne des verzahnten Trägers, auf

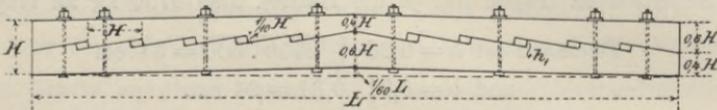


Fig. 122.

den beiden Balkenhälften entgegengesetzte Richtung. Die Dübel sind stets als einfache oder doppelte Keile ausgebildet, so daß durch Nachtreiben derselben ein genauer Schlufs erzielt werden kann.

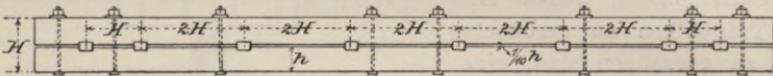


Fig. 123.

Sehr zweckmäßig ist es, die beiden Balken nicht unmittelbar, sondern mit einem kleinen Zwischenraum anzuordnen, da hierdurch einerseits die Tragfähigkeit (durch Vergrößerung der Gesamthöhe  $H$ ) noch erhöht,

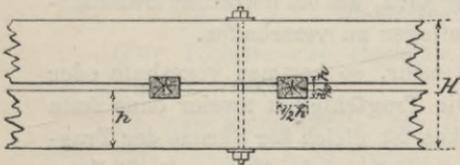


Fig. 124.

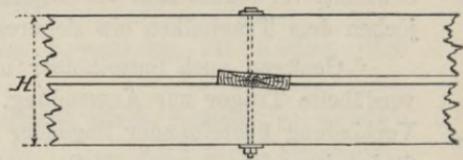


Fig. 125.

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.

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,  $H = 1,8 h$ , und da  $b = 0,71 h$ ,

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

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

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

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  $1,0$ — $1,3$  m verlegt.

### § 47.

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

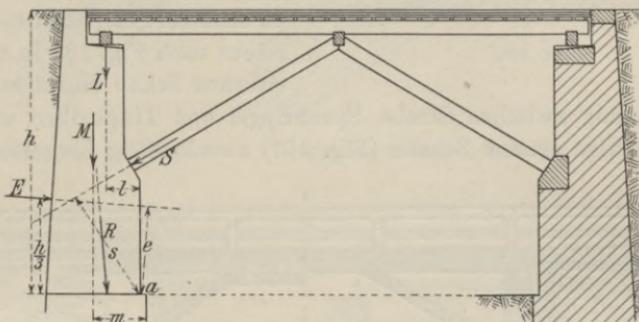


Fig. 126.

Bei dem einfachen Sprengwerk (Fig. 126) sind die Streben unmittelbar gegeneinander gespreizt; bei dem doppelten ist zwischen den beiden Streben ein horizontales Holz, der sogen. Spannriegel (Fig. 127 a), eingefügt. Als Spannriegel kann auch der mittlere Teil des Tragbalkens selbst dienen (Fig. 127 b).

Das Sprengwerk ermöglicht, jeden einzelnen Tragbalken durch Streben zu unterstützen (Fig. 128). Ist dies nicht erforderlich, so werden

sogen. Unterzüge angeordnet, auf denen die Tragbalken ruhen. Die Unterzüge sind bei dem einfachen Sprengwerk nach Fig. 126 von den beiden Streben gestützt; bei dem doppelten Sprengwerk kommen sie zwischen Spannriegel und Strebe zu liegen (Fig. 129). Tragbalken und

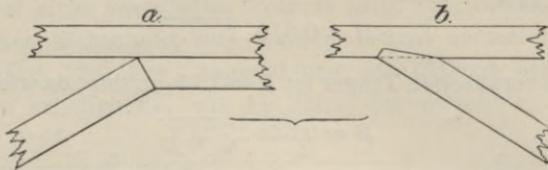


Fig. 127.

Spannriegel sind stets durch Dübel und Schrauben fest miteinander zu verbinden. Der Neigungswinkel der Streben gegen den Horizont ist zweckmässig nicht unter  $30^{\circ}$  zu wählen, und da die Fufspunkte der Streben

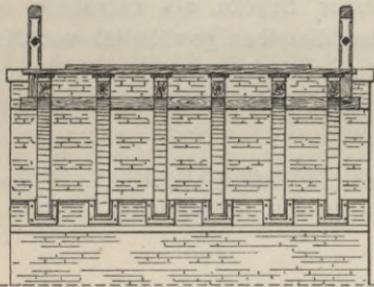


Fig. 128.

völlig wasserfrei, also über Hochwasser liegen müssen, so bedingt jede Sprengwerksbrücke eine bedeutende Höhe der Fahrbahn über dem zu überbrückenden Wasserlauf.

Um den Fufs der Streben gegen Verschiebung und Fäulnis zu schützen, empfiehlt es sich, denselben nach Fig. 130 in einen gufseisernen Schuh einzulassen. Auch

die Verbindung zwischen Strebe, Spannriegel und Tragbalken wird öfters durch derartige eiserne Schuhe (Fig. 131) zweckmässig hergestellt.

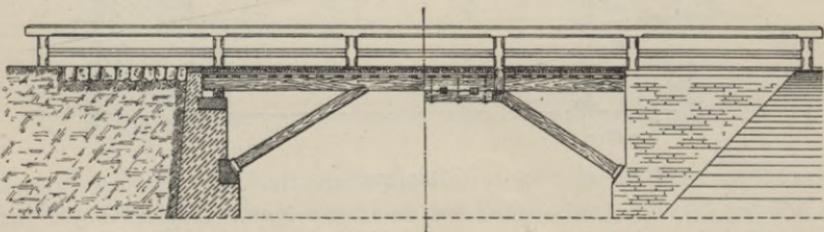


Fig. 129.

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. 132), für doppelte Sprengwerke unter Zugrundelegung der Spannweite  $a$  (Fig. 133).

Zur Ermittlung der Abmessungen der Streben nehme man aufser dem Eigengewicht von Fahrbahn und Tragbalken eine gleichmäfsige Belastung der ganzen Brücke von 400 kg für das Quadratmeter Brückenbahn an und ermittle nach der Anzahl der Sprengwerke die auf jedes einzelne entfallende Belastung.

Ist dieselbe  $Q$ , so haben bei dem einfachen Sprengwerk beide Streben zusammen  $\frac{5}{8} Q$ , bei dem doppelten Sprengwerk, wenn  $b = a$  ist (Fig. 133), beide Streben zusammen  $\frac{22}{30} Q$  auf die Widerlager zu übertragen.

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 Spreng-

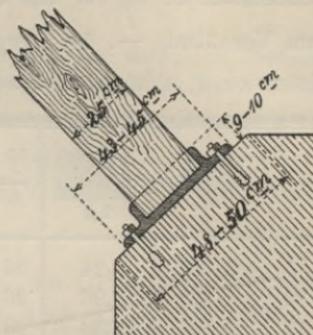


Fig. 130.

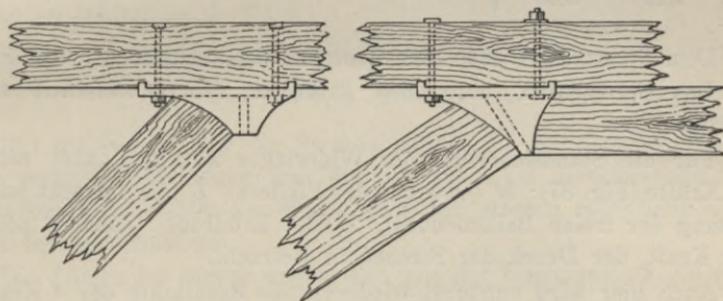


Fig. 131.

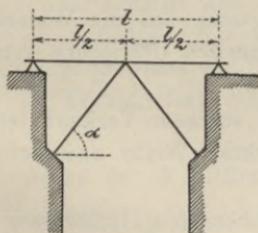


Fig. 132.

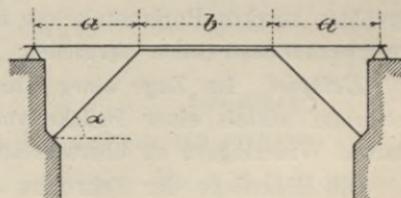


Fig. 133.

werk  $P = \frac{11}{30} \cdot \frac{Q}{\sin \alpha}$ . Die Querschnittfläche der Strebe ergibt alsdann

die Formel:  $F = \frac{P \cdot n}{k}$  qcm.

Hierin ist  $P$  in Kilogrammen 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.

Für die Standsicherheit der Widerlager kommen daher nicht nur die 3 Kräfte (Fig. 87):  $M$  (Gewicht des Pfeilers),  $L$  (die lotrecht wirkende Belastung der freien Balkenenden),  $E$  (der Erddruck), sondern noch eine *vierte* Kraft, der Druck der Streben in Betracht.

Auch hier wird zunächst wiederum die Resultante der 4 Kräfte bestimmt und dann die Untersuchung in gleicher Weise wie bei dem massiven Widerlager der Balkenbrücke durchgeführt (S. 115).

Mit Rücksicht auf den von dem Sprengwerk auf die Widerlager ausgeübten starken Horizontalschub ist bei *hölzernen* Uferjochen von der Sprengwerkskonstruktion abzusehen.

*Beispiel.* Im Zuge einer Chaussee mit starkem Verkehr ist ein Wasserlauf mittels einer Brücke von 8 m lichter Weite zwischen den massiven Widerlagern zu überschreiten.

Die Höhenlage der Fahrbahn über dem höchsten Hochwasser (der Fuß der Streben darf vom Wasser nie erreicht werden) gestattet die Wahl einer Sprengwerkskonstruktion, und zwar sollen die Tragbalken — deren freie Spannweite von Mitte zu Mitte Unterlagsbalken bei 8,0 m lichter Weite der Brücke zwischen den Pfeilern sich zu 9,4 m ergibt — auf einen Unterzug gelagert werden, der unter jedem 2. Tragbalken durch je 2 Streben von 30° Steigung unterstützt wird.

Die Breite der Fahrbahn ist 6,0 m, sie besteht aus *doppeltem* Bohlenbelag von zusammen 15 cm Stärke und liegt auf 7 Tragbalken aus Kiefernholz. Welche Abmessungen erhalten die *Tragbalken*, die *Streben* und der *Unterzug*?

Die Tragbalken können auch hier wie bei den einfachen Balkenbrücken als freitragende Balken von Mitte Auflagerbalken bis Mitte Unterzug (4,7 m) berechnet werden (die genaue Rechnung als kontinuierlicher Träger würde etwas geringere Abmessungen ergeben).

Bei dem Verkehr schwerer Wagen (2500 kg Raddruck) berechnet sich die Stärke der Tragbalken:

I. Dauernde Last:

1. Gewicht des doppelten Bohlenbelags:  $6,0 \cdot 4,7 \cdot 10 \cdot 15 = 4230$  kg

2. Gewicht der Balkenlage:  $6,0 \cdot 4,7 \cdot 12,5 \cdot 4,7 = \dots 3314$  „

II. Verkehrslast:  $6,0 \cdot 4,7 \cdot 900$  (vergl. S. 125) =  $\dots 25380$  „

zusammen 32924 kg

oder rund 33000 „

Jeder der 5 mittleren Balken hat hiervon den *sechsten* Teil, also 5500 kg zu tragen.

$$\text{Demnach ist } h = 0,26 \sqrt[3]{5500 \cdot 470} = 35 \text{ cm}$$

$$\text{und } b = 0,71 \cdot 35 = 25 \text{ cm.}$$

Für die Berechnung der Streben genügt die Annahme einer gleichmäßig verteilten Belastung von 400 kg auf 1 qm Brückenbahn (selbst dem Raddruck von 2500 kg direkt über den Streben entspricht eine geringere Inanspruchnahme).

Die Länge der Strebe ergibt sich aus der Zeichnung zu 5,0 m. Die von den Streben aufzunehmende Größt-Belastung ist:

I. Dauernde Last:

1. Gewicht des doppelten Bohlenbelags der ganzen

Brücke:  $6,0 \cdot 9,4 \cdot 10 \cdot 15 = \dots 8460$  kg

2. Gewicht der Balkenlage:  $6,0 \cdot 9,4 \cdot 12,5 \cdot 9,4 = \dots 6627$  „

II. Verkehrslast:  $6,0 \cdot 9,4 \cdot 400 = \dots 22560$  „

zusammen 37647 kg.

Jeder der 5 mittleren Balken hat hiervon den *sechsten* Teil, also  $\frac{37647}{6} = 6278$  kg oder rund 6280 kg zu tragen. Da 2 Balken immer auf *einem* Strebenpaar ruhen, so beträgt die Gesamtlast  $Q = 2 \cdot 6280 = 12560$  kg; hiervon haben beide Streben zusammen  $\frac{5}{8} \cdot 12560 = 7850$  kg auf die Widerlager zu übertragen.

Die Inanspruchnahme jeder Strebe in der Richtung ihrer Längsachse ist dann:

$$P = \frac{7850}{2 \sin \alpha},$$

und da im vorliegenden Beispiel  $\alpha = 70^\circ$ , so berechnet sich  $P$  zu:

$$P = \frac{7850}{2 \cdot 0,5} = 7850 \text{ kg}$$

und der Querschnitt der Strebe:

$$F = \frac{7850}{60} \cdot n.$$

Da man nun die Streben praktisch nicht breiter als die Tragbalken wählen wird, so ist die geringste Querschnittsdimension gleich der Balkenbreite = 25 cm anzunehmen und somit das Verhältnis  $\frac{l}{h} = \frac{500}{25} = 20$ .

Berücksichtigt man dann, daß der Querschnitt wenigstens ein quadratischer sein muß und nicht über eine rechteckige Form vom Verhältnis 1:2 hinausgehen kann, so wird man nach der Tabelle S. 132 für  $n$  einen Wert zwischen 6,12 und 4,84, rund 5,00 wählen müssen. Es ist dann:

$$F = \frac{7975}{60} \cdot 5 = 655 \text{ und } h = \frac{655}{25} = 26.$$

Die Streben erhalten also einen Querschnitt von  $\frac{25}{26}$  cm.

Der Unterzug ist als freitragender Balken von der Länge  $b = 2,0$  m (die Streben liegen nur unter jedem 2. Tragbalken) zu berechnen, der in der Mitte als Einzellast  $G$  die Beanspruchung aus der Belastung eines Tragbalkens:  $G = \frac{5}{8} \cdot 6280 = \text{rund } 3925 \text{ kg}$  zu tragen hat. Die größte Inanspruchnahme durch die äußeren Kräfte findet dann in der Mitte des Balkens statt, d. h. in der Entfernung  $\frac{l}{2}$  vom Auflagerpunkt (vergl. Abschnitt III, § 51) und beträgt:  $\frac{G}{2} \cdot \frac{l}{2}$ ; dieser Wert muß gleich sein dem Widerstandsmoment mal der zulässigen Spannung:

$$\frac{G}{2} \cdot \frac{l}{2} = k \cdot W = \frac{k \cdot b \cdot h^2}{6}$$

und  $b$  wieder =  $0,71 h$  (S. 126 und Abschn. III, § 51),  $k = 60$  eingesetzt:

$$\text{oder: } \frac{G l}{4} = \frac{60 \cdot 0,71 h^3}{6}$$

$$\frac{3925 \cdot 200}{4} = \frac{60 \cdot 0,71}{6} \cdot h^3; \quad h^3 = \text{rund } 27000,$$

somit  $h = 30$  und  $b = 22 \text{ cm}$ .

## § 48.

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

Das Schema eines einfachen und eines doppelten Hängewerkes zeigen die Fig. 134 und 135.

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 zweckmäßig nicht unter  $25^\circ$  zu wählen.

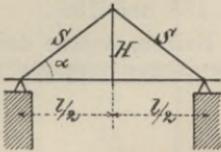


Fig. 134.

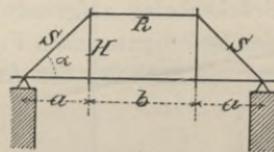


Fig. 135.

Eine Hängewerksbrücke hat im allgemeinen nur 2 Hängewerke, an denen die Tragbalken auf Unterzügen ruhen, welche an den Hängesäulen mit eisernen Hängeschienen befestigt sind (Fig. 136). Jedes Hängewerk trägt dann die Hälfte der Brückenlast und der Nutzlast. Im übrigen

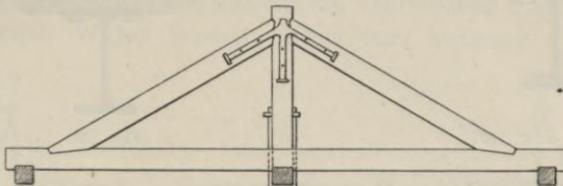


Fig. 136.

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 Kilogramm eingesetzt wird.

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 § 47 angegebenen Werte haben.

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

### § 49.

**Ersatz der Holzbalken durch eiserne Träger.** Bei Brücken mit massivem Unterbau empfiehlt es sich oft, statt der hölzernen Tragbalken eiserne 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 usw. befestigt werden. Auf diese Bohlen wird der Brückenbelag aufgenagelt (Fig. 137, 138 und 139).

Bei der Befestigung nach Fig. 139 durch Bolzen, welche den Flansch durchbohren, wie auch bei der Anordnung der Geländerstützen nach Art

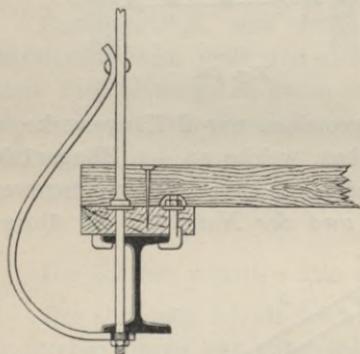


Fig. 137.

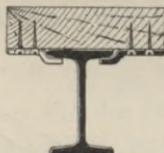


Fig. 138.



Fig. 139.

der in Fig. 137 gegebenen Konstruktion ist darauf zu achten, daß nicht gerade in der Trägermitte ein Bolzen bzw. eine Geländerstütze vorgesehen wird, um eine unzulässige Schwächung des Trägers zu vermeiden.

Zur Bestimmung der erforderlichen I-Träger ist wieder, unter der Annahme einer gleichmäßig verteilten Belastung (vergl. S. 126), das Moment der äußeren Kräfte für die Mitte des Trägers

$$\frac{Ql}{8} = k \cdot W$$

gleich dem Widerstandsmoment des I-Trägers mal der zulässigen Inanspruchnahme für Eisen ( $k = 700$ ) zu setzen. (Vergl. Abschn. III, § 59.)

Die Abmessungen, Gewichte und Widerstandsmomente der sogen. Normal-I-Träger sind aus der Tabelle des § 38 (S. 93) zu entnehmen.

Hölzerne Tragbalken werden ohne gröfsere Preiserhöhung nur etwa bis 350 mm Höhe zu beschaffen sein; ergibt die Rechnung gröfsere Höhen, so sind 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 qm 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	Profil No.	Stützweite	Profil No.	Stützweite	Profil No.
m		m		m	
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

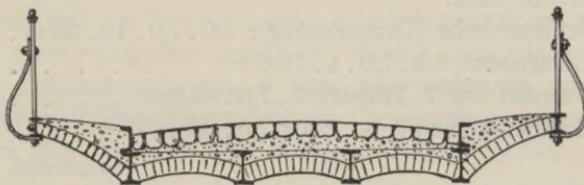


Fig. 140.

Trägern Kappen aus Ziegelsteinen wölbt (Fig. 140). Durch Zugstangen, 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 die Verwendung der sogen. Zorrès- oder Belageisen, siehe § 38, S. 96. Die Fahrbahn wird mit denselben nach Art der mit Bohlenbelag hergestellt. Über den aus I-Eisen bestehenden Längsträgern (Fig. 141 und 142) liegen die Zorrèseisen mit so geringen Abständen, daß der darüber ruhende Stein Schlag die einzelnen Fugen zu decken vermag.

Schließlich mag noch darauf hingewiesen werden, daß besonders für größere Ausführungen Eisenbetonkonstruktionen Verwendung finden, die ebenfalls geringeres Gewicht als die massiven Gewölbe usw. haben,

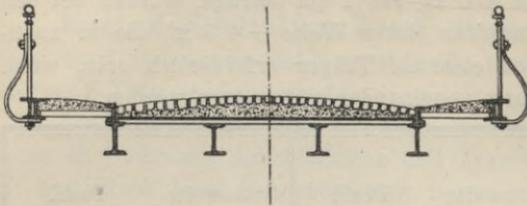


Fig. 141.

Spannweite herzustellen, deren 6,0 m breite Fahrbahn aus einer 25 cm starken Schotterdecke auf Belageisen, Profil No. 11, besteht. Die Belageisen liegen in 1 cm Abstand (mithin 4 Stück) auf 1 m Trägerlänge) auf I-Trägern in 1,0 m Entfernung von Mitte zu Mitte.

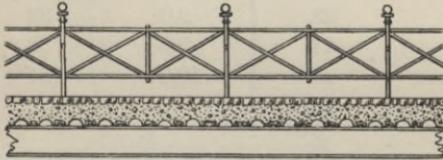


Fig. 142.

und daher auch leichtere Tragkonstruktionen bedingen, wodurch wiederum eine Verminderung der Gesamtkosten erreicht werden würde.

*Beispiel.* Im Zuge einer Chaussee ist eine Brücke von 7,0 m freier Spannweite herzustellen, deren 6,0 m breite Fahrbahn aus einer 25 cm starken Schotterdecke auf Belageisen, Profil No. 11, besteht. Die Belageisen liegen in 1 cm Abstand (mithin 4 Stück) auf 1 m Trägerlänge) auf I-Trägern in 1,0 m Entfernung von Mitte zu Mitte.

Wie stark sind die I-Träger zu wählen?

I. Dauernde Last:

- 1. Schotterdecke (Chaussierung):  $6,0 \cdot 7,0 \cdot 19 \cdot 25 = . \quad 19950 \text{ kg}$
- 2. Belageisen:  $6,0 \cdot 7,0 \cdot 4 \cdot 18,6 = . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 3125 \text{ „}$
- 3. Gewicht der 7 Träger:  $7 \cdot 7,0 \cdot 83,9 = . \quad . \quad . \quad . \quad 4111 \text{ „}$

- II. Verkehrslast (vergl. S. 125):  $7,0 \cdot 6,0 \cdot 650 = . \quad . \quad . \quad 27300 \text{ „}$
- zusammen  $54486 \text{ kg.}$

Jeder der mittleren I-Träger hat mithin eine Last von  $\frac{54486}{6}$   
 = rund 9080 kg aufzunehmen.

Die stärkste Inanspruchnahme tritt in der Mitte des Trägers ein; das Moment der äußeren Kräfte daselbst  $M = \frac{9080 \cdot 700}{8}$  muß gleich sein dem Widerstandsmoment mal der zulässigen Spannung:

$$\frac{9080 \cdot 700}{8} = 700 \cdot W,$$

somit erforderliches Widerstandsmoment  $W = 1135$ .

Nach der Tabelle S. 93 sind mithin I-Träger, Normalprofil No. 38, zu verwenden.

## Kapitel VIII.

### Durchlässe und kleinere massive Brücken.

#### § 50.

**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 usw. gehindert oder verändert worden ist. Diese Wassermengen sind überaus unregelmäßige.

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 Durchschnittsergebnis 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 § 41 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, so dafs (Fig. 143)

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

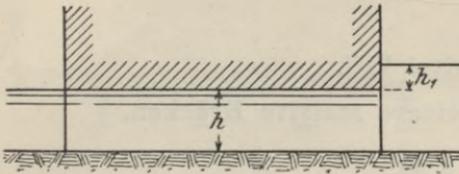


Fig. 143.

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.

Auch selbst wenn der aufgestaute Wasserspiegel vor dem Durchlaß den

Scheitel desselben nicht erreicht (Fig. 144), kann die Rechnung in gleicher Weise durchgeführt werden (und nicht nach der genaueren Wehrformel:

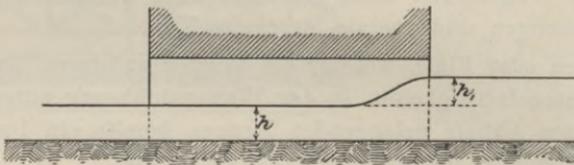


Fig. 144.

$$Q = \frac{2}{3} \mu_1 \cdot b \cdot h_1 \cdot \sqrt{2g \cdot h_1} + \mu_2 \cdot b \cdot h \cdot \sqrt{2g \cdot h_1},$$

da es sich in solchen Fällen ausnahmslos immer nur um eine geringe Druckhöhe  $h_1$  handeln wird.

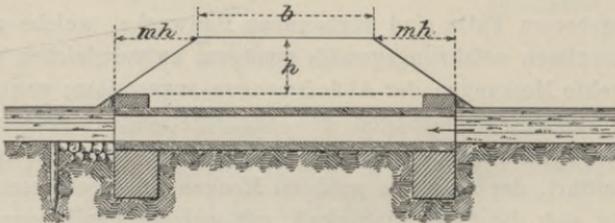


Fig. 145.

Die Bauwerkslänge hängt von der Breite ( $b$ ) des überzuleitenden Weges und von der Höhe ( $h$ ) der Dammkrone über der Oberkante des Bauwerkes ab (Fig. 145).

Ist  $m$  das Böschungsverhältnis des Dammes, so ist die Länge des eigentlichen Bauwerkes zwischen den Stirnen (Fig. 145)  $l = b + 2m \cdot h$ .

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. 146).

Da diese Anordnung aber aufser Stirnmauern oder Böschungsicherungen auch gröfsere 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.

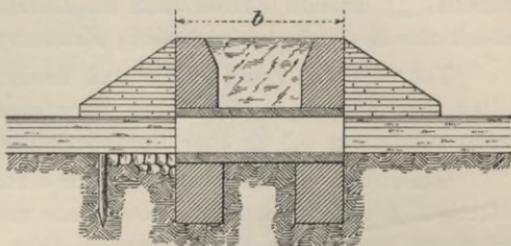


Fig. 146.

### § 51.

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

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 gröfseren 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 von zwei Strähnen geteerten Hanfstrickes (mittels hölzernen Meifsel) und durch Umpacken der Verbindungsstelle mit reinem Ton (Fig. 147).

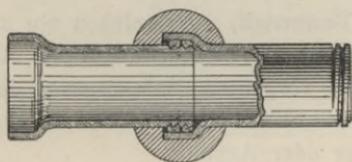


Fig. 147.

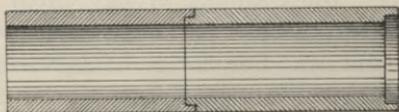


Fig. 148.

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.

Zementrohre werden entweder mit einem kurzen Falz versehen (Fig. 148) oder einfach stumpf gegeneinander gestossen und die Fugen mit Zement vergossen oder verstrichen. Die Verwendung von Zementrohren verlangt einen unbedingt festen, nicht beweglichen Untergrund. Zweckmäfsig ist eine Abdeckung der Fugen mit Dachpappe, zu deren Schutz dann häufig noch eine Lage reinen Sandes aufgebracht wird.

Runde Zementrohre werden bis zu einem Durchmesser von 0,8 m gefertigt. Größeren Dimensionen gibt man ein sogen. „eiförmiges“ Profil; derartige Rohre eignen sich aber, eben dieser Form wegen, weniger für Durchlässe.

Gegen Moorwasser sind Zementrohre wenig oder gar nicht widerstandsfähig; deshalb dürfen auch bei Durchlässen, durch welche die Abwässer aus Mooregebieten abfließen, *Zementrohre nicht* verwendet werden.

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. Die Rohre sind an einem Ende mit einer Muffe und am anderen mit einem verstärkten Rande versehen (Fig. 149). Abmessungen und Gewicht der im Handel vorhandenen gufseisernen Rohre betr., vergl. die tabellarische Zusammenstellung in Kap. XIII (Ländliche Wasserleitungen), § 81.

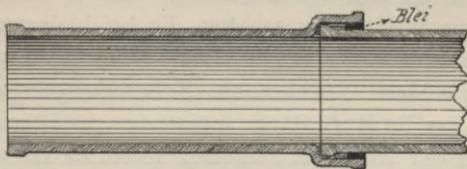


Fig. 149.

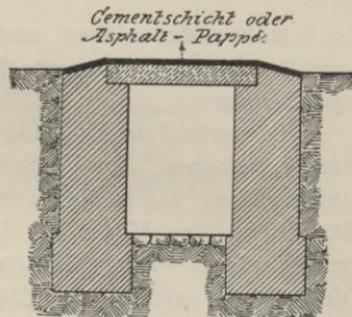


Fig. 150.

Die Dichtung erfolgt durch einen Teerstrick, auf welchen ein ungeteilter Strick so aufgetrieben wird, daß die halbe Muffentiefe ausgefüllt 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—1,5 m Höhe und von 0,25 bis 1,0 m Weite im Lichten ausgeführt, sofern die Möglichkeit vorliegt, Stein-

platten von geeigneter Länge und Tragfähigkeit in der Nähe und ohne große Kosten zu beschaffen.

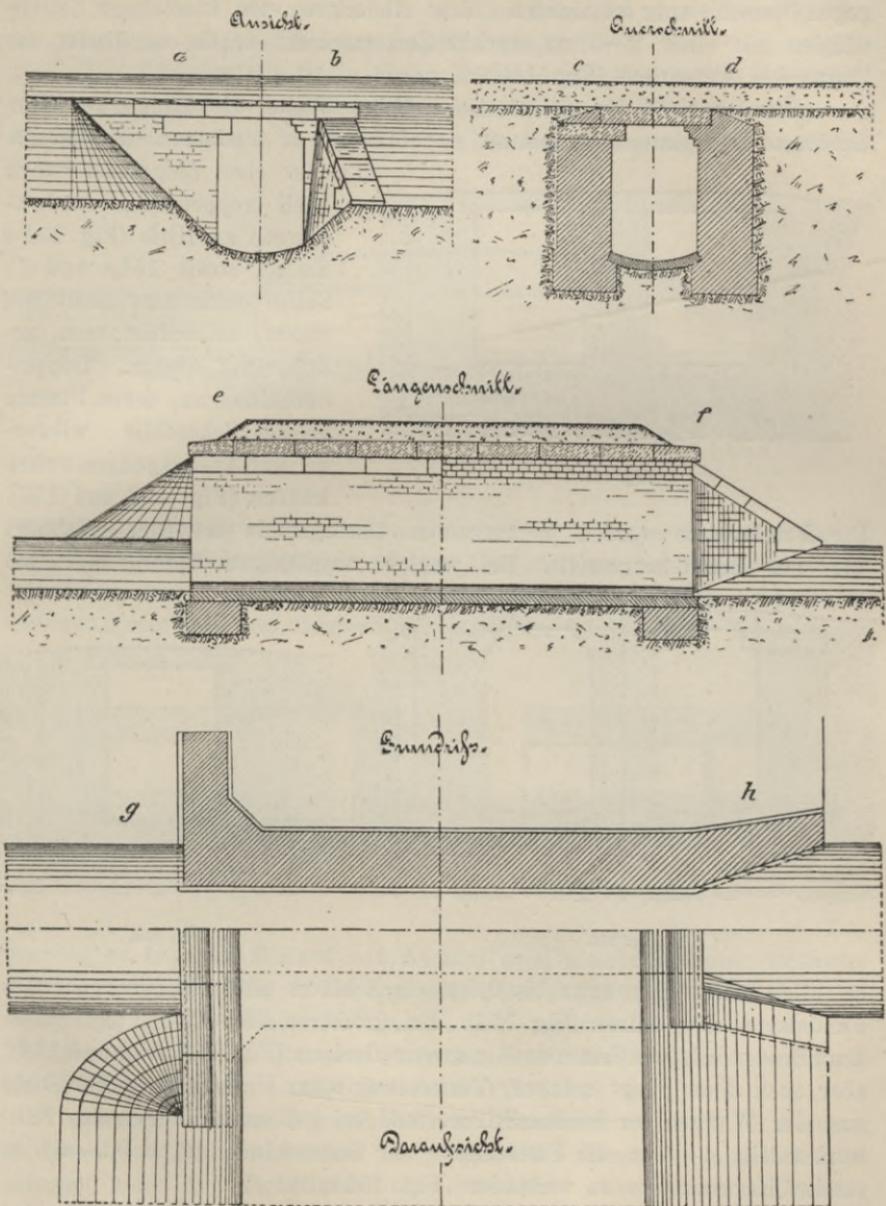


Fig. 151.

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. 150).

Überschreitet die erforderliche lichte Weite die Länge der vorhandenen Deckplatten, so nimmt man 0,1—0,2 m ausladende Kragsteine oder bei Ziegelmauerwerk auch treppenartige Auskragungen zu Hilfe (Fig. 151 *a* und *b*, sowie 151 *c* und *d*). Sollte auch dies nicht genügen, so ordnet man gekuppelte, sogen. Doppeldurchlässe an, deren Platten erforderlichenfalls wiederum auf Auskragungen ruhen können (Fig. 152 und 153).

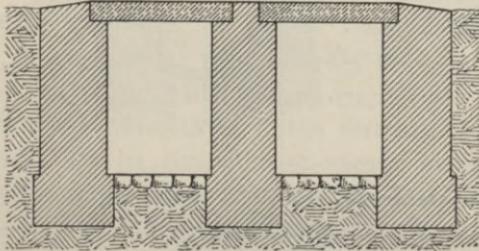


Fig. 152.

Die Fundamente werden je nach dem Untergrunde entweder gemauert oder aus Beton hergestellt. Bei weniger tragfähigem Untergrunde und

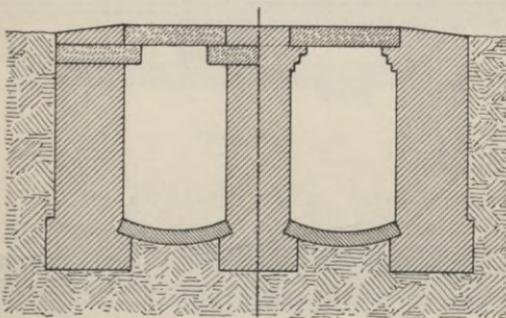


Fig. 153.

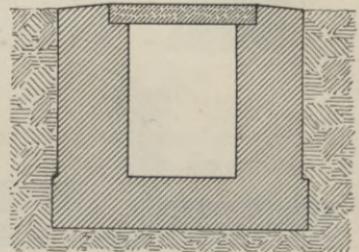


Fig. 154.

bei allen Lichtweiten etwa bis 0,6 m empfiehlt es sich, ein durchgehendes Fundament auszuführen (Fig. 154). Bei größeren Lichtweiten und gutem Baugrund wird jede Seitenwand getrennt fundiert (Fig. 151, 152 und 153); 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. 151 *e* und *f*).

Selbstverständlich ist die Art der Fundierung im übrigen von der Beschaffenheit des Untergrundes abhängig und dieser entsprechend nach

den in § 64 des Wasserbaues, S. 198 gegebenen Gesichtspunkten zu wählen.

Bei getrennten Fundamenten der Seitenwände wird die Sohle entweder gepflastert oder, wenn sie starken Angriffen durch Gerölle usw. 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 ‰ zu wählen. Die Ausbildung der Häupter (Stirn-

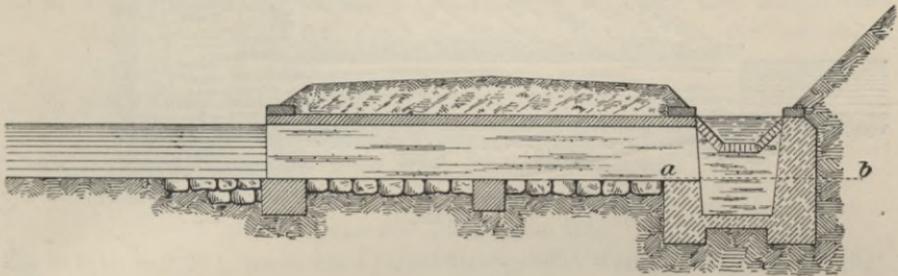


Fig. 155.

mauern und Flügel) steht mit dem Längsgefälle in engem Zusammenhange. Liegt der Plattendurchlaß in ebenem Gelände, wo die Seitengräben auf der Ober- und Unterseite des Dammes annähernd dieselbe Sohlenhöhe besitzen, oder soll ein Graben mit mäfsigem Längsgefälle durchgeführt

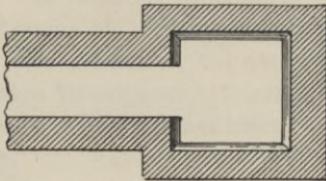


Fig. 156.

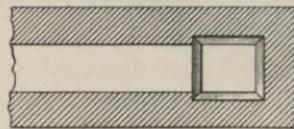


Fig. 157.

werden, so erhalten Einlauf und Auslauf zwei gleiche Häupter, entweder mit Parallelfügeln (Fig. 151 *a, e, g*) oder mit Schrägflügeln (Fig. 151 *b, f, h*). Schneidet der Durchlaß den Damm nicht rechtwinklig, so werden die Flügel der einzelnen 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

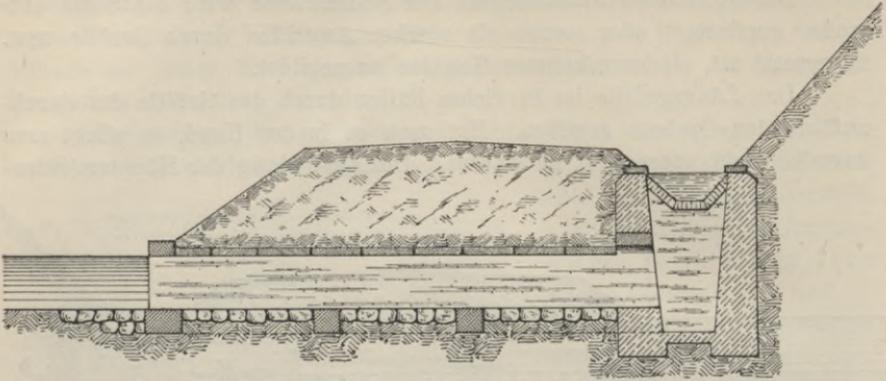


Fig. 158.

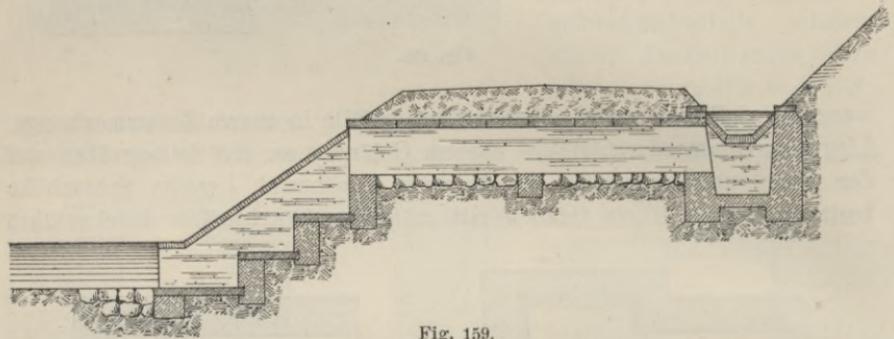


Fig. 159.

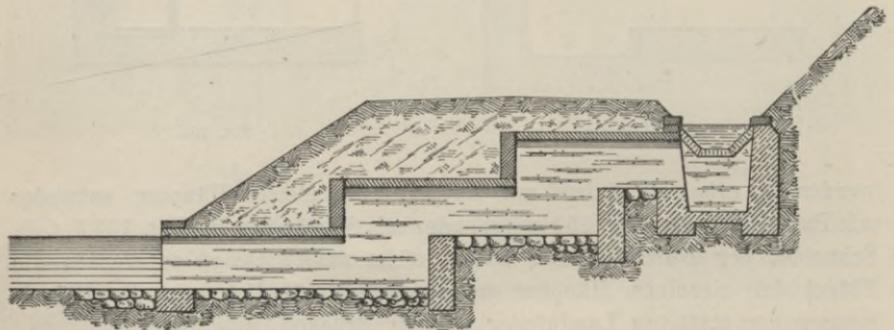


Fig. 160.

und zur Bildung eines Fallkessels zu dienen, in welchem sich Gerölle und Schlamm absetzen kann (Fig. 155, 156, 157). Ist der Höhenunterschied zwischen Oberhaupt und Unterhaupt bedeutender, so werden besondere

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

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. 158).
2. Anlage eines gewöhnlichen Durchlasses in Höhe des bergseitigen Einlaufes und Anlage einer gemauerten Kaskade an der talseitigen Böschung (Fig. 159).
3. Herstellung eines stufenförmigen Durchlasses nach Fig. 160.

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:

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

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 Abmessungen der Fundamente sind so zu wählen, daß die zulässige Höchstbeanspruchung des Untergrundes nicht überschritten wird (vergl. S. 117). Bei einer hierzu erforderlichen Verbreiterung der Fundamente werden die einzelnen Absätze 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.

## § 52.

**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.

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 (Seitenschub), und zwar um so mehr, je flacher das Gewölbe, d. h. je kleiner der zu den Gewölbebogen gehörige Zentri-

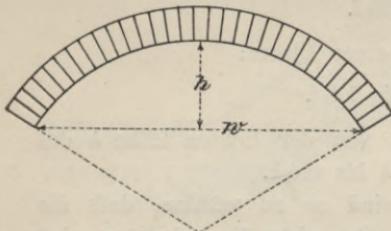


Fig. 161.

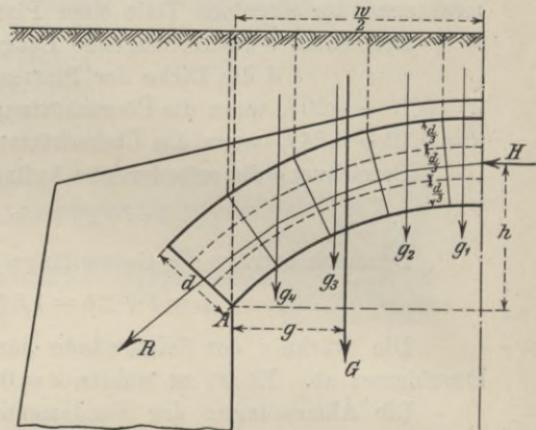


Fig. 162.

winkel 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. 161) 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 Bauwerkes. 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, so daß seine Anwendung im allgemeinen sich selten empfiehlt.

Die Größe des von einem Gewölbe ausgeübten Seitenschubes ergibt sich aus der Gleichung:

$$G \cdot g = H \cdot h,$$

Punkt *A* der Kämpferfuge (Fig. 162) als Drehpunkt angenommen, wenn man die Gesamtwirkung der einen Hälfte des Gewölbes ersetzt denkt durch eine am Scheitel des Gewölbes horizontal wirkende Kraft *H*, und wenn *G* die Resultante (Größe und Richtung) aller vertikal wirkenden Kräfte (Eigengewicht, Auflast, Verkehrslast) der einen Gewölbehälfte  $\left(\frac{w}{2}\right)$  darstellt.

Da, wie bereits erwähnt, im Gewölbemauerwerk Zugspannungen nicht auftreten dürfen, so muß die aus der horizontalen Schubkraft *H* und den einzelnen Vertikalkräften ( $g_1, g_2, g_3$  usw.) sich ergebende Resultante *R* an keiner Stelle aus dem **inneren Drittel**

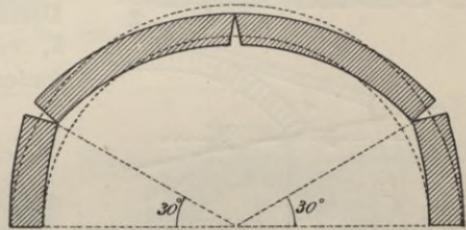


Fig. 163.

des Gewölbes heraustreten (vergl. Druckverteilung in einer Fuge, S. 117).

Die Lagerfugen der Gewölbesteine 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.

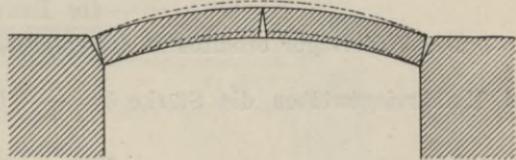


Fig. 164.

Bricht ein Gewölbe zusammen, so finden vorher Lockerungen in der Nähe bestimmter Stellen,

der sogen. Bruchfugen, statt. Diese Stellen liegen für Bogen mit einem Zenitwinkel 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. 163 und 164).

Um den Lockerungen in diesen Bruchfugen entgegenzuwirken, belastet man das Gewölbe durch die sogen. *Hintermauerung* (Fig. 165).

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 Gewölbelineie schneidet. Von diesem Punkt aus bestimmt eine Tangente an die obere Gewölbehälfte 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 größere Spannweiten und Bogen bis  $\frac{1}{3}$  Stich ist zu wählen:

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

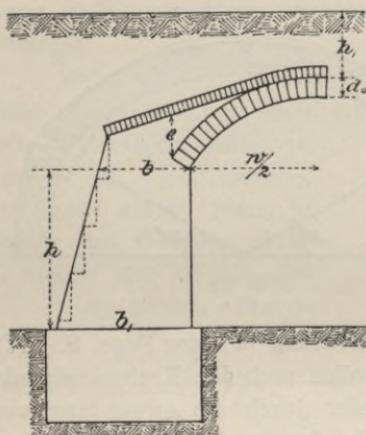


Fig. 165.

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

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

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 abgetreppst oder abgeschrägt, bei Halbkreisgewölben mit der Neigung  $1 : \frac{1}{4}$ , bei Stichbogen  $1 : \frac{1}{3}$ .

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 Häupter der gewölbten Bauwerke werden ganz in derselben Weise wie die der Plattendurchlässe ausgebildet, und zwar wird man die Anordnung von *Schrägfügeln* wählen, wenn die Höhe  $h$  des Damms (Fig. 150) 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. 166) sein.

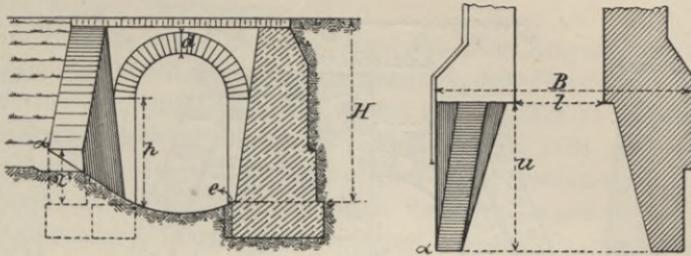


Fig. 166.

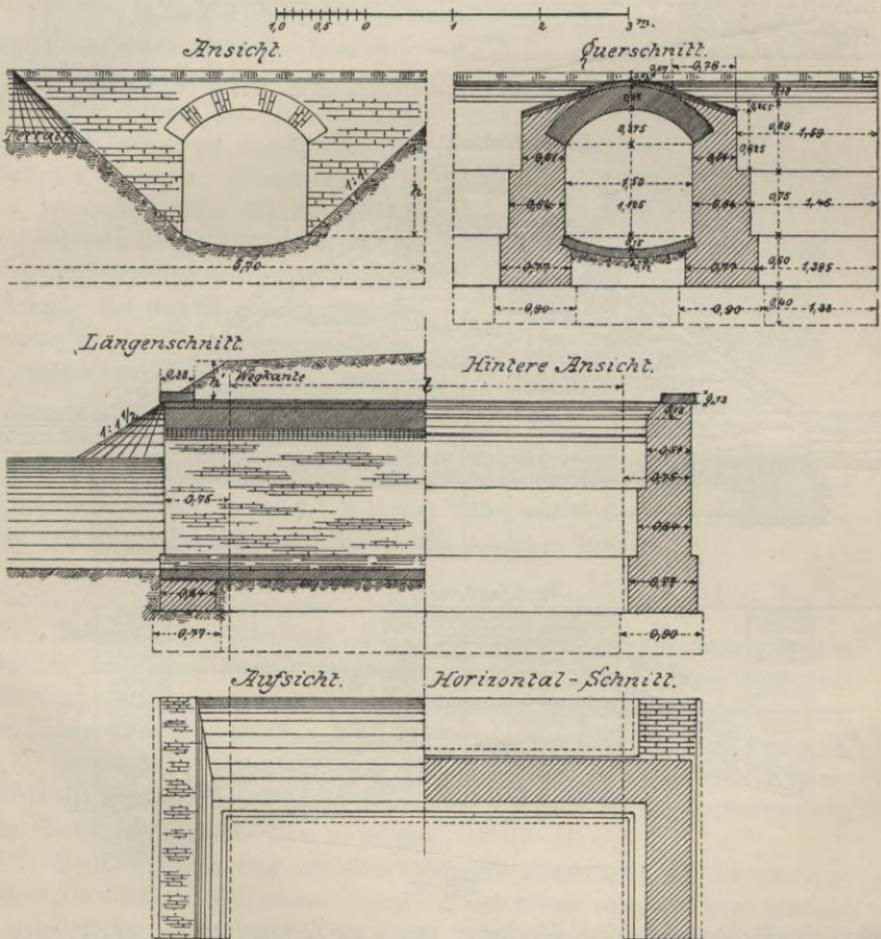


Fig. 167.

Die schrägen Flügel sind der Durchlaßstirn so anzufügen, daß ihre vordere Kante stets das Gewölbe frei läßt, und da sie in der vorderen

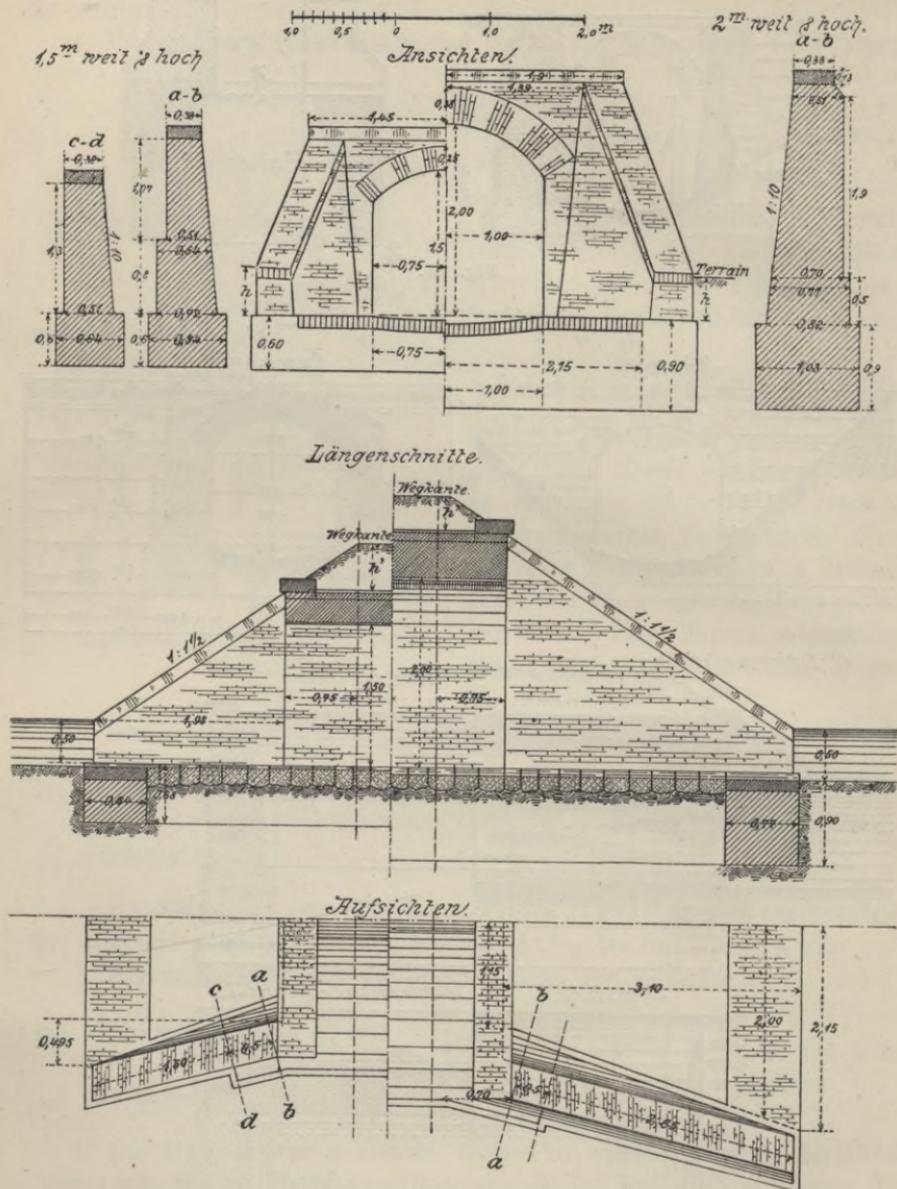


Fig. 168.

Ansichtfläche meist eine Böschung von 0,10 H erhalten, so ergibt sich hieraus das Maß e, um welches der Flügel gegen das Widerlager zurück-

treten 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 Durchlafsachse. Die Länge  $u$  der Flügel bestimmt sich aus der Höhe der Flügelenen ( $z$ ), welche zweckmäÙig so gewählt wird, daß die Grabenböschung durch den Punkt  $\alpha$  (Fig. 166) geht. Handelt es sich hierbei um die Weiterführung eines fest begrenzten Grabenzuges, so ist darauf zu achten, daß die Sohle desselben innerhalb der Flügel keine Erweiterung 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 § 45 über die massiven Landpfeiler der Brücken Gesagte. ZweckmäÙig ist es, besonders wenn die Deckplatten der Stirnwände im Scheitel nicht hart auf dem Gewölbe aufliegen, die Abdeckung des Gewölbes nach Fig. 169 schräg an der Hinterseite der Stirnwand hochzuziehen.

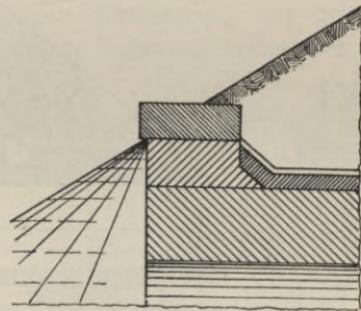


Fig. 169.

Fig. 167 zeigt die Konstruktion eines gewölbten Durchlasses von 1,5 m lichter Höhe und 1,5 m lichter Weite mit Parallelfügeln; Fig. 168 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.

### § 53.

**Deichsiele.** Deichsiele oder Deichschleusen sind Durchlässe in den Deichen umwallter 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 Fluß-

niederungen die Siele nur zu Zeiten des Flufshochwassers, 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 Aufschieß, je nach dessen Länge, immerhin ein Gefälle von 0,2—0,4 m verloren geht.

Ein Siel besteht ebenso wie jeder Durchlaß aus dem eigentlichen Siel (Durchlaß) und den beiden Vorsielen (Häuptern) und wird bei den

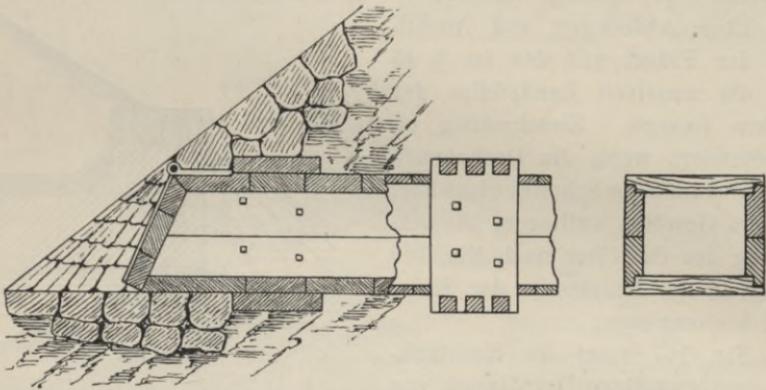


Fig. 170.

hier zu behandelnden kleineren Bauwerken bis auf die Vorkehrungen, welche durch den zeitweise auftretenden Wasserdruck bedingt sind (Verschlussvorrichtung, Spundwände usw.), auch genau wie ein Durchlaß ausgeführt.

Kleinere Siele (Pumpensiele) von 0,20—0,50 qm Querschnittsfläche werden öfters auch als einfache, ab und zu durch verzargte Rahmen zusammengehaltene Holzkästen konstruiert (Fig. 170).

Bei ihnen sowohl wie bei den kleineren Röhrensielen (Fig. 171) können, wenn der Deichkörper aus gutem, undurchlässigem Material besteht, ebenso wie bei kleineren Röhrendurchlässen, die Vorsiele durch Trockenmauerwerk oder Pflasterung ersetzt und darf von besonderen Sicherungsmaßnahmen gegen den Wasserdruck abgesehen werden.

Die Fig. 170 und 171 zeigen derartige Anordnungen mit selbsttätigem Klappenverschluss, der sich durch den Wasserdruck nach außen

öffnet. Zu den Röhrensielen können ebenfalls wieder glasierte Tonrohre, Zementrohre und Eisenrohre benutzt werden, nur muß eine *vollkommene* Dichtung der Fugen erfolgen und *dauernd* erhalten bleiben. Aus diesem

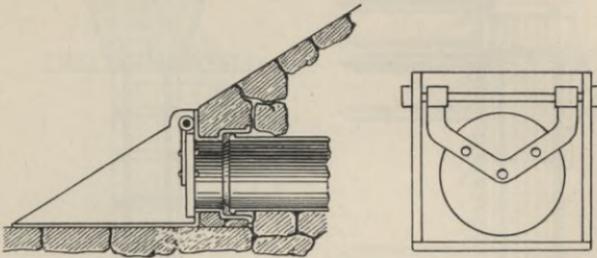


Fig. 171.

Grunde können selbst Rohre von geringem Durchmesser nur bei besonders gutem, festem Untergrund direkt ohne Sicherung verlegt werden. Besser ist immer die Lagerung auf Beton oder Mauerwerk zwischen Spundwänden (Fig. 172) oder, wenn der tragfähige Boden tiefer liegt, auf einem Rost von Quer- und Längsschwellen, gegebenenfalls in Verbindung mit Grundpfählen (Fig. 173 *a* und *b*).

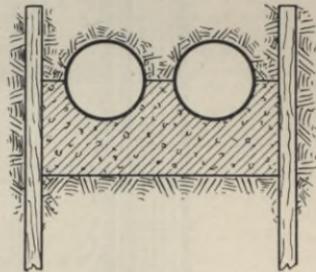


Fig. 172.

Nach Art der hölzernen „Pumpensiele“ sind — vornehmlich an der See bei weniger tragfähigem Untergrund — Sielbauten aus Holz bis 1,5 m lichter Höhe und Weite ausgeführt (Fig. 174 *a*, *b* und *c*).

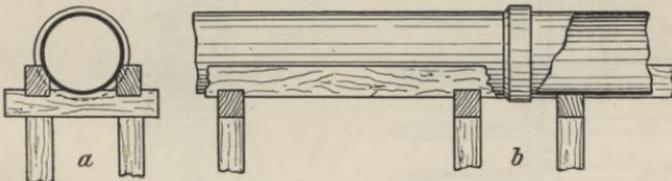


Fig. 173.

Es müssen dann natürlich sowohl die Rahmen wie auch der eigentliche Sielkörper (Seitenwände, Boden und Decke) aus Hölzern von entsprechend stärkeren Abmessungen — vollkantige Balken bis 20/20 cm Stärke — hergestellt werden. Bei derartigen „*Balkensielen*“ sind bereits die Vorkehrungen gegen den Überdruck des höheren Aufsenwasserstandes

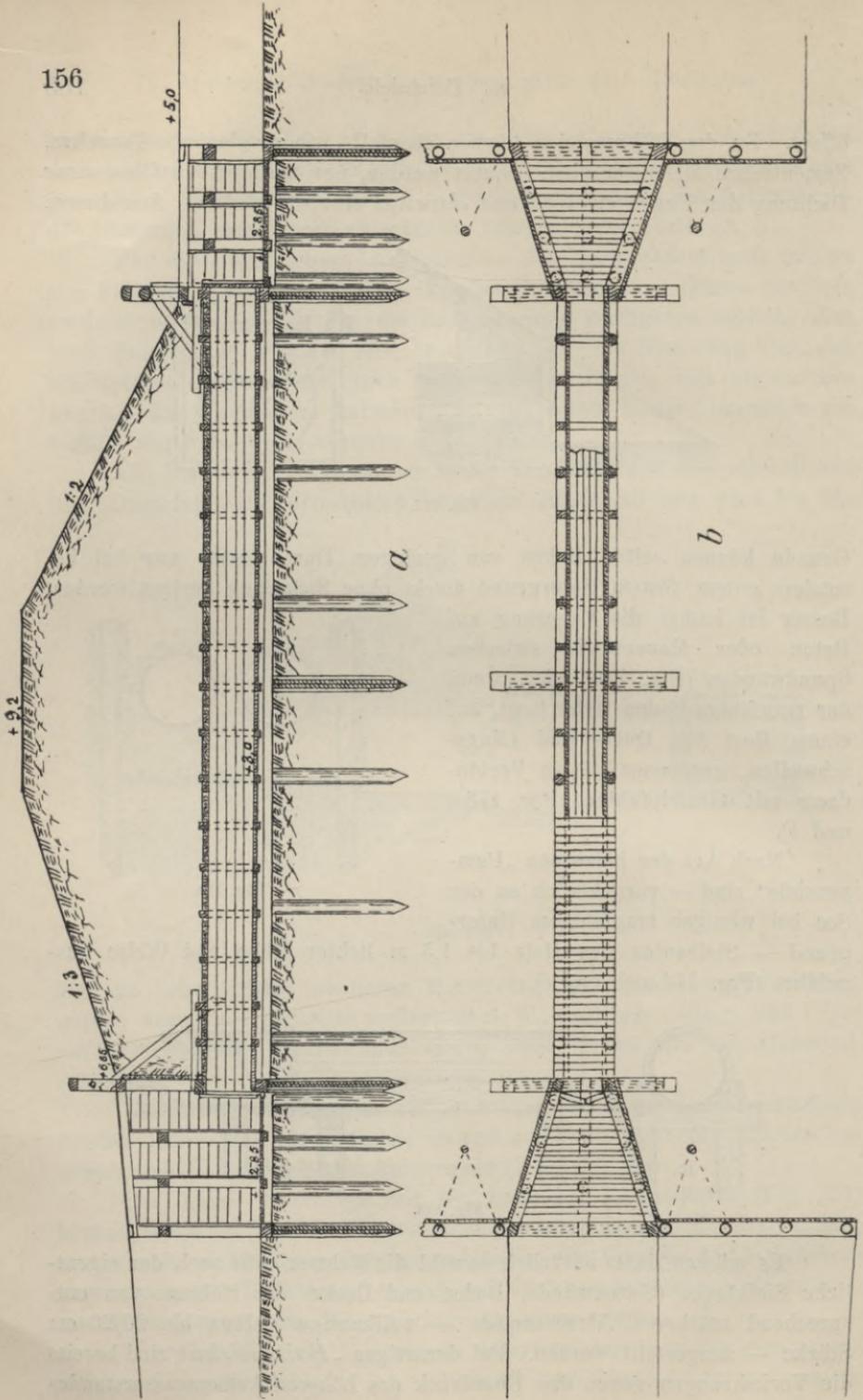


Fig. 174 a und b.

+ 92

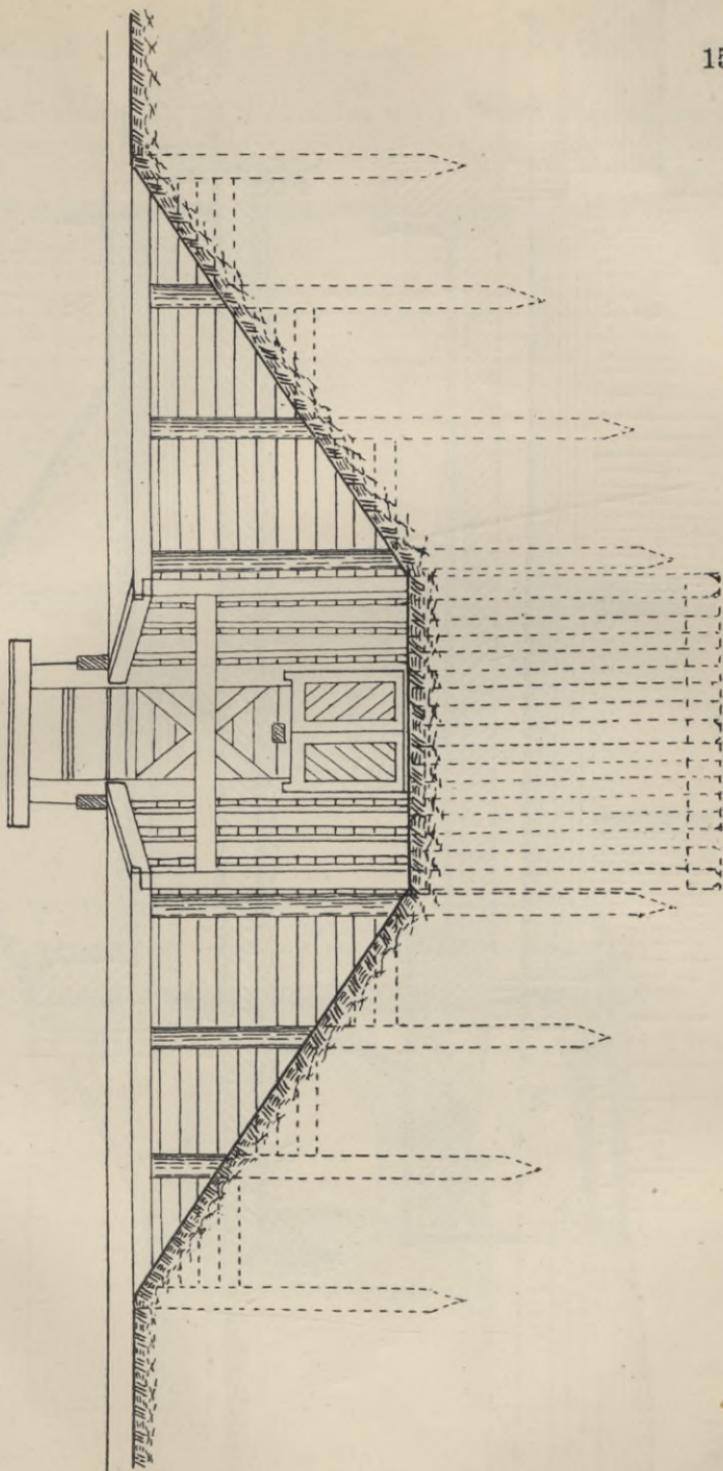


Fig. 174 c

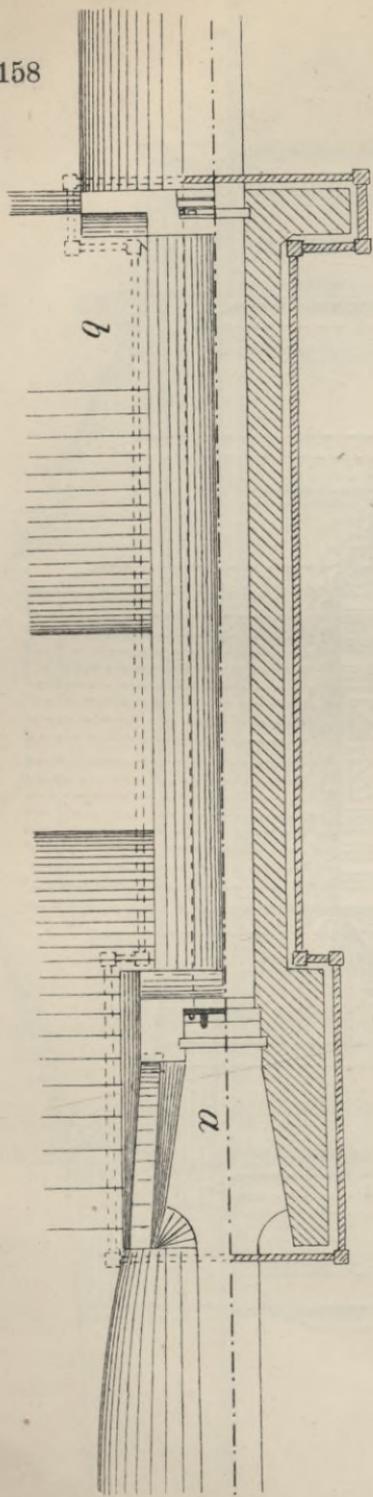
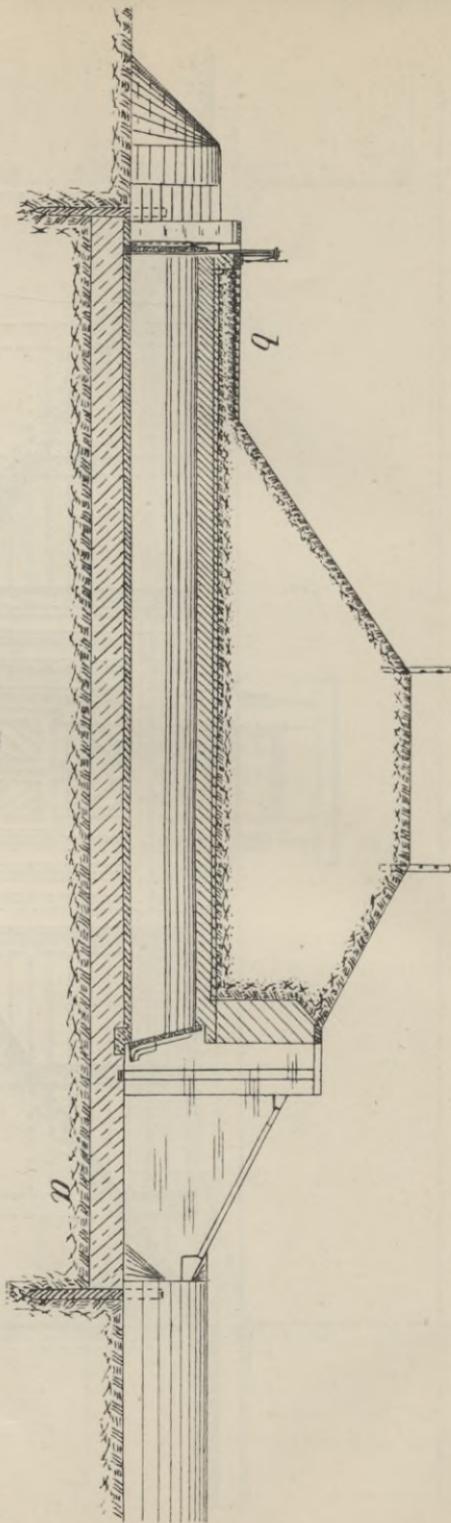


Fig. 175.



in gleichem Umfange wie bei allen Sielen von größeren Abmessungen zu treffen. Neben der Spundwand unter der Verschlussvorrichtung (Klappe

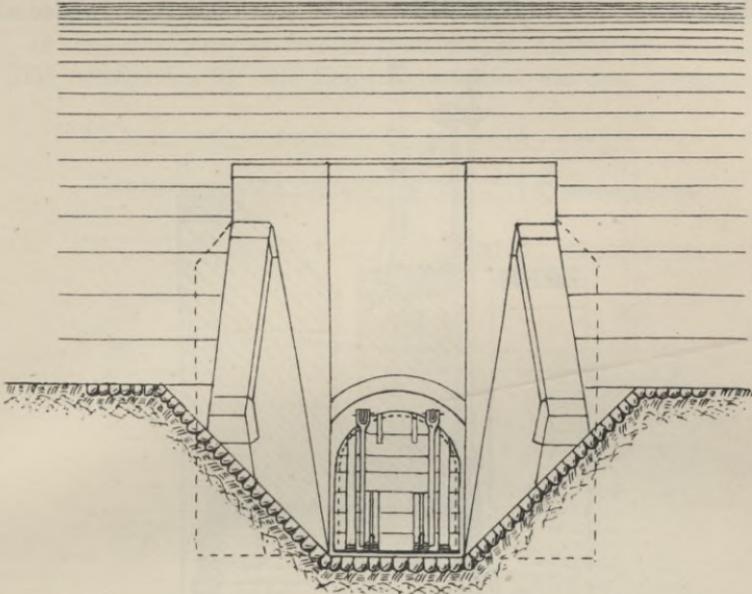


Fig. 177.

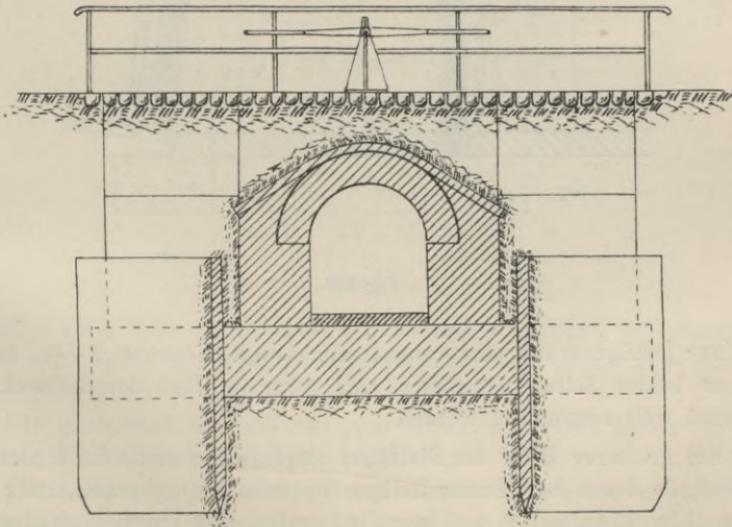


Fig. 178.

oder Tore), die *nie* fehlen darf, und einer Spundwand unter der Stirnwand des Binnenhauptes sind je nach der Bodenbeschaffenheit beide Vor-  
siele durch Spundwände abzuschließen und auch noch weitere Zwischen-  
spundwände anzuordnen (Fig. 174 *a* und *b*). Sämtliche Spundwände müssen

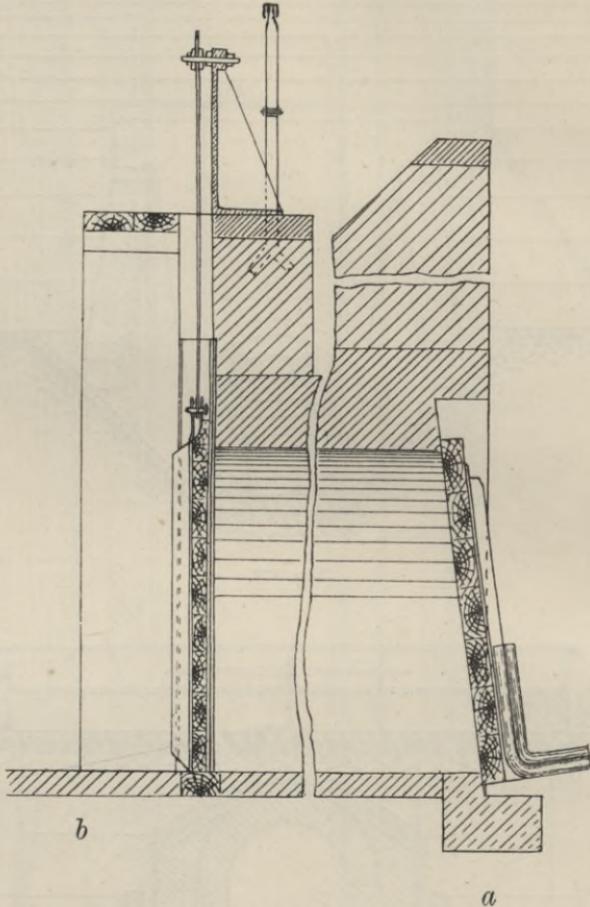


Fig. 179.

nicht nur genügend tief eingerammt sein (vergl. Wehrbau § 73), sondern auch zu beiden Seiten des Sieles, und zwar in Höhe der Sieldecke entsprechend weit ausgeführt werden.

\* Bei größerer Höhe der Sielflügel empfiehlt es sich, die eigentlichen Flügelwände durch horizontale Balken (Spannbalken) gegeneinander abzustützen (Fig. 174 *a* und *c*) und nur die parallel zum Deich laufenden Teile durch Erdanker gegen den Erddruck zu sichern (Fig. 174 *b*).

Besondere Sorgfalt ist auf die vollständige Dichtigkeit des Sielkörpers zu verwenden. Die einzelnen Bohlen oder Balken sind nicht allein tunlichst dichtschießend (gehobelt) aufeinanderzupassen, sondern sämtliche Fugen müssen auch noch kalfatert und gedichtet werden.

An und für sich ist freilich gerade beim Sielbau die Verwendung von Holz, wenigstens für alle Konstruktionsteile, die dem Wasserwechsel

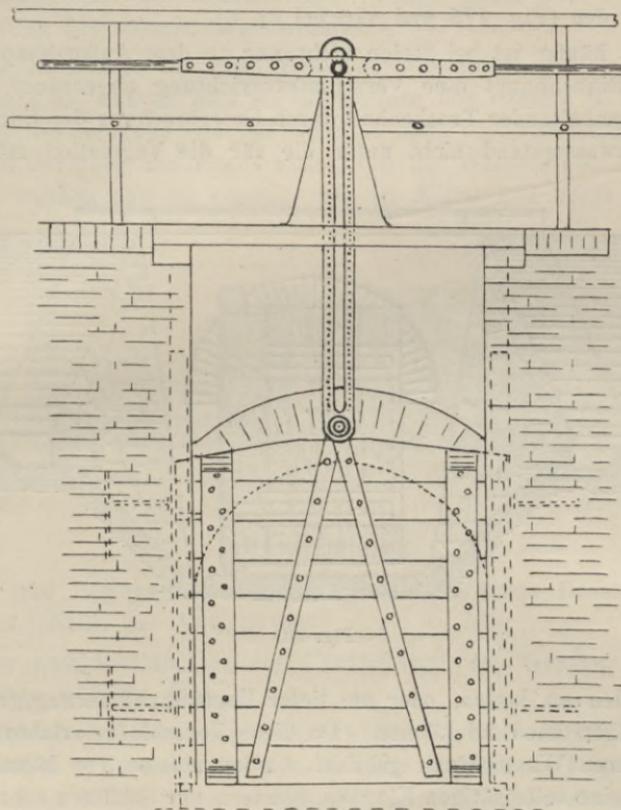


Fig. 180.

ausgesetzt sind, nicht empfehlenswert, sondern unbedingt, bei gutem Baugrunde auch selbst für kleinere Abmessungen, dem *Massivbau* stets der *Vorzug* zu geben.

Die Konstruktion eines massiven Sieles entspricht genau der eines gewölbten Durchlasses (Fig. 175—181).

Die Länge des rohrartigen eigentlichen Sielkörpers und die Ausbildung der beiden Sielhäupter ist auch hier in erster Linie von der Grabentiefe, der Höhe des Deiches, dem Neigungsverhältnis der Deich-

böschungen und der Wahl der Flügelkonstruktion (Schrägflügel oder Parallelfügel) abhängig; außerdem kommt dabei die Wahl der Verschlussvorrichtung mit in Betracht. Denn sofern diese nicht selbsttätig wirkt (Fig. 179 a), sondern bedient werden muß, so ist die Stirnwand des Aufsenhauptes so weit zurückzuziehen, daß die Aufzugsvorrichtung bei allen Wasserständen zugänglich bleibt. Befindet sich auf der Binnenseite des Deiches ein Weg, so muß natürlich das Siel auch noch unter diesem fortgeführt werden (Fig. 175 und 176 bei b).

Sehr häufig ist bei Sielen nicht nur an dem Aufsenhaupt, sondern auch am Binnenhaupt eine Verschlussvorrichtung angeordnet, um nach Bedarf bei anhaltender Trockenheit durch Unterbrechung der Entwässerung den Binnenwasserstand nicht unter die für die Vegetation erforderliche

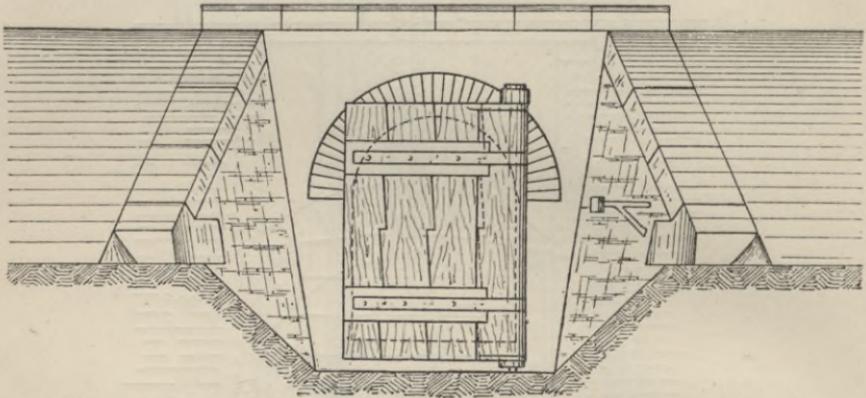


Fig. 181.

Höhe abfallen zu lassen, oder um tiefer liegende Niederungsgrundstücke zeitweise überstauen zu können. Da diese Verschlussvorrichtungen auch gegen höheren Wasserdruck geöffnet werden müssen, so können für sie natürlich keine selbsttätigen Klappen, sondern nur Schützen oder derartige Verschlüsse in Frage kommen (Fig. 179 b und 180).

Wachsen die Sielabmessungen, so werden anstatt der Klappen, welche dem ausströmenden Wasser einen erheblichen Widerstand entgegenzusetzen, hölzerne Tore (ein- und zweiflügelig) zum Verschluss angewendet (Fig. 181). Eine Stütze in der Flügelwand des Aufsenvorsieles verhindert das vollständige Aufschlagen des Tores, so daß es von dem Strom des in die Niederung eindringenden Wassers erfaßt und zugeworfen werden kann.

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

## § 54.

**Überleitungen und Dücker.** *Überleitungen* (Aquädukte) 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 § 41 angegebenen Bestimmungen über die erforderlichen lichten Maße 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.

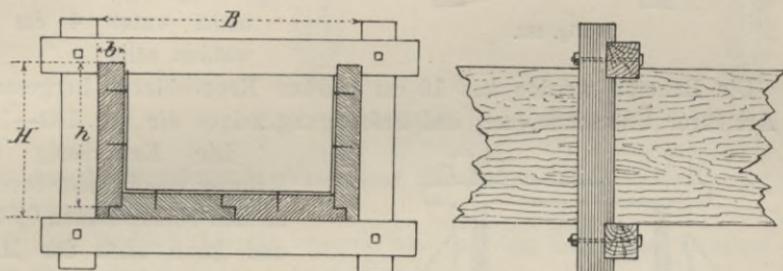


Fig. 182.

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—1½ mm starke Einlage von Eisenblech (Fig. 182) 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 unbedeutend 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. 182), und zwar hat jede dieser Bohlen die Last  $q = \frac{Q}{2}$  zu tragen.

Die Abmessungen der Bohlen ergibt dann die Formel:

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

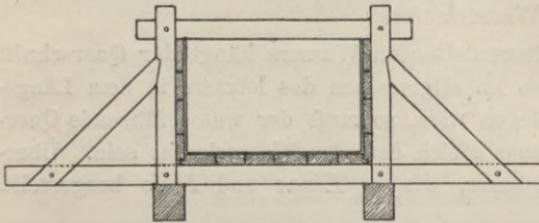


Fig. 183.

Die Rahmen werden aus 10 cm starken Kreuzhölzern hergestellt. Die Art ihrer Überschneidung und Befestigung zeigen die Fig. 182—184.

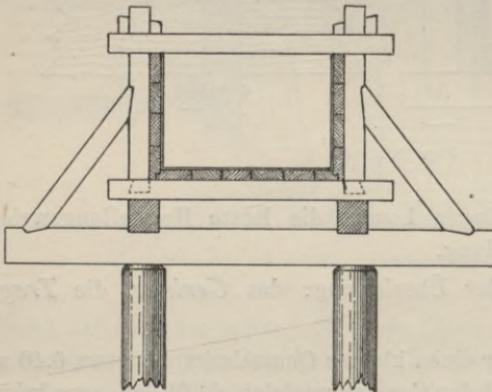


Fig. 184.

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

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

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 gröfsere 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 mufs 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. 183 und 184). 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. 185 *a* zunächst unter 2 benachbarte Rahmenhölzer 2 Unterzüge und kämmt diese auf den Jochholm auf. Eine Verstrebung der Rahmen über dem Joch ist zweckmäÙig. Die Endjoch haben nicht nur als Auflager zu dienen, sondern auch den Anschluß der Überleitung an den Wasserlauf zu vermitteln und letzteren von einem Durchbruch

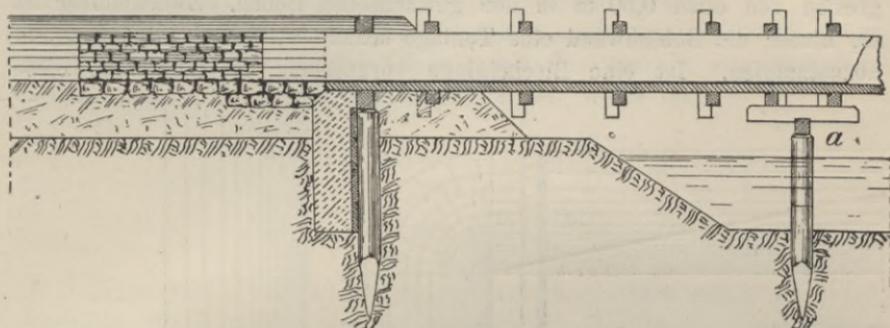


Fig. 185.

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.

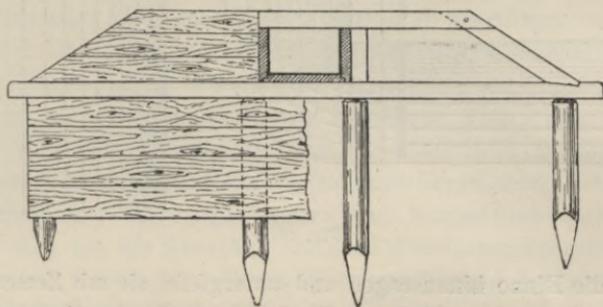


Fig. 186.

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. 185—187 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 Ramppfähle gestützt. Die Rinne kommt direkt auf den Holm zu liegen. Der Endrahmen wird durch den

Jochholm, 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 diese

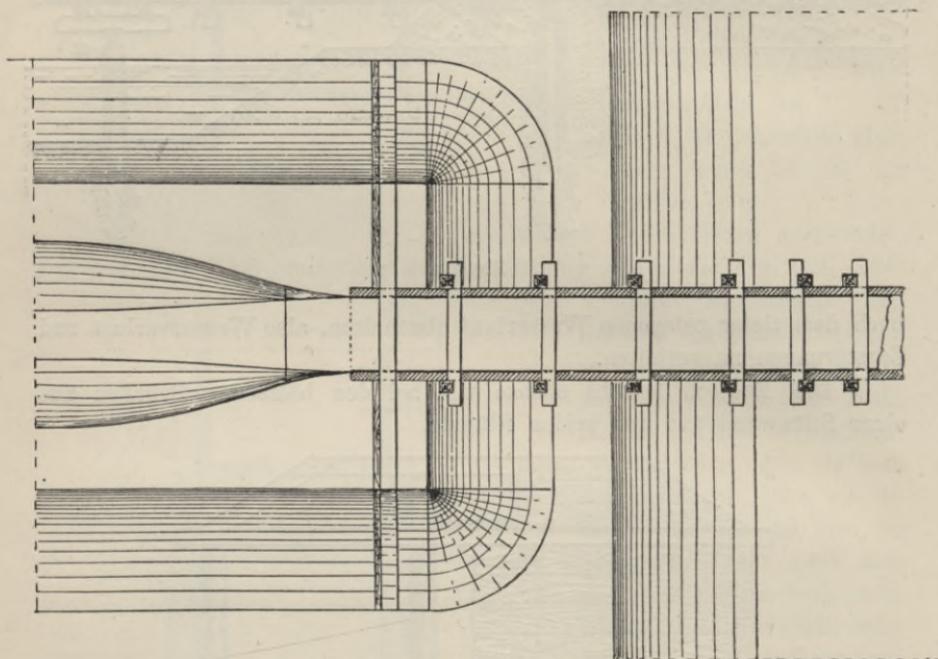


Fig. 187.

$\frac{1}{2}$  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 *Dücker*s erforderlich.

Die Dücker haben den Charakter von Durchlässen und bestehen aus dem röhrenartigen eigentlichen Durchlafskörper und zwei, oft 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 hindurchzuführen. 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 hoch liegenden 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. Handelt es sich um die Kreuzung von zwei *Entwässerungsgräben*, so wird man denjenigen unterleiten, dessen Wasserabführung den geringsten Unregelmäßigkeiten unterworfen ist.

Die Länge einer Unterleitung richtet sich in erster Linie nach der oberen Breite  $b_1$  des Wasserlaufes, unter welchem sie liegt (Fig. 188), ferner nach dem für die beiden Kopfböschungen des höher gelegenen 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*. Am zweckmäßigsten ist es, wenn irgend möglich, den Dücker ohne besonderen Fallkessel, wie in Fig. 189 dargestellt, anzulegen.

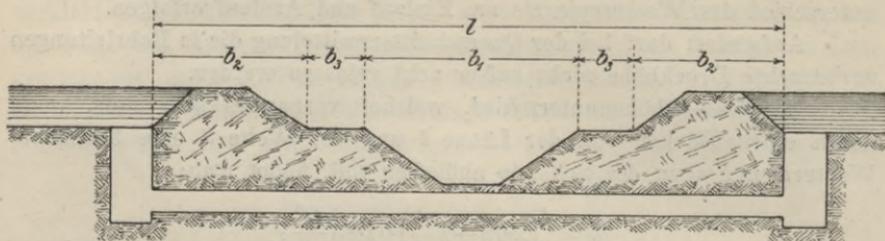


Fig. 188.

Bei kleineren Meliorationen empfiehlt sich die in Fig. 190 dargestellte Anordnung aus glasierten Tonrohren mit gemauertem (A) oder aus Rohren hergestelltem Abfallschachte (B), sofern diese überhaupt erforderlich sein sollten.



Fig. 189.

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.

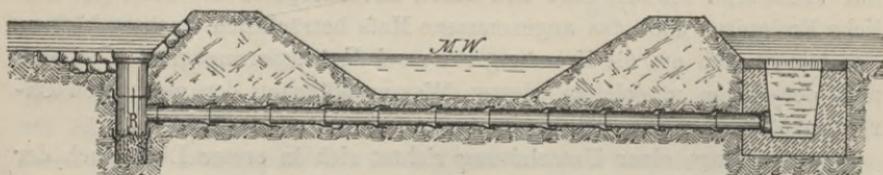


Fig. 190.

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

Ein direktes Verlegen der Rohre ist hier ebenfalls nur bei gutem Baugrunde möglich, wenn auch an und für sich bei einem Dücker die Gefahr des Versackens wesentlich geringer ist als bei einem Siel, das durch die Auflast des Deiches direkt auf Durchbiegung beansprucht wird.

Bietet der Untergrund nicht die erforderliche Sicherheit, so sind die Rohre in gleicher Weise, wie in Fig. 172 und 173 dargestellt, durch gemauerte Fundamente oder durch Schwellen und Grundpfähle zu unterstützen.

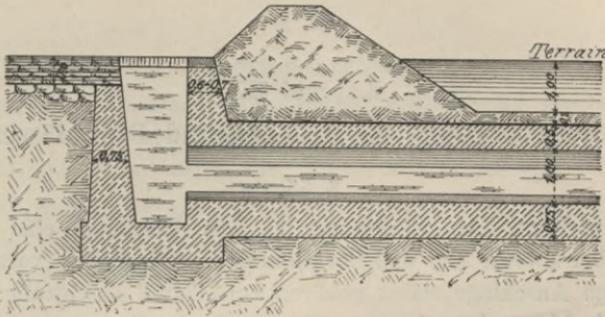


Fig. 191.

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.

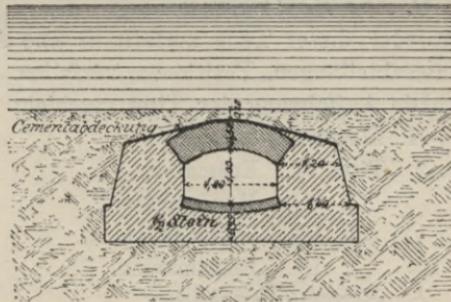


Fig. 192.

Gewölbte Dächer sind stets größere kostspielige Bauwerke nach der in Fig. 191 und 192 zur Darstellung gekommenen Anordnung.

## Kapitel IX.

### Veranschlagung von Brücken und Durchlässen.

#### § 55.

**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 Baustoffberechnung.** 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. Baustoffberechnung.**

- 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 Nutzungsentschädigungen).

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

### § 56.

#### Kostenanschlag

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

Hierzu 1 Blatt Zeichnung. (Siehe Taf. III nach S. 176.)

*Erläuterung.* Die aus Kiefernholz herzustellende Brücke überschreitet einen Graben von 2,0 m Sohlenbreite,  $1\frac{1}{2}$  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  
 $4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 16 = \dots \dots \dots 3\ 200 \text{ kg}$
2. Das Gewicht der Tragkonstruktion beträgt  
 $4 \cdot 5 \cdot 9,4 \cdot 5 = \dots \dots \dots 940 \text{ „}$

II. Nutzlast.

$$4 \cdot 5 \cdot 400 = \dots \dots \dots 8\ 000 \text{ „}$$

zusammen 12 140 kg

oder rund 12 200 „

Hiervon entfallen bei 5 Balken auf jeden der mittleren Trag-

$$\text{balken } \frac{1}{4} \cdot 12200 = \dots \dots \dots 3\ 050 \text{ kg}$$

Demnach ergibt sich die Tragbalkenhöhe

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

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

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 . 1,10 + 2,10 . 1,10 + 1,40 . 1,00 + 0,65 . 1,3) . . . . .		31,20									
	B. Oberbau.											
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. Baustoffberechnung.**Tit. I. *Mauermaterialien.*

Fehlen.

Tit. II. *Holzmaterialien.*

Pos.	Anzahl	Gegenstand	Rund- holz  cbm	Kantholz	
				zu 22/30 und 20/20 cm cbm	die übrigen cbm
1	88	lfd. m Rundholz zu A III, Pos. 1 von 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 Gelän- derstreben 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.

## C. Kostenberechnung.

Pos.	Stückzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			M	℥	M	℥
		Tit. I. <i>Erdarbeiten.</i>				
1	98	cbm lehmigen Sandboden zur Hinterfüllung der Widerlager anzuliefern, lagenweise einzukarren und festzustampfen, einschliesslich Stellung der Karren, Karrendielen usw. zu 0,75 M.	73	50		
		Zusammen Tit. I. . .			73	50
		Tit. II. <i>Mauverarbeiten</i>			}	fehlen.
		Tit. III. <i>Mauermaterialien</i>				
		Tit. IV. <i>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 dichtschiessend 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, dichtschiessend 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>℥</i>	<i>M</i>	<i>℥</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 Wassernasen 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 Verzäpfungen usw. . . . zu 1,0 M.	87	60		
11	—	Für Vorhalten der Ramme und Geräte, sowie Transport derselben von und nach der Baustelle rund 5 % der vorberechneten Arbeitskosten . . . .	24	41		
		Zusammen Tit. IV. . .			523	—
		Seitenbetrag . .			596	50

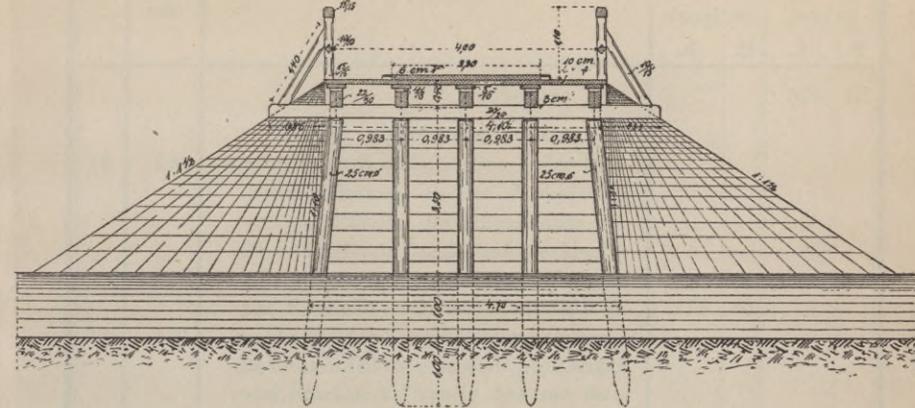
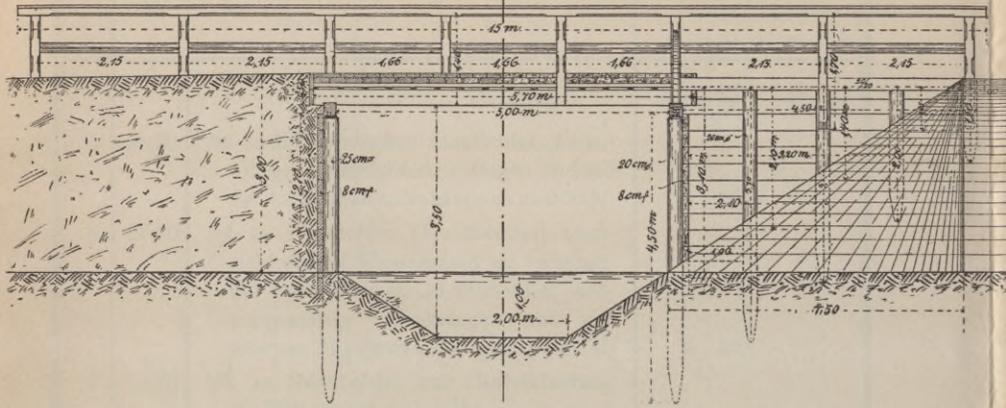


# Entwurf zu einer Wegebücke.

Schnitt A - B.

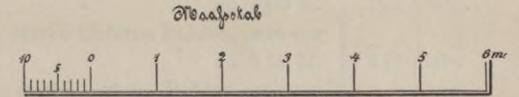
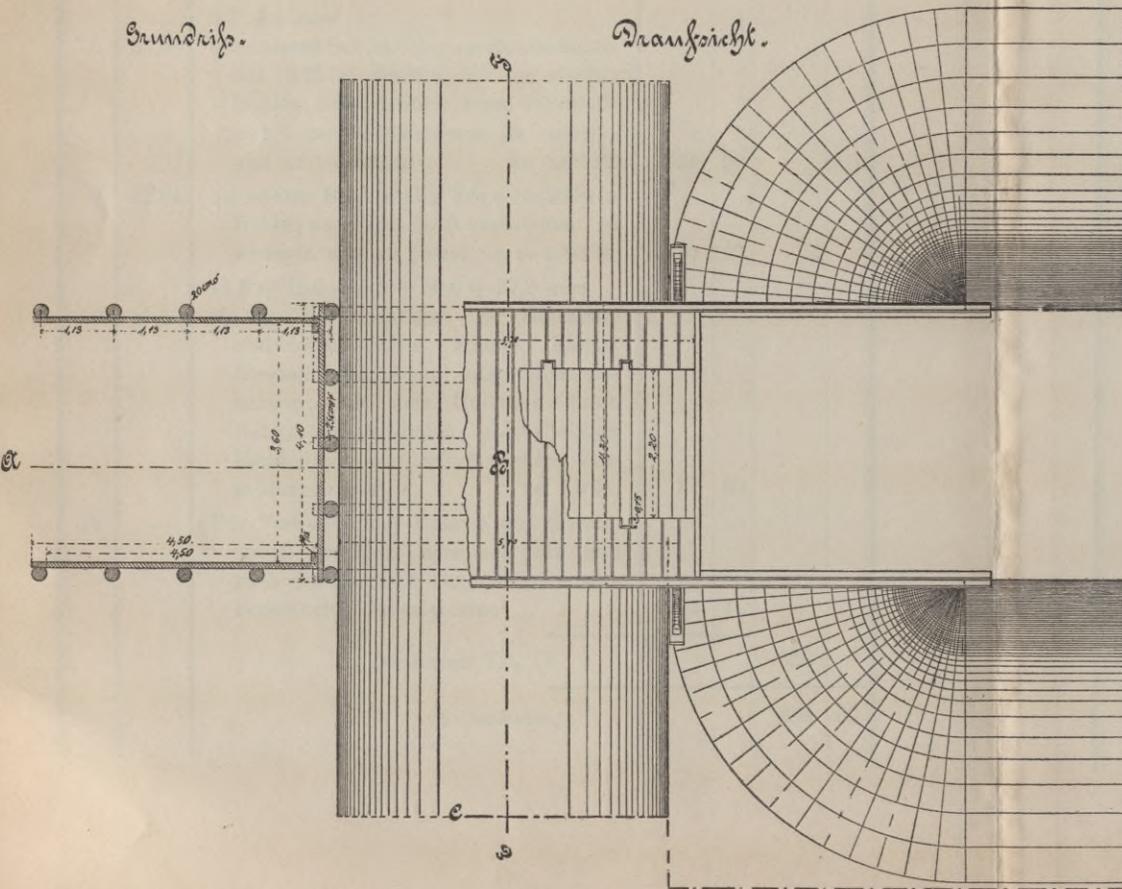
Schnitt C - D.

Schnitt E - F.



Grundriss.

Draufsicht.



Wenn Bericht vom heutigen Tage.

Datum .....

Unterschrift



Pos.	Stückzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			M	℥	M	℥
		Übertrag . .			596	50
		<i>Tit. V. Zimmermaterialien.</i>				
12	4,31	cbm Kiefern-Rundholz (Pos. 1 der Baustoffberechnung) 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 Kiefernbaupholz 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—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
		<i>Tit. VI. 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				
		Traubrett und 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	
			M	ƒ	M	ƒ
		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 usw. 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% der Tit. I—VII, sowie zur Abrundung .	179	35		
		Zusammen Tit. VIII. . .			329	35
		Gesamtkosten . .			2050	—

Pos.	Stückzahl	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			M	℥	M	℥
<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:

## § 57.

**Kostenanschlag**

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

Hierzu 1 Blatt Zeichnung. (S. Taf. IV nach S. 184).

*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—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 cbm	Beton cbm	Feldstein- mauerwerk cbm	Ziegel- mauerwerk cbm	Pflaster qm	Abdeck- platten cbm	Spundwände qm
<b>Tit. I. Erdmassen.</b>								
Da der Damm noch nicht hergestellt ist, so kommt nur der Aushub der Fundamente in Betracht.								
1	a) Durchlaß 2 (6,50 · 1,25 · 2,40) . . . . .	39,20						
	b) Flügel 4 (3,10 · 1,25 · 2,40) . . . . .	37,20						
	Zusammen . . . . .	76,40						
<b>Tit. II. Mauermassen.</b>								
2	Beton:							
	a) Durchlaß 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) Durchlaß 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) Durchlaß 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	—	—	—



**B. Baustoffberechnung.**Tit. I. *Mauermaterialien.*

(Vergl. § 30.)

Pos.	Gegenstand	Klein- schlag cbm	Feld- steine cbm	Ziegel 1000	Granit- steine cbm	Sand cbm	Zement 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 Gewölbe- mauerwerk:						
	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 %	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.

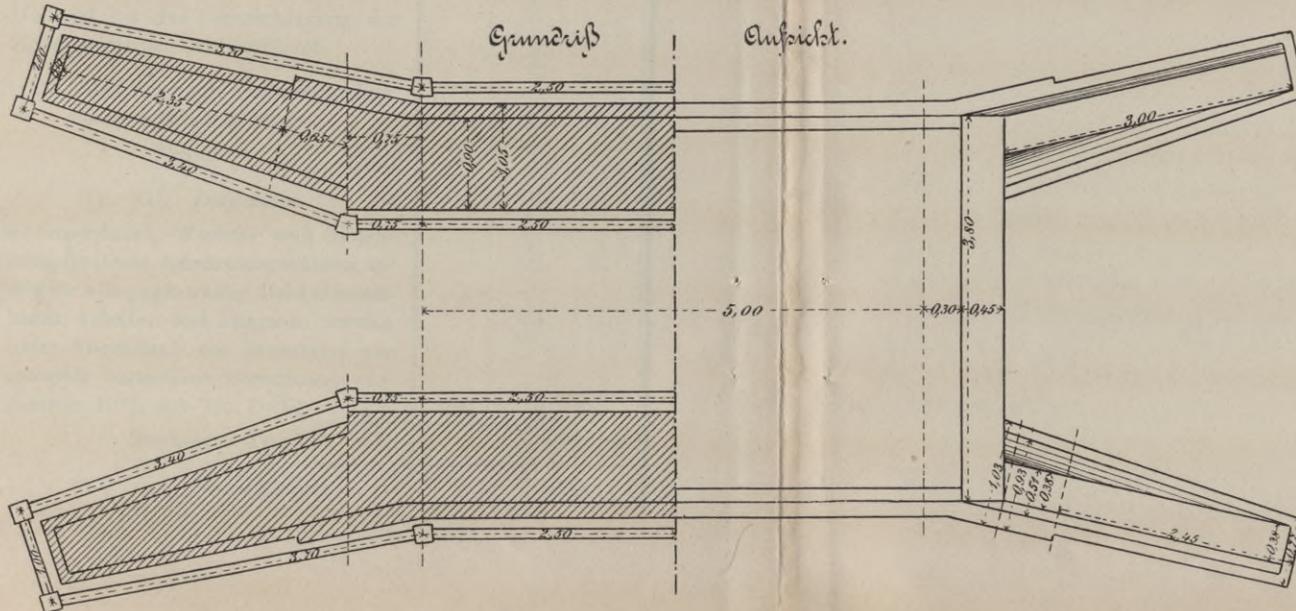
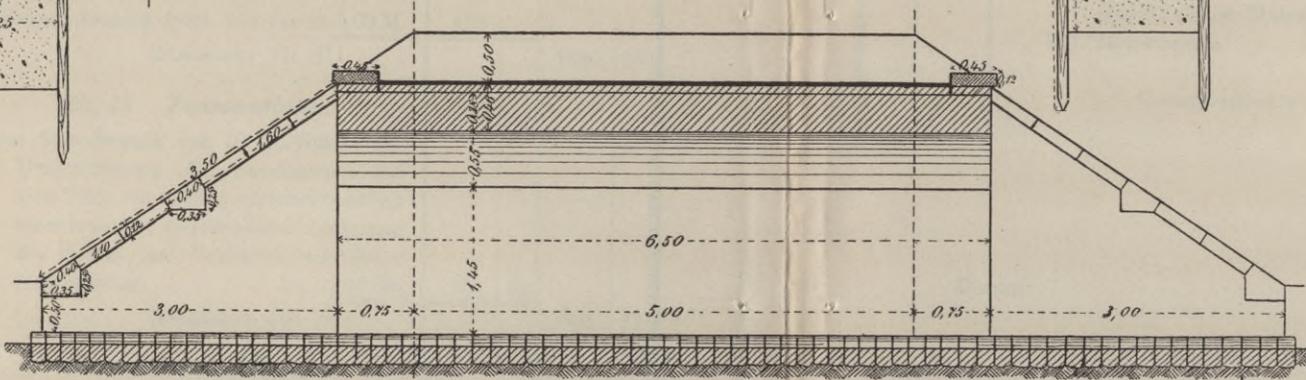
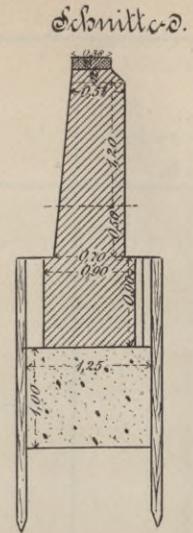
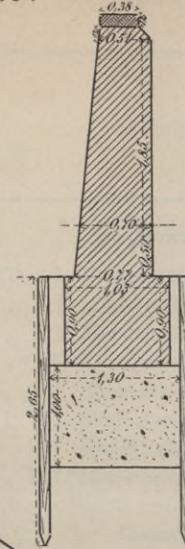
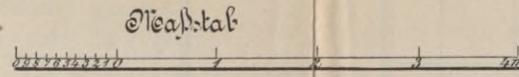
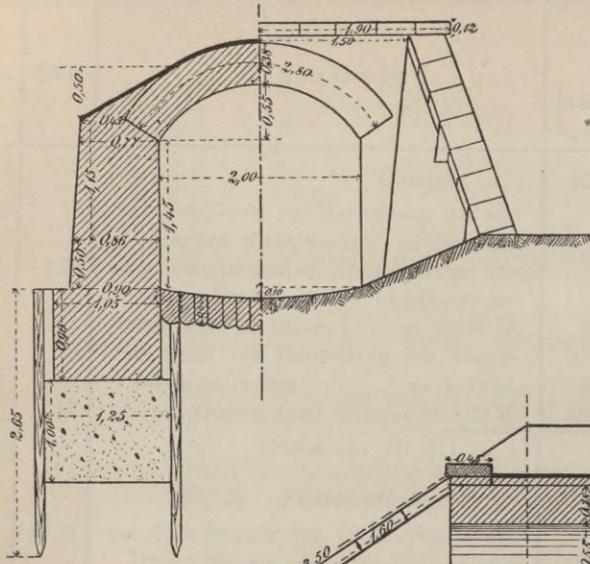
## C. Kostenberechnung.

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 Baustoffberechnung 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	
			<i>M</i>	<i>℥</i>	<i>M</i>	<i>℥</i>
		Übertrag . .	402	75	695	56
10	15	Tausend Ziegel zur Herstellung des auf- gehenden Mauerwerks . zu 30,00 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 überseh- baren Arbeiten und Ausgaben werden unter Abrundung der Bausumme zur späteren besonderen Berechnung vor- gesehen 10 % der Tit. I—VI . . .	356	37		
		Zusammen Tit. VII. . .			356	37
		Gesamtkosten . .			4200	—



# Massiver Durchlaß von 2,00m Lichtweite. Schnitt a-b.



Zum Pfostenanschlag nach heutigem Lage.

(Datum)



Pos.	Sätze	Gegenstand	Geldbetrag			
			im einzelnen		im ganzen	
			<i>M</i>	<i>℥</i>	<i>M</i>	<i>℥</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 X.

### Grundbau.

#### § 58.

**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.

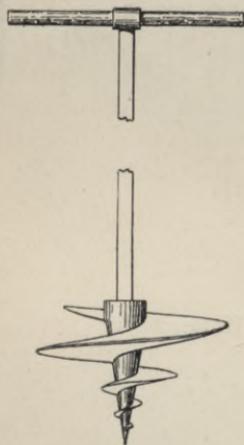


Fig. 193.

Bei Bauten untergeordneter Bedeutung wird oft ein Aufgraben der Baustelle oder die Untersuchung mittels 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 Aufschluß geben

kann. An dem Widerstande, welcher beim Eindringen 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. 193) 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.

Derartige Bohrarbeiten werden mit einem festen Gestänge ausgeführt, das mit Hilfe eines einfachen Dreibockes (Fig. 194) aufgehängt und an dessen unterem Ende der eigentliche Bohrer befestigt ist.

Das Gestänge besteht aus 3—7 cm starken vierkantigen Eisenstangen von 2—5 m Länge, die je nach Bedarf miteinander durch Schrauben verbunden werden (Fig. 195). Die erste Länge, das Kopfstück, ist am oberen

Ende mit einem Ring versehen. An diesen wird das Tau (Fig. 194 a) befestigt, durch welches das Gestänge gehoben und auch stoßweise auf- und abwärts bewegt werden kann.

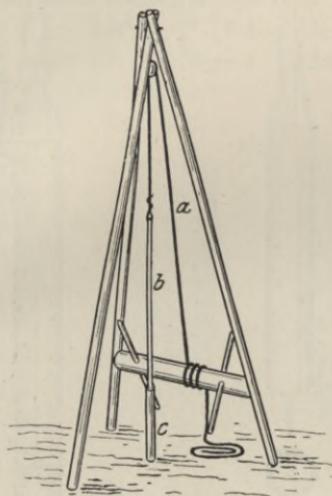


Fig. 194.  
a Tau, b Gestänge, c Bohrer.

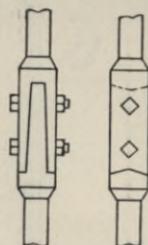


Fig. 195.

In losen Bodenarten werden die Bohrungen mittels Bohrer ausgeführt, die durch Drehen unter gleichzeitig von oben ausgeübtem Druck in den Boden eindringen und Proben der angebohrten Erdschichten beim Aufziehen zutage fördern. [Löffelbohrer (Fig. 196), Zylinderbohrer (Fig. 197), Ventilbohrer (Fig. 198) u. a. m.] Besitzt der Boden eine so geringe Standfestigkeit, daß das Einstürzen des Bohrloches zu befürchten ist, so werden Futterrohre aus Eisenblech hinuntergetrieben, welche natürlich nach Beendigung der Bohrung wieder herausgezogen werden, um wiederholt Verwendung zu finden.

Bei festeren Bodenarten und Fels kommen sogen. Meißelbohrer (Kronenbohrer, Sternbohrer) zur Anwendung, die lediglich durch Stoß wirken. Hierbei muß das durch den Bohrer zertrümmerte Material (der

Bohrschlamm) mittels besonderer Vorkehrungen (u. a. Bohrlöffel) aus dem Bohrloch herausgeschafft werden. (Siehe Abschn. VI, § 5.)

Kommt eine Fundierung auf Ramppfählen 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—4 m) als guter Baugrund, der mit 2,5—5 kg (je nach der Tiefe) auf 1 qcm belastet werden darf (Fels natürlich gegebenen-

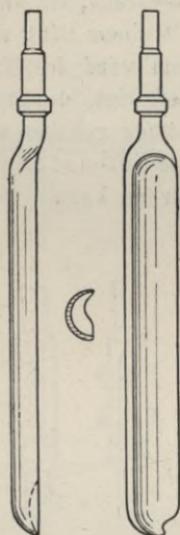


Fig. 196.



Fig. 197.



Fig. 198.

falls bis zur Grenze seiner zulässigen Druckfestigkeit — Basalt 75 kg, Basaltlava 40 kg, Granit 45 kg, Sandstein 15—30 kg, Kalkstein 25 kg); feuchter Lehm und Ton, und Sand mit Lehm und Ton gemischt als mittlerer (zulässige Beanspruchung höchstens 1 kg), und Mutterboden (Humus), Torf, Moor und jeder aufgeschüttete Boden als schlechter Baugrund.

Bei Fundierungen auf Sand und Kies unter Wasser 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 sind gegen Durchweichen zu schützen, da diese Bodenarten im nassen Zustande erheblich geringere Tragfähigkeit besitzen.

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

### § 59.

**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.

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—1½fache des Pfahldurchmessers beträgt (Fig. 199).

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

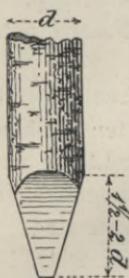


Fig. 199.

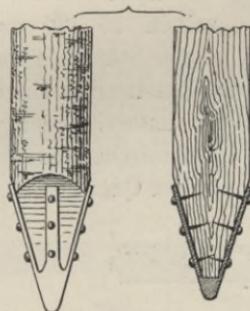


Fig. 200.

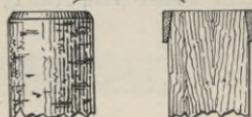


Fig. 201.

Schuhe werden entweder ganz aus Schmiedeeisen oder aus einer gußeisernen Spitze mit Backen aus Schmiedeeisen hergestellt (Fig. 200).

Der Kopf des Pfahles (Fig. 201) 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 Rammen 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; es bildet das sogen. Polster oder den Bart, der ganz erheblich die Schlagwirkung des Bären beeinträchtigt. Ist ein Polster entstanden, so muß ein neuer Kopf angeschnitten werden. Erfolgt das Rammen 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 ein-gebrannten 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—2 cm größer gewählt werden.

Sollte es sich beim Einrammen ergeben, daß 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 Pflropfholzes umfaßt (Fig. 202). Bei der Verwendung eines Dornes (Fig. 203) ist zweckmäßig eine Blechplatte einzulegen, da sonst die Fasern ineinander getrieben werden.



Fig. 202.

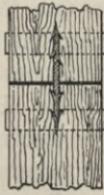


Fig. 203.

*Spundwände* bestehen aus einzelnen 25—30 cm breiten Bohlen, deren Stärke je nach der Länge ver-

schieden gewählt wird, und die durch Spundung zu einer zusammenhängenden, möglichst dichtschießenden Wand untereinander verbunden sind.

Am gebräuchlichsten ist die quadratische Spundung (Fig. 204), bei welcher Feder und Nut einen quadratischen Querschnitt von  $\frac{1}{3}$  der Bohlen-

Fig. 204.

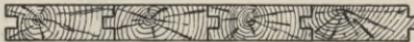


Fig. 205.

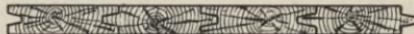


Fig. 206 a.



Fig. 206 b.

stärke als Seitenlänge erhalten. Beträgt die Bohlenstärke 10 cm und darunter, so wird die Spundung besser nach Fig. 205 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 Flacheisen oder Bandeisen nach Fig. 206 a oder läßt die Spundung ganz fort und schlägt die Bohlen nach Fig. 206 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 Eisensfeder mittels 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 mittels Holzschrauben. Natürlich muß das Eisen hierzu entsprechend durchlocht sein.

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

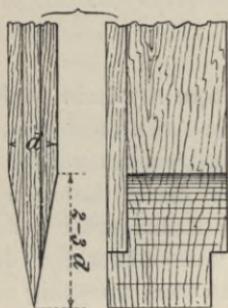


Fig. 207.



Fig. 208.



Fig. 209.

Die Spundbohlen erhalten am Fußende eine symmetrische Schneide, deren Länge gleich der 2—3fachen Bohlenstärke gewählt wird (Fig. 207). Um ein dichtes Anschließen der einzelnen Bohlen beim Rammen zu erreichen, wird vielfach die eine Seite des Fußes abgeschragt (Fig. 208).

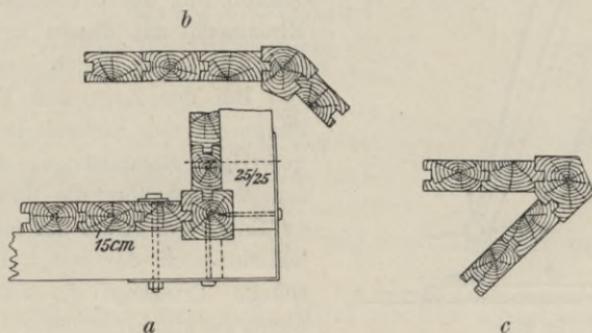


Fig. 210.

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. 209).

An den Stellen, wo sich die Richtung der Spundwand ändert, sind besondere Bundpfähle einzuschalten (Fig. 210 *a*, *b* und *c*), deren Stärke annähernd doppelt so groß wie die der Spundbohlen zu wählen ist.

Bei der Umschließung einer Baugrube durch Spundwände ist von vornherein auf die Anlage eines Pumpensumpfes zum Ausschöpfen und zur Trockenhaltung der Baugrube Bedacht zu nehmen. Zu dem Zweck muß je nach der Größe der Baugrube an einer geeigneten Stelle die Spundwand so weit nach außen verschoben werden, daß mindestens eine Fläche von 0,5 m im Quadrat neben dem Fundamentmauerwerk frei bleibt.

### § 60.

**Das Eintreiben der Grundpfähle und Spundwände erfolgt mittels Rammen.** Abgesehen von der für kleinere Arbeiten ausreichenden Handramme unterscheidet man Zugrammen, Kunstrammen und Dampf-

rammen. Jede dieser Rammen besteht aus dem Rammgerüst und der Rammstube (Schwellwerk), deren Grundrifs entweder viereckig oder dreieckig sein kann.

Die einzelnen Teile eines Rammgerüsts (Fig. 211), die zur Führung des Rammjärens *a* dienenden Läufer-  
ruten *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 Rammjäger an dem Rammtau, welches über die Ramm-scheibe *e* geführt wird. Über der Ramm-scheibe befindet sich der mit 2 Rollen versehene Triezkopf *f*, welcher dazu dient, die einzurammenden Pfähle aufzurichten und aufzustellen.

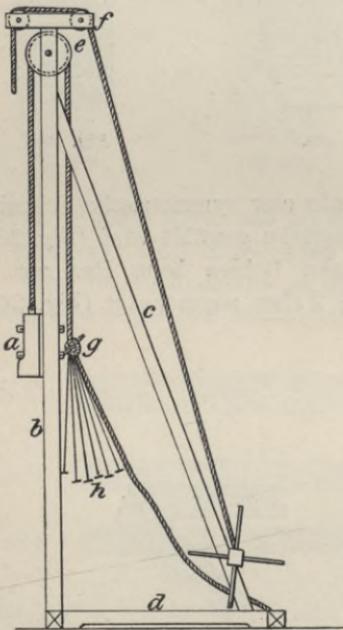


Fig. 211.

Bei der Zugramme ist in etwa 5,0 m Höhe über der Rammstube mittels einer Schlinge und eines Knebels an dem Rammtau das Kranztau *g* mit den Zugseilen *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—600 kg betragenden Bär-gewichtes.

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

gegeben (eine sogen. Hitze). Werden die Knebel so tief herabgezogen, daß sie auf die Rammstube aufschlagen (Trommelhitze), so läßt sich eine Hubhöhe von 1,75 m erzielen. (Über die Tragfähigkeit der Pfähle siehe § 64, S. 205.)

Die Kunstramme zeigt im wesentlichen dieselben Anordnungen wie die Zugramme, nur wird der Bär mittels einer Winde bis zu einer beliebigen Höhe gehoben und dann ausgelöst. Die einzelnen Schläge werden durch die grössere Fallhöhe erheblich wirksamer, so daß 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. 212) befindet sich an einem zwischen den Läufer- ruten geführten Fallblock. Wird der längere Hebelarm durch eine Zugsleine oder einen in die Läufer- rute 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 Dampf- rammern sind vornehmlich die Sisson- und Whithesche 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 Dampf- zylinder auf dem Pfahl und der auf- und abwärtsgehende Kolben erzeugt die einzelnen Schläge.

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

Sind die Pfähle tiefer als die Ramm- stube zu rammern, so verwendet man Aufsatzhölzer, welche zweckmäßig mittels eines Dornes auf dem Pfahl befestigt werden (Ramm- knecht, Jungfer). Da hierdurch aber die Schlagwirkung des Ramm- bären erheblich vermindert wird, so nimmt man bei umfangreicheren Arbeiten dieser Art besser von vornherein auf eine andere Konstruktion der Ramme selbst Bedacht.

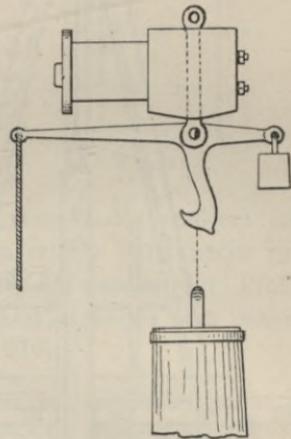


Fig. 212.

Bei sandigem und kiesigem Untergrunde hat man Pfähle wie auch selbst Spundwände mit gutem Erfolg mittels Druckwasser eingespült. Zu dem Zweck wird an dem Pfahl (Fig. 213) ein Eisenrohr von 5—7 cm lichter Weite durch Krammen leicht befestigt (nachdem der Pfahl die

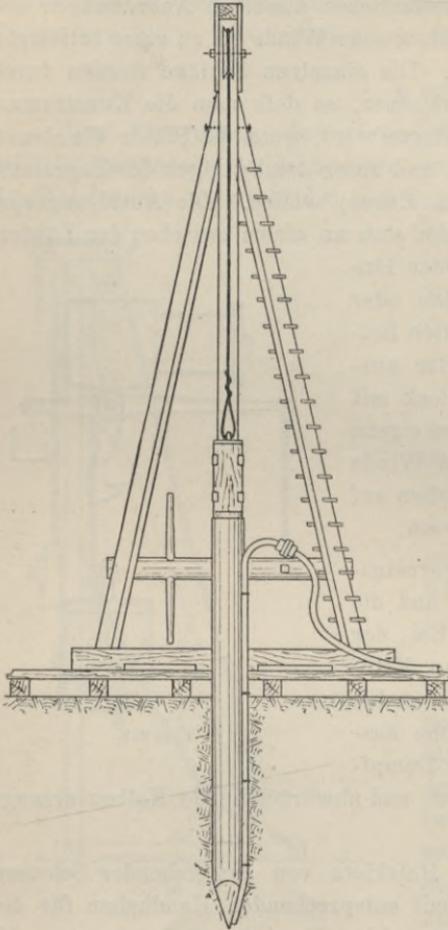


Fig. 213.

richtige Tiefe erreicht hat, muß das Eisenrohr durch Zug wieder herausgezogen werden können) und seine untere Mündung (15 bis 30 mm Weite) zur Zuführung des Druckwassers bis zur Pfahlspitze herabgeführt. Als Druck genügt vielfach schon der Druck von Spritzen und in Städten kann man meist direkt an die Wasserleitung anschließen. Oft ist eine besondere Belastung des Pfahles überhaupt nicht notwendig oder es genügt die *ruhende* Belastung durch einen nicht zu schweren Rammbar; nur selten wird man durch leichte Schläge nachhelfen oder das Einsinken einleiten müssen.

### § 61.

**Fangdämme.** Gegen offenes Wasser kann eine Baugrube nur durch Abdämmungen (Fangdämme) geschützt werden. Diese Dämme müssen im allgemeinen 30—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 sogen. einseitiger oder einfacher Fangdamm (Fig. 214). Die 1,25—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 größerer

Wassertiefe und strömendem Wasser gelangen sogen. Kastenfangdämme (Fig. 215) 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

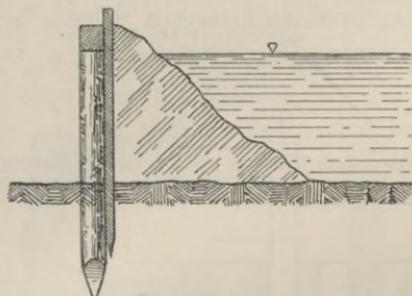


Fig. 214.

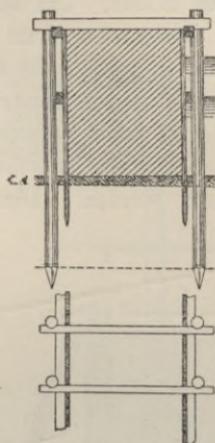


Fig. 215.

2 Reihen in der Längsrichtung 1,25—1,50 m voneinander entfernt eingerammter Pfähle, welche durch Längs- und Querhölzer miteinander verbunden sind. Zu empfehlen ist auch, an der Aufsenseite der Pfähle Längshölzer anzuordnen, die entweder durch Doppelzangen oder eiserne Zuganker miteinander verbunden werden (Fig. 216).

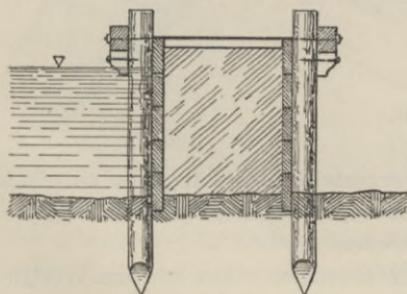


Fig. 216.

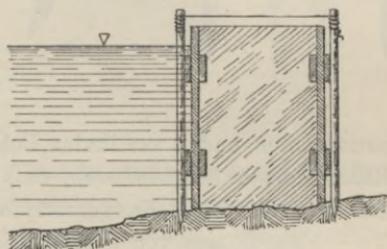


Fig. 217.

Besteht der Untergrund aus festem Gestein, so verwendet man an Stelle der Pfähle Eisenstangen von 5—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. 217).

Die beiderseitigen Holzwände der Kastenfangdämme werden entweder durch schwächere Spundwände (Fig. 215) oder aus horizontal auf der hohen Kante hinter den Pfählen hinabgeschobenen Brettern (Fig. 216)

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 sogen. Stülpwände, deren Bretter einzeln zwischen vorher eingebrachten hölzernen Rahmen herabgelassen werden. Diese Rahmen werden in einfachster Weise aus 4

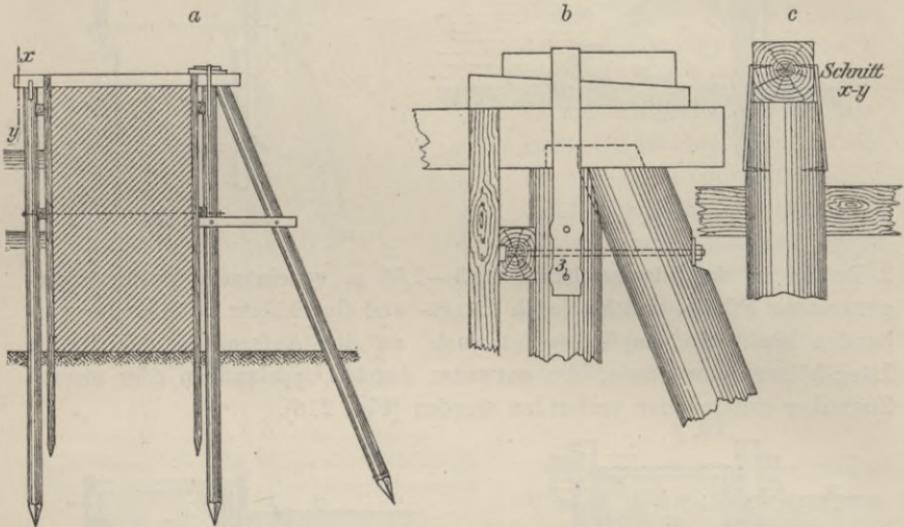


Fig. 218.

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 Fangdampffahles treffen.

Fangdämme von großer Höhe, die besonders einem starken Wechsel des Wasserstandes ausgesetzt sind, müssen abgestützt werden. In den Fig. 218 *a*, *b* und *c* ist eine derartige Konstruktion dargestellt.

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 Schlufs der Holzwände gröfserer Wert zu legen.

§ 62.

**Das Ausbaggern der Baugrube.** Bis zum Grundwasserspiegel und auch noch 20—30 cm tiefer kann der Boden mittels Spatens gelöst und beliebig gefördert werden. Zur Beseitigung der tiefer liegenden Schichten dienen die Baggerwerkzeuge. Der Sackbagger (Fig. 219 und 369) und der einfache Handbagger (Fig. 220) 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

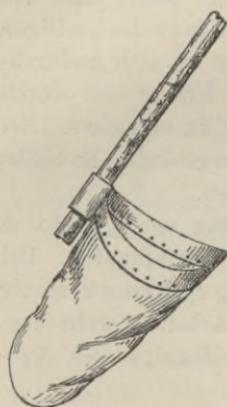
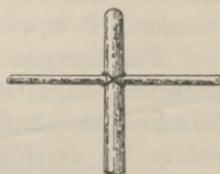


Fig. 219.

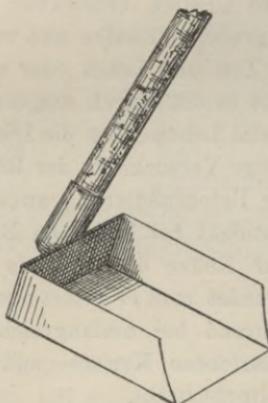


Fig. 220.



Fig. 221.

dient der Sackbohrer (Fig. 221). 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 Bagersack befestigt ist. Durch Drehen des Bohrers füllt sich der Sack.

Bei allen gröfseren Baugruben, wo es sich um die Bewältigung gröfserer Erdmassen handelt, müssen Eimerbagger mit senkrechter oder geneigter Baggerleiter für Hand oder für Dampfbetrieb, sowie auch Kranbagger mit Exkavatoren zur Anwendung kommen.

§ 63.

**Trockenlegung der Baugrube.** Die Menge des auszuschöpfenden Wassers ist nicht allein von der Gröfse der Baugrube, sondern vornehm-

lich 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 auferhalb der eigentlichen Baustelle, indem man an der für die Aufstellung der Pumpen geeigneten Stelle durch Erweiterung oder Ausbuchtung der Baugrube einen besonderen Pumpensumpf herstellt. (Vergl. S. 192).

Das Leerpumpen der Baugrube ist stets mit grofser 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—1,0 m Tiefe mittels gewöhnlicher Eimer oder mittels der Wurfschaufel. Bei gröfseren Ausführungen wendet man *Wasserschnecken*, *Paternosterwerke* und *Baupumpen* an, während bei umfangreicheren Arbeiten wohl ausschliesslich mit Dampf betriebene Kreisel- und Zentrifugalpumpen Verwendung finden (siehe Kulturtechnik).

## § 64.

**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 Fundamenteile, 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, dafs 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—1,5 m tief unter Grund führen. Fundamentmauern werden, auch wenn sie dem Wasser nicht ausgesetzt sind, zweckmäßig 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

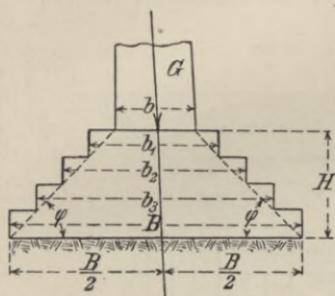


Fig. 222.

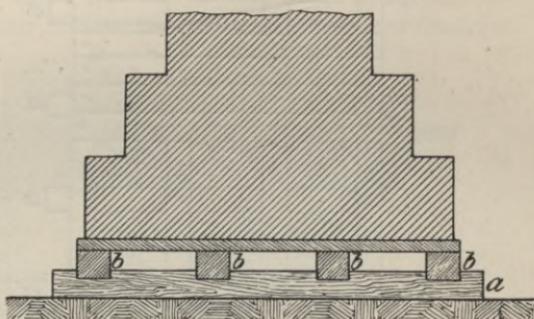


Fig. 223.

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, diese 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 so weit 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) Tieferführen der Fundamente unter gleichzeitiger Verbreiterung der Mauer selbst.

Sofern der Winkel  $\varphi$  (Fig. 222) kleiner bleibt als  $45^\circ$  (besser sogar  $60^\circ$ ), berechnet sich die Beanspruchung des Untergrundes für die Längeneinheit zu:

$$p \cdot B = G + H \cdot \left( \frac{b_1 + b_2 + b_3 + B}{4} \right) \gamma$$

unter der Voraussetzung, daß die Last  $G$  vertikal die Mitte der Fundamentsohle trifft. Ist dies nicht der Fall, so findet die Druckverteilung wieder nach einem Trapez statt und die Beanspruchung des Untergrundes ist dementsprechend zu ermitteln (vergl. Kap. VI, Brückenbau, S. 116).

b) Verbreiterung durch den *liegenden Rost* (Schwellrost), vornehmlich um eine tunlichst gleichmäßige Verteilung der Last auf den Untergrund sicherzustellen. Hierzu ist es erforderlich, daß das Schwellwerk dauernd unter Wasser liegt. Auf 1 m von Mitte zu Mitte entfernten Querschwellen  $a$  (Fig. 223), welche als Zangen dienen, werden die Haupt-

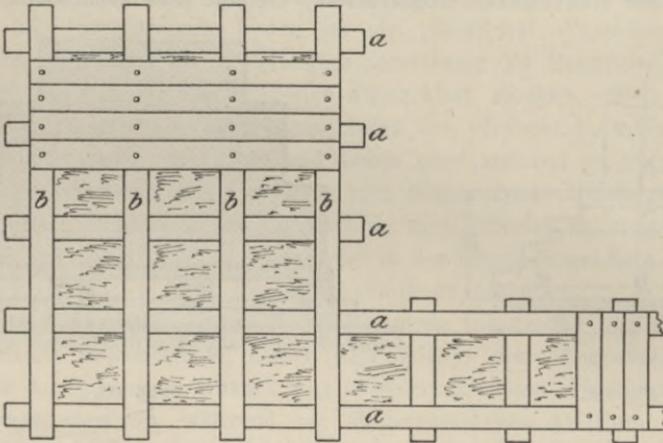


Fig. 224.

oder Längsschwellen  $b$  (0,20—0,30 m stark) in Abständen von 1,0—1,5 m aufgekämmt. Über die Längsschwellen werden 5—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 ausgefüllt. Stöße der Längsschwellen werden über den Querschwellen angeordnet. An den Ecken werden zweckmäßig die Zangen des einen Teils zu Längsschwellen des anderen (Fig. 224). Ist wegen starken Zudranges von Grundwasser die Baugrube durch eine Spundwand abgeschlossen worden, so darf diese mit keinem Teile des Schwellrostes in Verbindung stehen.

c) 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. 225) 1,0—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.

Auch hier wird, wie bei der Verbreiterung der Fundamentmauern, durch die Sandlage der Druck auf eine gröfsere Breite der tiefer liegenden Bodenschicht übertragen. Die erforderliche Stärke der Sandschüttung ( $H$ ), um die zulässige Beanspruchung des Untergrundes ( $p$ ) nicht zu überschreiten, ist von dem natürlichen Böschungswinkel ( $\varphi$ ) des zur Verwendung kommenden Materials abhängig; für die Längeneinheit ist wieder:

$$p \cdot B = G + B \cdot (H + a) \cdot \gamma_e,$$

worin  $B = b + 2H \tan \varphi$ .

4. *Betonfundierung.* Kann die Baugrube nicht trockengelegt werden, so erfolgt die Gründung mittels Betons unter Wasser. Zunächst

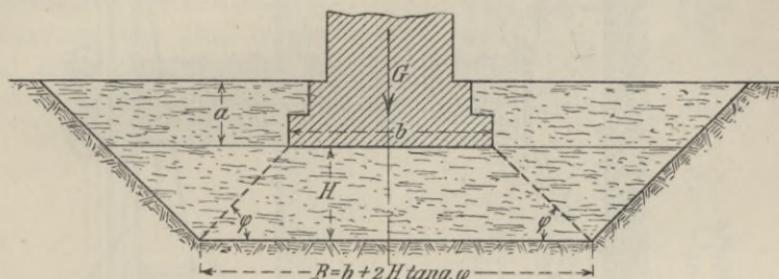


Fig. 225.

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 leergepumpt werden kann.

Die Stärke des Betonbettes, welche natürlich von der Gröfse der Baugrube und der Druckhöhe des Aufsenwassers abhängig ist, muß unbedingt ausreichen, um dem Auftriebe beim Leerpumpen Widerstand zu leisten. Für die bei landwirtschaftlichen Wasserbauwerken vorkommenden Fundierungen werden in der Regel gröfsere Stärken des Betonbettes als 0,75—1,0 m nicht erforderlich sein.

Das Betonbett muß man rasch und ohne Unterbrechung in einzelnen gleich hohen (0,3—1,0 m) Schichten einbringen. Das Versenken soll möglichst in geschlossenen Massen stattfinden, so daß der Mörtel nicht aus dem Beton ausgespült werden kann. Dies läfst sich bei gröfseren Wassertiefen nur durch besondere Vorkehrungen erreichen. Am zweckmäfsigsten ist die Anwendung eines senkrecht gestellten Trichters (Fig. 226),

welcher den hineingekarrten Beton ohne jede Berührung mit dem Wasser bis auf die Sohle hinabgleiten läßt. Beim Beginne der Arbeit muß der

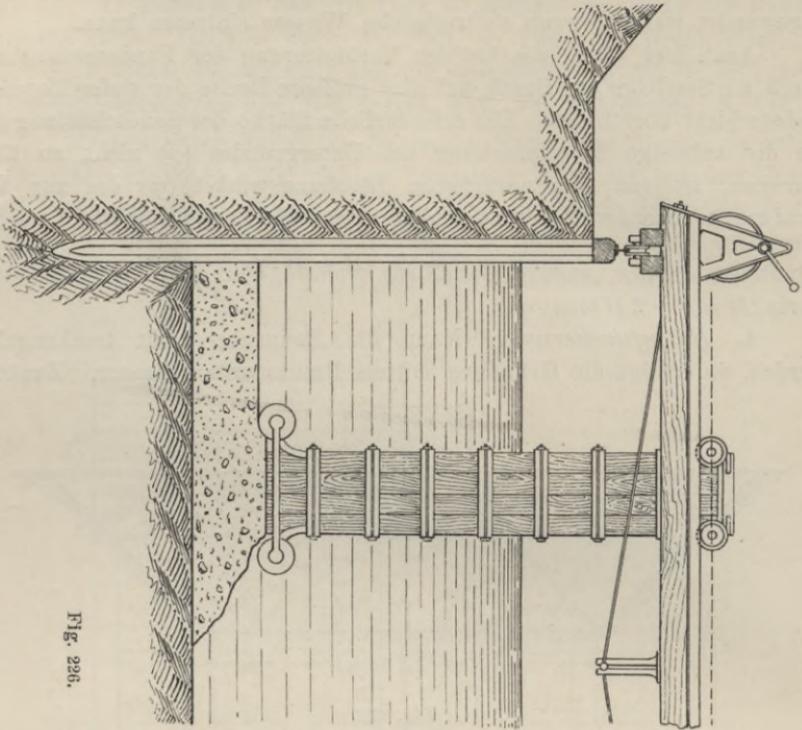
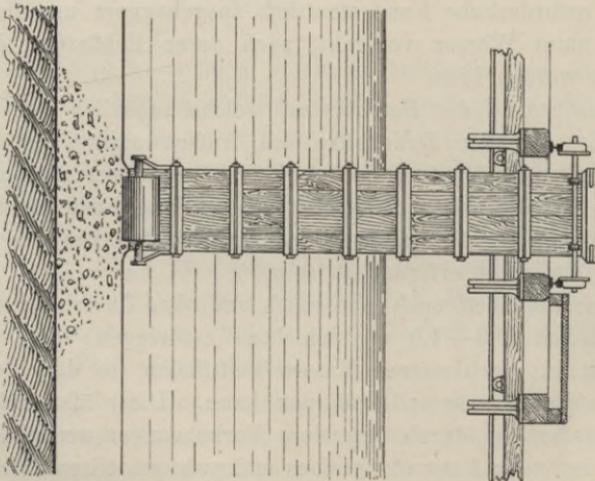


Fig. 226.



Trichter in einer Ecke der Baugrube zunächst bis zur Wasserspiegelhöhe vorsichtig mittels 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 mittels Senkkasten, die mit Bodenklappen versehen sind, hergestellt (Fig. 227). Die Klappen werden durch einen Haken geschlossen, der durch eine Zugleine ausgelöst wird, sobald der Kasten den Boden erreicht hat.

Das Auspumpen der Baugrube darf erst nach vollständiger Erhärtung des Betons (nach 8—14 Tagen) vorgenommen werden. Besitzt die Baugrube eine größere Tiefe, so sind die Spundwände gegeneinander abzuspreizen, um dem Wasser- und Erddruck Widerstand leisten zu können.

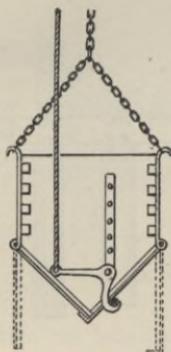


Fig. 227.

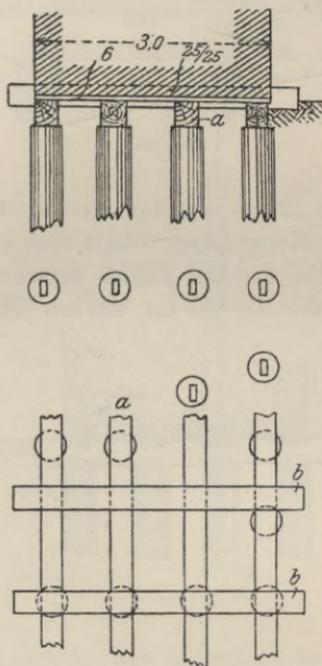


Fig. 228.

**5. Pfahlrost.** Der Pfahlrost, dessen gesamtes Holzwerk dauernd unter Wasser liegen muß, darf daher nur dort zur Anwendung kommen, wo es möglich ist, den Grundwasserstand (oder den Niedrigwasserstand) *vorübergehend* so weit abzusenken, daß die Zapfen an die Pfähle angeschnitten und der Rost ordnungsmäßig verlegt werden kann. Eine Pfahlrostfundierung ist zu wählen, 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 Reibungswiderstand bietet, daß 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. 228). Ihre Entfernung voneinander richtet sich nach der zu tragenden Last und der freien Pfahlhöhe über dem festen Boden. Für gewöhnlich kann der Pfahl mit 40—50 kg für das Quadratcentimeter Querschnittsfläche belastet werden, wenn die Druckrichtung mit der Längsrichtung des Pfahles zusammenfällt. Pfähle von 5

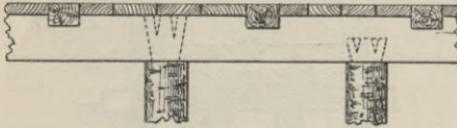


Fig. 229.

bis 6 m Länge und darunter werden 26 cm stark genommen. Für jedes weitere Meter Länge wählt man eine um je 1 cm grössere Stärke.

Auf den mit Zapfen versehenen Pfählen einer und derselben Reihe liegen die 25—35 cm starken Grundswellen. Bei Schleusen, wo der

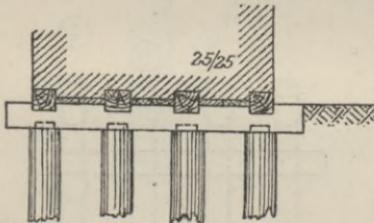


Fig. 230.

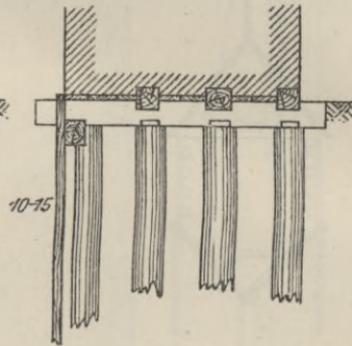


Fig. 231.

Auftrieb des Wassers das Schwellwerk von den Pfählen abzuheben bestrebt ist, wird die Verbindung zwischen Grundschwelle und Pfahl mittels des Grundzapfens hergestellt (Fig. 229).

Senkrecht zu den Grundswellen *a* liegen in Abständen von 1—2 Pfahlreihen voneinander die Zangen *b*, entweder bündig mit der Oberfläche des Bohlenbelages, oder besser über dieselbe hinausragend. Zwischen den Zangen wird der 7—10 cm starke Bohlenbelag auf die Grundswellen aufgenagelt. Da der Bohlenbelag des Rostes zweckmäÙig durchweg in derselben Höhe liegen muÙ, so werden bei Endwiderlagern von Brücken unter den Flügeln an Stelle der Zangen Querswellen direkt auf die

Pfähle gelegt und die Längsschwellen in Höhe des Bohlenbelages angeordnet (Fig. 230 und 231).

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. 232).

Eine derartige Ausführung kommt in Frage, wenn an sich die Bedingungen für eine Pfahlrostfundierung vorliegen, der Grundwasserstand aber vorübergehend nicht weit genug abgesenkt werden kann. Die Pfähle müssen dann in der erforderlichen Höhe unter Wasser abgeschnitten werden. Es geschieht dies am besten mit einer Kreissäge, die sich an einer so langen vertikalen Welle befindet, dass sie von einem Laufsteg

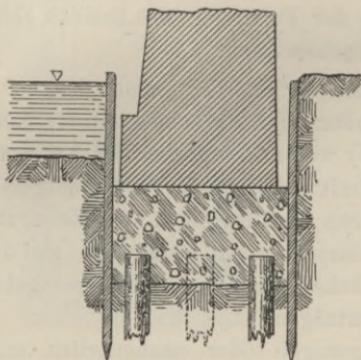


Fig. 232.

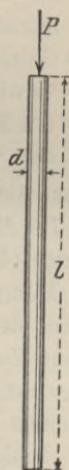


Fig. 233.

aus bequem an jede Stelle des Pfahles angesetzt und maschinell betrieben werden kann.

Die Tragfähigkeit eines Pfahles ist verschieden, je nachdem er die Last nur direkt auf eine tiefer liegende Schicht zu übertragen hat oder durch die Reibungswiderstände, die er auf seiner ganzen Länge im Boden findet, selbst aufnehmen muss.

Im ersteren Fall ist der Pfahl ein in seiner Längsachse beanspruchter Balken, dessen zulässige Belastung sich aus der Formel ergibt:

$$F = \frac{P \cdot n}{k} \quad (\text{vergl. Kap. VII, Holzbrücken, S. 131}),$$

worin wieder  $n$  der vom Verhältnis  $\frac{l}{n}$  abhängige Koeffizient ist (Werte  $n$  s. S. 132).

Ein 25 cm starker Rumpfpfahl aus Kiefernholz, der 5 m frei steht (Fig. 233), darf demnach belastet werden mit:

$$P = \frac{F \cdot k}{n} = \frac{490 \cdot 60}{6,12} = 4200 \text{ kg.}$$

Trägt der Pfahl selbst durch seine Reibung, so wird die zulässige Beanspruchung desselben nach der Brixschen Formel berechnet:

$$P = \frac{1}{m} \cdot \frac{h}{e} \left( \frac{G}{G + g} \right)^2 \cdot g \text{ kg.}$$

Hierin bedeutet:

- $h$  = Fallhöhe des Bären in den letzten 10 Schlägen,
- $e$  = die Eindringungstiefe des Pfahles bei je einem Schlage der letzten 10 Schläge (das letzte „Ziehen“ des Pfahles),
- $G$  = Gewicht des Bären,
- $g$  = Gewicht des gerammten Pfahles,
- $m$  = ein Koeffizient, der von der Festigkeit des Bodens abhängt, und von 3 auf 8 heraufgehen kann.

Trotzdem die reinen Arbeitskosten für das Einrammen bei der Zugramme (6,0—7,0 M. für 1 m eingerammten Pfahl) und selbst noch bei der Kunstramme (4,0—5,0 M. für 1 m) wesentlich teurer als bei der Verwendung der Dampfrahmen (durchschnittlich 1,50 M. und weniger) sind, so kommen bei den immerhin kleineren Ausführungen der Meliorationen doch meist nur Zugrammen und Kunstrammen in Frage, da sie die bedeutenden Anschaffungskosten bzw. hohen Leih- und Transportgebühren der Dampfrahmen nicht zu tragen vermögen.

Müssen Pfähle wieder herausgezogen oder nachträglich entfernt werden (Fangdämme, Spundwände u. a. m.), so gelingt dies bei weniger festsitzenden Pfählen oft schon mittels gewöhnlicher *Wagenwinden*, sonst gebraucht man *hölzerne* oder *eiserne Schrauben*, sowie besonders zu dem Zweck konstruierte *hydraulische Pressen*. Sehr gute Erfolge hat man auch mit dem *Wuchtebaum*, jedem beliebigen genügend starken Balken, der nach Art eines ungleicharmigen Hebels zur Anwendung kommt, wobei der Unterstützungspunkt tunlichst weit an das eine Ende in die Nähe des ausziehenden Pfahles gelegt ist. Bei einiger Länge des Balkens genügt meistens schon das Gewicht des längeren freien Balkenendes, um den durch eine Kette an dem kurzen Balkenende befestigten Pfahl herauszuziehen, besonders wenn man den Zug dauernd längere Zeit (24 Stunden und mehr) wirken läßt und die Lockerung des Pfahles zeitweise durch Schläge gegen den Pfahl unterstützt.

**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 durch entsprechende Beschwerung so tief versenkt werden, bis die tragfähige Schicht erreicht ist.

Solange die Trockenhaltung des inneren Brunnenraumes durch Pumpen usw. 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 (Fig. 221) unter Wasser gefördert. Bei Brunnen von größerer Grundfläche und Tiefe kommen Eimerbagger mit senkrechter Baggerleiter zur Verwendung.

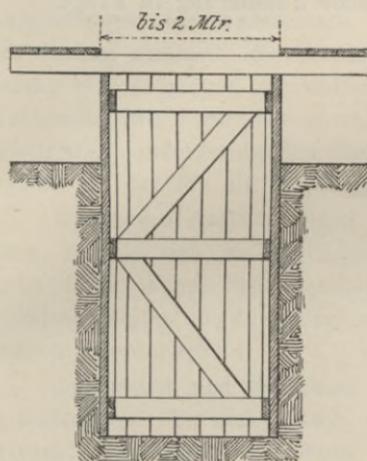


Fig. 234.

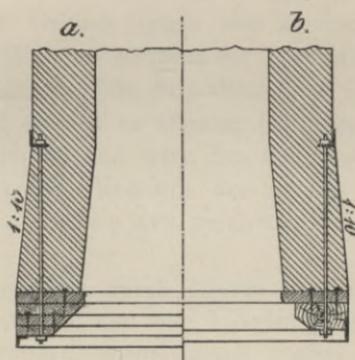


Fig. 235.

Der Mantel eines Senkbrunnens kann aus Holz, Stein oder Eisen bestehen.

Die hölzernen Senkbrunnen oder Senkpfiler (Fig. 234) werden bis zu einer Breite von 2 m aus 3—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 sogen. Brunnenkranz, der für geringere Dimensionen aus

mehreren Bohlenlagen oder aus Bohlenlagen in Verbindung mit stärkeren Hölzern hergestellt wird (Fig. 235 *a* und *b*). Zweckmäsig erhalten die hölzernen Kränze eiserne Schneiden aus Winkeleisen oder hochkant herumgelegtem Flacheisen. Der untere Teil des Mantels wird gewöhnlich etwa auf 2—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 XI.

### Ausbau der Wasserläufe.

#### § 65.

**Allgemeines.** Bei den im Landeskulturinteresse auszuführenden Regulierungen der Wasserläufe, einschliesslich des Uferbaues, handelt es sich darum, einerseits die in den Gräben, Bächen usw. zum Abflufs 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 Kenntniss der zu den verschiedenen Zeiten von den einzelnen Gräben, Bächen usw. 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 gefährvollen 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 mittels der Ganguillet-Kutterschen oder einer anderen Formel die Wassermassen bestimmen (vergl. Teil I, Abschn. III, § 97); fehlen aber auch derartige Unterlagen, so ist man darauf angewiesen, aus der Gröfse des Niederschlagsgebietes die abzuführende Wassermenge zu ermitteln.

Darauf, dafs die von 1 qkm abfliessende Wassermenge je nach der Gröfse des Niederschlagsgebietes und der Gestaltung desselben eine verschiedene ist, wurde bereits sowohl in der Hydrodynamik (Teil I, § 110), wie auch beim Brückenbau (S. 104) hingewiesen. 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.

Als Anhalt für derartige Ermittlungen können für die deutschen Flüsse nachstehende Werte zugrunde gelegt werden:

### Abflussmengen in Sek.-Liter von 1 qkm Niederschlagsgebiet.

#### A. Flachland.

##### 1. Niederschlagsgebiet bis 50 qkm groß.

a) Niedrigwasser . . . . .	0,40 und weniger
b) Mittelwasser . . . . .	6—7
c) Gewöhnliches Hochwasser . . . . .	80—100
d) Höhere Fluten, abgesehen von Katastrophen . . . . .	225

##### 2. Niederschlagsgebiet bis 100 qkm.

a) Niedrigwasser . . . . .	0,60 und weniger
b) Mittelwasser . . . . .	6—7
c) Gewöhnliches Hochwasser . . . . .	70—90
d) Höhere Fluten, abgesehen von Katastrophen . . . . .	200

##### 3. Niederschlagsgebiet bis 500 qkm.

a) Niedrigwasser . . . . .	1,00—1,25
b) Mittelwasser . . . . .	6—7
c) Gewöhnliches Hochwasser . . . . .	50—60
d) Höhere Fluten, abgesehen von Katastrophen . . . . .	150

##### 4. Niederschlagsgebiet bis 1000 qkm.

a) Niedrigwasser . . . . .	1,50—2,00
b) Mittelwasser . . . . .	6—7
c) Gewöhnliches Hochwasser . . . . .	30—40
d) Höhere Fluten, abgesehen von Katastrophen . . . . .	100

#### 5. Größere Gebiete.

a) Niedrigwasser . . . . .	2,50—2,70
b) Mittelwasser . . . . .	6—7
c) Hochwasser . . . . .	27

#### B. Hügelland.

##### 1. Niederschlagsgebiet unter 50 qkm.

a) Niedrigwasser . . . . .	0,30—1,00
b) Mittelwasser . . . . .	10—15
c) Gewöhnliches Hochwasser . . . . .	130—150
d) Höhere Fluten, abgesehen von Katastrophen . . . . .	300—500

2. *Niederschlagsgebiet* bis 100 qkm.

a) Niedrigwasser . . . . .	0,60—1,50
b) Mittelwasser . . . . .	10—15
c) Gewöhnliches Hochwasser . . . . .	100—130
d) Höhere Fluten, abgesehen von Katastrophen .	200—400

3. *Gebiete* bis 500 qkm.

a) Niedrigwasser . . . . .	1,00—2,00
b) Mittelwasser . . . . .	10—15
c) Gewöhnliches Hochwasser . . . . .	100
d) Höhere Fluten, abgesehen von Katastrophen .	200

C. *Gebirge,*

je nach der Höhenlage, der Bodengestaltung, den Untergrundverhältnissen und der Vegetation.

a) Niedrigwasser . . . . .	0,30—2,70
b) Mittelwasser . . . . .	25—50
c) Gewöhnliches Hochwasser . . . . .	1000—1500,

während bei Maximalfluten Abflussmengen bis 3,5 cbm und mehr vom Quadratkilometer (im Riesengebirge) beobachtet worden sind.

Von ganz besonderer Bedeutung ist 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 kleineren Wasserläufen ist dieser Unterschied oft ein recht bedeutender und die Regulierung infolgedessen ganz besonders schwierig und kostspielig.

Den verschiedenen Wassermengen entsprechen die verschiedenen Wasserstände, unter denen von Wichtigkeit sind:

1. *Niedrigwasser* 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 dergl. werden können, zu vermeiden. Es ist dies nur dadurch zu erreichen, daß selbst bei dem geringsten Wasserstand die Tiefe nicht unter 0,30—0,50 m herabgeht.

2. *Mittelwasser* 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 Abflufs gelangen.

4. *Die hohen und höchsten Wasserstände*, wenn der Wasserlauf im hochwasserfreien Gebiet liegt, natürlich zur Bestimmung der Profildreiten 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-Kutterschen Formel zu bestimmen (vergl. I. Teil, Abschn. III, Hydrodynamik, § 97):

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

Der von dem Flußbett abhängige „Rauhigkeitsgrad“  $n$  ist für die natürlichen Wasserläufe

$$n = 0,025 - 0,030$$

anzunehmen. In Gewässern mit nennenswerter Geschiebeführung erhöht sich dieser Koeffizient mit der Größe des Geschiebes (indirekt also mit der Gefällzunahme) bis auf  $n = 0,035$  und darüber hinaus.

Vorübergehend kann naturgemäß auch das Auftreten von Wasserpflanzen während der Vegetationsperiode eine gleiche Erhöhung des Rauhigkeitsgrades herbeiführen.

Zur Bestimmung des Wertes  $c$  benutzt man vorteilhaft die auf Kutters Tafel am Schlusse von Teil I gegebenen zeichnerischen Darstellungen der Beziehungen zwischen Gefälle, Rauhigkeit und Profiltradius einer Flußstrecke nach der Ganguillet-Kutterschen Formel.

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. Ein zutreffendes Urteil kann man hierüber lediglich aus den Beobachtungen und den Erfahrungen an den Strecken desselben Wasserlaufes gewinnen, die bei gleicher Bodenbeschaffenheit annähernd dieselben Gefäll- und Geschwindigkeitsverhältnisse wie die geplanten haben.

Läßt die Flufstalgestaltung 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 Rinnsale und Wildbäche, dann aber auch in den weiter abwärts belegenen Strecken alle auf die unschädliche Ablagerung mitgeführter Sinkstoffe und die Vermeidung neuer Uferbrüche hienzielenden Bestrebungen.

### § 66.

**Der Umfang und die Art des Ausbaues** wird je nach dem zu erstrebenden Ziel verschieden sein.



Fig. 236.

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. 236) die Anlage eines Doppelprofils (Fig. 237) empfiehlt. Dasselbe bietet den Vorteil, daß 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 Profilteiles so zu wählen, dafs in dem letzteren die für die Wiesenkultur erforderliche Höhe des Wasserstandes gewahrt wird.

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-Kutterschen Formel die von ihm geführte Wassermasse bestimmt. Wenn II und III gleiche Tiefe besitzen, so sind beide zusammen als einheitliches Profil zu behandeln (vergl. das nachfolgende Beispiel S. 216).

Die Summe I + II + III ist alsdann die Gesamtwassermenge.

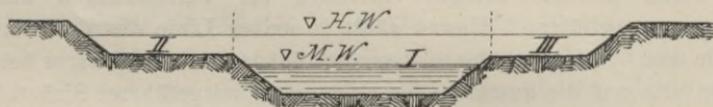


Fig. 237.

Anders liegen die Verhältnisse, wenn der auszubauende Wasserzug ein Wiesental durchschneidet, welches nach wie vor bei den höheren Wasserständen überflutet werden darf, dafs mithin nur die Ausuferung ganz bestimmter Wassermengen verhindert werden soll.

Der Wasserlauf selbst braucht alsdann nur solche Abmessungen zu erhalten, dafs 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 aufsergewöhnlichen 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 zweckmäfsig eine doppelprofilartige Ausbildung des Flussschlaches gewählt. Das Niedrig- und Mittelwasser (Fig. 238) ist wiederum für den mittleren, 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.

*Beispiel.* Ein durchschnittlich 200 m breites Tal wird von einem Wasserlauf durchflossen, dessen Niederschlagsgebiet von 800 qkm Gröfse ganz dem Flachlande angehört.

Der Wasserlauf ist so auszubauen, dafs das Mittelwasser 1,0 m unter Terrain bleibt und die gewöhnlichen Hochwasser noch bordvoll zum Abflufs gelangen.

Das Gefälle des Wasserlaufes beträgt  $1 \text{ ‰}$ , also  $J = 0,001$ .



Fig. 238.

Bei einem Niederschlagsgebiet von 800 qkm Gröfse führt der Flufs, sofern anderweitige Ermittlungen nicht vorliegen, nach der auf S. 210 gegebenen Zusammenstellung:

bei Niedrigwasser	800 . 0,0015 . . .	= 1,20 Sek./cbm.
„ Mittelwasser	800 . 0,007 . . .	= 5,60 „
„ gew. Hochwasser	800 . 0,04 . . .	= 32,0 „

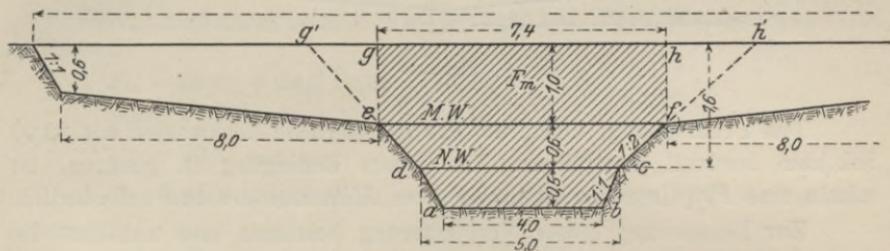


Fig. 239.

Die Sohlenbreite und die weiteren Profilabmessungen berechnen sich unter der Voraussetzung, dafs bei Niedrigwasser noch eine Wassertiefe von 0,50 m vorhanden sein soll, ferner die Böschungen unter Niedrigwasser mit Rücksicht auf die erforderliche Befestigung durch Flechtzaun die Neigung 1:1 und die über Niedrigwasser mit der Neigung 1:2 angelegt werden können, wie folgt:

1. Das Niedrigwasserprofil (Fig. 239, die Fläche  $abcd$ ).

$$Q = 1,20 \text{ cbm} = v \cdot F; \quad v = c \sqrt{R J}.$$

$$F = 4,5 \cdot 0,5 \quad = 2,25 \text{ qm},$$

$$p = 4,0 + 2 \cdot 0,7 = 5,4 \text{ m.} \quad R = \frac{2,25}{5,4} = 0,41.$$

Für  $n = 0,030$  (mit Rücksicht auf Krautwuchs usw.) ist nach der Tafel:  $c = 26$ , somit:

$$v = 26 \sqrt{0,41 \cdot 0,001} = 0,52 \text{ und } Q = 2,25 \cdot 0,52 = 118, \\ \text{rund } \mathbf{1,20 \text{ cbm.}}$$

2. *Mittelwasser*  $Q = 5,6 \text{ cbm.}$

In dem Mittelwasserprofil (Fig. 239, die Fläche  $abfe$ ) können abfließen:

$$F = 2,25 + (5,0 + 0,6 \cdot 2) \cdot 0,6 = 5,97 \text{ qm,} \\ p = 5,4 + 2 \cdot 1,34 \quad \dots \quad = 8,08 \text{ m. } R = \frac{5,97}{8,08} = 0,73.$$

Für  $n = 0,027$  ist  $c = 35$ , somit:

$$v = 35 \sqrt{0,73 \cdot 0,001} = 0,95 \text{ m und } Q = 5,97 \cdot 0,95 = \mathbf{5,67 \text{ cbm.}}$$

Bordvoll, d. h. bis 1,0 m über Mittelwasser gefüllt, würde in diesem Profil (Fläche  $abh'g'$ , Fig. 239) zum Abflufs kommen:

$$F = 2,25 + (5,0 + 2 \cdot 1,6) \cdot 1,6 = 15,37 \text{ qm,} \\ p = 5,4 + 2 \cdot 3,575 \quad \dots \quad = 12,55 \text{ m. } R = \frac{15,37}{12,55} = 1,22.$$

Für  $n = 0,025$  ist  $c = 41$ , somit:

$$v = 41 \sqrt{1,22 \cdot 0,001} = 1,44 \text{ und } Q = 15,27 \cdot 1,44 = 12,10 \text{ cbm.}$$

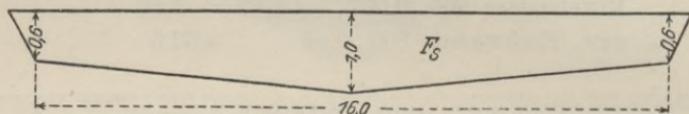


Fig. 240.

Das Profil genügt nicht, um das gewöhnliche Hochwasser mit 32,00 Sek./cbm bordvoll abzuführen. Um dieser Bedingung zu genügen, ist mithin eine *Profilerverweiterung über dem Mittelwasserstand* erforderlich.

Zur Berechnung dieser Verbreiterung bestimmt man zunächst die in dem mittleren Flussschlauch abfließende Wassermenge, indem man sich diesen über der Mittelwasserlinie seitwärts durch 2 Vertikale ( $eg$  und  $fh$ ) an den Enden der Mittelwasserlinie begrenzt denkt (Fig. 239, Fläche  $F_m = abhg$ ).

$$F_m = 5,97 + 7,4 \cdot 1,0 = 13,37 \text{ qm,} \\ p_m = 8,08 + 2 \cdot 1,0 \quad \dots \quad = 10,08 \text{ m. } R_m = \frac{13,37}{10,08} = 1,3.$$

Für  $n = 0,025$  ist  $c = 42$ , somit:

$$v = 42 \sqrt{1,3 \cdot 0,001} = 1,50 \text{ und } Q_m = 13,37 \cdot 1,50 = \mathbf{20,05 \text{ cbm.}}$$

Es bleiben somit in den beiderseitigen Profilverweiterungen noch abzuführen  $32,00 - 20,05 = \mathbf{12,0 \text{ cbm.}}$

Die beiden Profilverweiterungen können als einheitliches Profil in Rechnung gestellt werden (Fig. 240).

$$F_s = 16,6 \cdot 0,8 = 13,28,$$

$$p_s = 16,0 + 2 \cdot 0,85 = 17,70. \quad R_s = \frac{13,28}{17,70} = 0,75.$$

Für  $n = 0,028$  (Graswuchs usw.) ist  $c = 34$ , somit:

$$v_s = 34 \sqrt{0,75 \cdot 0,001} = 0,93 \text{ und } Q_s = 13,28 \cdot 0,93 = \mathbf{12,34}.$$

$$\text{Gesamtwassermenge } Q = Q_m + Q_s = 20,05 + 12,34 = \mathbf{32,39}.$$

Im vorliegenden Fall ist die Profilgestaltung eine solche, daß die Berechnung auch als einheitliches Gesamtprofil hätte durchgeführt werden können:

$$F = 13,37 + 13,28 = 26,65,$$

$$p = 8,08 + 17,7 = 25,78. \quad R = \frac{26,65}{25,78} = 1,03.$$

$$c = 38.$$

$$v = 38 \sqrt{1,03 \cdot 0,001} = 1,20 \text{ und } Q = 26,65 \cdot 1,2 = 31,98 \text{ cbm.}$$

Soll bestimmt werden, wie hoch nach dem Ausbau des Wasserlaufes die höchsten Hochwasser das Seitengelände überfluten werden, so ist die Rechnung wieder an einem Doppelprofil durchzuführen, dessen „mittlerer Teil“ durch die obere Breite des eigentlichen Flussschlauches (24,6 m) gegeben ist, und dessen beide Seitenflächen eine Gesamtbreite von  $200 - 24,6 = 175,4$  m haben.

$$H H W = 800 \cdot 0,1 = 80 \text{ cbm.}$$

Eine Überflutung von  $0,35$  m genügt, um diese Wassermenge abzuführen.

$$F_m = 26,65 + 24,6 \cdot 0,35 = 35,26,$$

$$p_m = 25,78 + 2 \cdot 0,35 = 26,48. \quad R_m = \frac{35,26}{26,48} = 1,33.$$

$$c = 40,5, \text{ somit:}$$

$$v_m = 40,5 \sqrt{1,33 \cdot 0,001} = 1,46 \text{ und } Q_m = 35,26 \cdot 1,46 = 51,48 \text{ cbm,}$$

ferner:

$$F_s = 175,4 \cdot 0,35 = 61,29,$$

$$R_s = 0,35 \text{ und } c = 25, \text{ somit:}$$

$$v_s = 25 \sqrt{0,35 \cdot 0,001} = 0,46 \text{ und } Q_s = 61,29 \cdot 0,46 = 28,19 \text{ cbm}$$

$$\text{Zusammen } 79,67 \text{ cbm}$$

$$\text{oder rund } \mathbf{80 \text{ cbm.}}$$

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 ausgenutzt 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.

Bei Wasserläufen mit starkem Gefälle, also in allen Gebirgs-Bächen und -Flüssen, muß in erster Linie auf eine möglichst flache Anlage der Böschungen Bedacht genommen werden, um diese auch ohne besondere Befestigung, sondern nur durch eine gute Rasendecke gegen Beschädigungen zu sichern. 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.

Bei größeren Bächen von 4—10 m Sohlenbreite würde eine Böschungsanlage von 1:5 bis 1:6, bei Sohlenbreiten von 10—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 und 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 (S. 229) erfolgen, oder der Fuß der Böschung ist durch ein niedriges Parallelwerk und die zukünftige Böschung durch Querbauten 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 kleine Anlagen handelt, wie beispielsweise in Fig. 241.

Das *Parallelwerk* besteht in diesem Falle aus zwei Reihen Flechtzäunen mit Steinpackung oder aus Packwerk mit grüner Weidenspreutlage (S. 222 und 225). Die *Querbauten* sind ähnlich zu konstruieren. Am sichersten, aber auch teuersten werden Abpflasterungen, billiger ist wieder

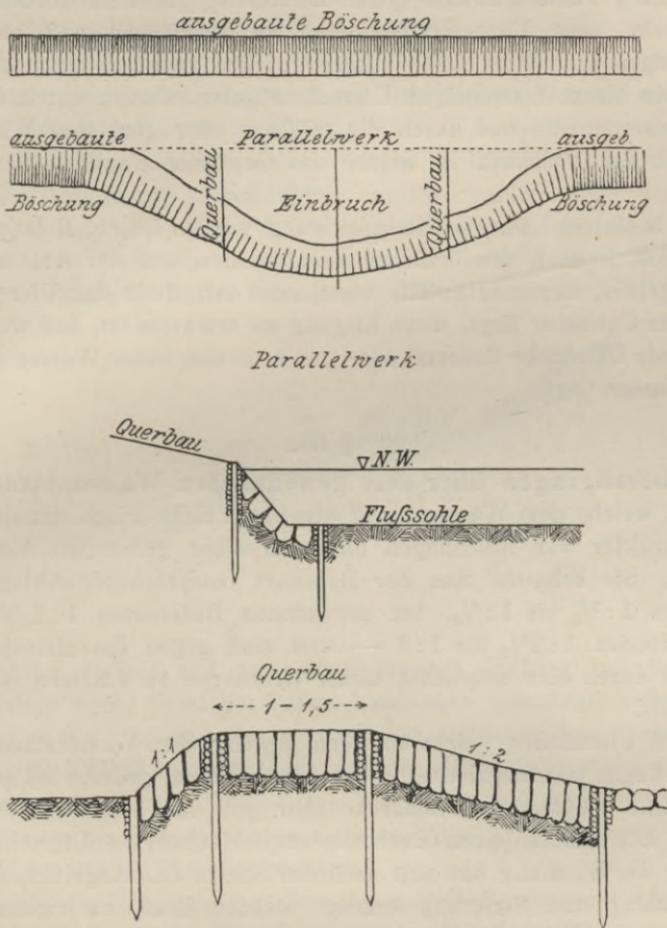


Fig. 241.

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 Uferleinbrüchen eine Kies- bzw. Sandbank oder andere Ablagerungen; dieselben werden zweckmäßig in die Felder zwischen den Querbauten verkarrt und die Felder dann mit Weiden bepflanzt.

### § 67.

**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 Wasserangriffes 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 naturgemäß 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.

### § 68.

**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  $1:1/4$  bis  $1:3/4$ , bei gebundenen Bodenarten  $1:1$  bis  $1:1 1/2$ , bei Sandboden  $1:1 1/2$  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 (vergl. S. 218). 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 nur selten 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—6fache Anlage zu wählen. Die derartig zu verstärkenden Deichstellen sind unter Berücksichtigung der Wind- und Geländeverhältnisse 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 reifsenden 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

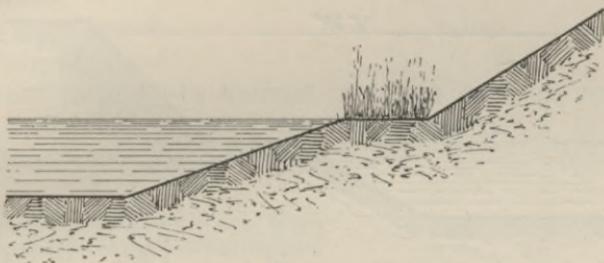


Fig. 242.

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.

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 Wasserpegels erforderlich; sie geschieht in langsam fließenden Gewässern zweckmäfsig durch Schilfpflanzungen auf einer Berme (Fig. 242) oder durch Kopfrasen. Letzterer wird in wagrechten Reihen, dichtschiessend im Verbands, 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 Hochwasser-

spiegel abzudecken (Fig. 243). 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 Fufs der oberen Böschung schützt.

Eine Anpflanzung von Weiden zwischen Mittelwasser- und Hochwasserlinie bildet einen vorzüglichen Schutz gegen Strömung und Wellenschlag, sofern die Weiden dauernd kurz gehalten, also jährlich geschnitten werden. 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—50 cm langen, 1,0—1,5 cm dicken Stecklingen, von denen 6—9 Stück auf das Quadratmeter Böschungsfäche kommen, ausgeführt. In trockenem Boden wachsen die Stecklinge nicht an. Beim Hineinstecken ist jede Verletzung der Rinde

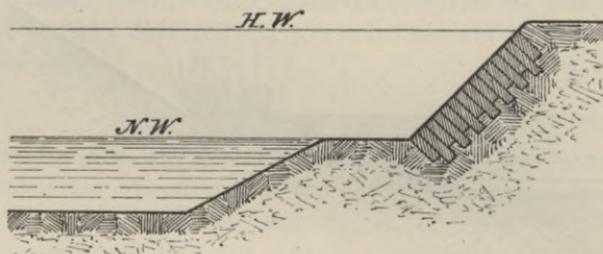


Fig. 243.

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—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—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 schliesslich 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 Rauwehr angewendet.

Bei der *Rauwehr* werden die Weiden in der Richtung der Böschungskante mit den Wipfelenden stromabwärts verlegt, und zwar lagenweise, so daß die in Abständen von etwa 1,0 m aufgenagelten Würste stets von den Wipfelenden der nächsten Lage bedeckt werden.

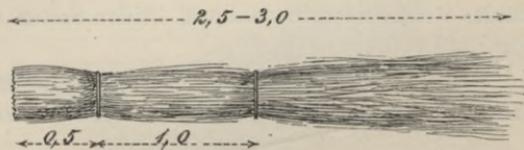


Fig. 244.

Das zur Herstellung der Spreutlage und der Rauwehr erforderliche Material, wie auch dasjenige der später behandelten Deckwerke, Bühnen usw., wird gewöhnlich in Form von Faschinen angeliefert.

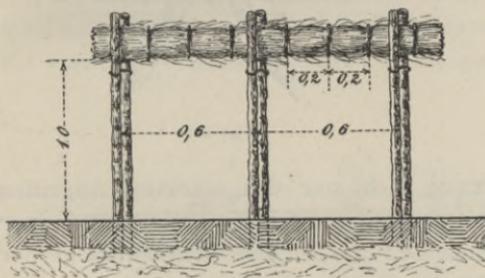


Fig. 245.

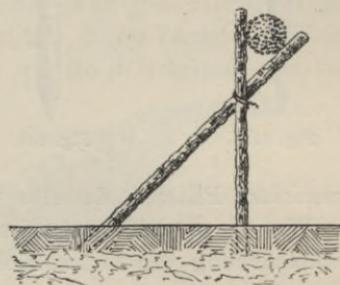


Fig. 246.

*Faschinen* (Fig. 244) sind 2,5—3,0 m lange, in der Mitte 23 cm, an den Stammenden 25—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 Faschine eine dichte, geschlossene Masse bilden und muß daher möglichst gleich lang, wenig ästig und an den Stammenden höchstens 4 cm stark sein.

Die *Würste* (Fig. 245 und 246) werden 10—15 cm stark in beliebigen Längen (20—30 m) aus den einzelnen Zweigen der Faschinen

und zwar am besten aus Weidenruten hergestellt. Man benutzt hierzu die sogen. 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.

Zur Befestigung der Würste bedient man sich vielfach der Hakenpfähle (Fig. 247) oder auch glatter Pfähle mit durchgestecktem Querholz (Fig. 248). Vorteilhafter sind jedoch einfache, 4—6 cm starke Spickpfähle, welche abwechselnd von beiden Seiten schräg eingeschlagen werden (Fig. 249).

Die beste, aber auch teuerste Befestigung steiler Uferflächen ist ein kräftiges, *in Kies oder scharfen Sand verlegtes und gut aus-*



Fig. 247.



Fig. 248.

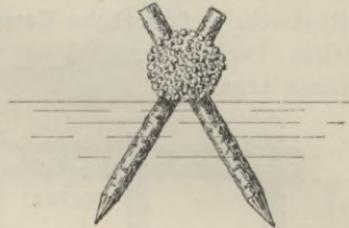


Fig. 249.

*gezwicktes* Pflaster, dasselbe vermag nicht nur den stärksten Angriffen des Wassers zu widerstehen, sondern auch ohne Beeinträchtigung seiner Schutzwirkung den unausbleiblichen Bewegungen des Bodens infolge der Temperaturschwankungen zu folgen. Ferner kann auch das aus dem Boden beim Fallen des Wasserstandes nachströmende Wasser, wie das Grundwasser selbst jederzeit unbehindert und unschädlich durch die Fugen eines derartigen Pflasters oder einer zweckentsprechend ausgeführten Steinschüttung zum Abfluß gelangen. — Ein Ausgießen der Fugen mit Zementmörtel wäre daher fehlerhaft und ist unbedingt zu unterlassen.

### § 69.

**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-

seits dem Verrotten und Verfallen im Wasser möglichst wenig ausgesetzt sind.

Am besten und von der größten Dauer ist in allen Fällen die *Steinpackung* oder das Steinpflaster. Beide sind wiederum in der Weise auszuführen, daß das Bettungsmaterial ganz allmählich aus dem größten Kies oder selbst Schotter in immer feineren Sand übergeht, der sich schließlicly der Korngröße des Untergrundes tunlichst anschließt. Durch eine solche Anordnung kann selbst bei starker Strömung und lebhaftem Nachströmen des Wassers aus dem Boden lehmiger oder toniger Boden gegen Auswaschungen geschützt werden.

Die Abböschung der Steinpackung richtet sich nach der Stärke von Strömung und Wellenschlag; je größer diese sind, desto flacher muß die Böschung und desto größer und schwerer müssen die einzelnen Steine sein. Für gewöhnlich genügen 1—2fache Böschungsanlagen und Steine von 20—30 cm Länge und Dicke. Bei starkem Wellenschlag und Strömungen, wie sie in Gebirgsflüssen vor-

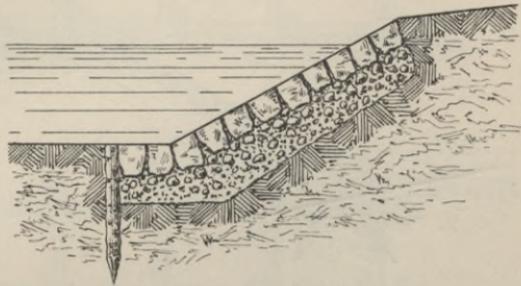


Fig. 250.

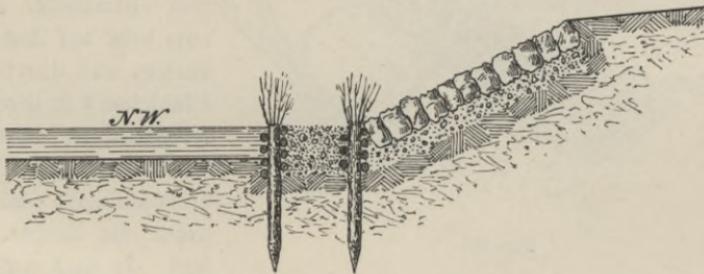


Fig. 251.

kommen, werden 3—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 einzelne tiefe Auskolkungen derselben immer zu befürchten sind, so muß, um die Uferbefestigungen, besonders Steinpackungen, dann tunlichst gegen ein Nachsacken zu schützen, der Fuß der Böschungen stets durch ein besonderes Längswerk gesichert werden.

Diese Befestigung kann durch eine Spundwand, eine Pfahlreihe (Fig. 250), Flechtzaun (Fig. 251) 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. 252) ist nicht vorteilhaft und besonders bei schmalen Wasserläufen durchaus zu vermeiden, da bei einer Lockerung die Längsfaschine sich quer zur Stromrichtung legt und nun, statt Schutz zu gewähren, erst recht Veranlassung zu weiteren Zerstörungen gibt.

Bei größeren Wassertiefen gewähren *Senkfaschinen* einen guten Uferschutz (Fig. 253).

Die *Senkfaschinen* werden je nach Bedarf 0,5—1,0 m stark und 4 bis 5 m lang auf einer sogen. Bank möglichst dicht an der Verwendungsstelle angefertigt. Zur Herstellung der Bank (Fig. 254 a, b, c, d) werden 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

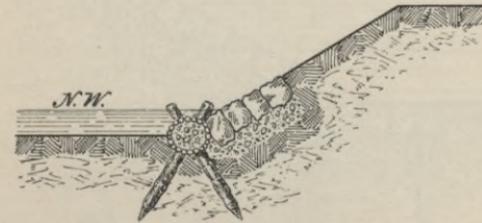


Fig. 252.

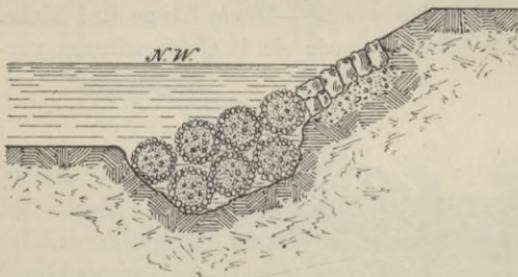


Fig. 253.

der herzustellenden Senkfaschine werden nun 4—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—0,7 cbm Kies oder Steine eingefüllt und gleichmäßig ausgebreitet. Über diesem Füllmaterial werden 4 weitere Faschinen in gleicher Weise wie die ersten aufgebracht und

dann die Bänder fest um die Senkfaschine gelegt. Zu diesem Zweck wird die Senkfaschine an jeder Bindestelle mittels einer Würgekette und zweier

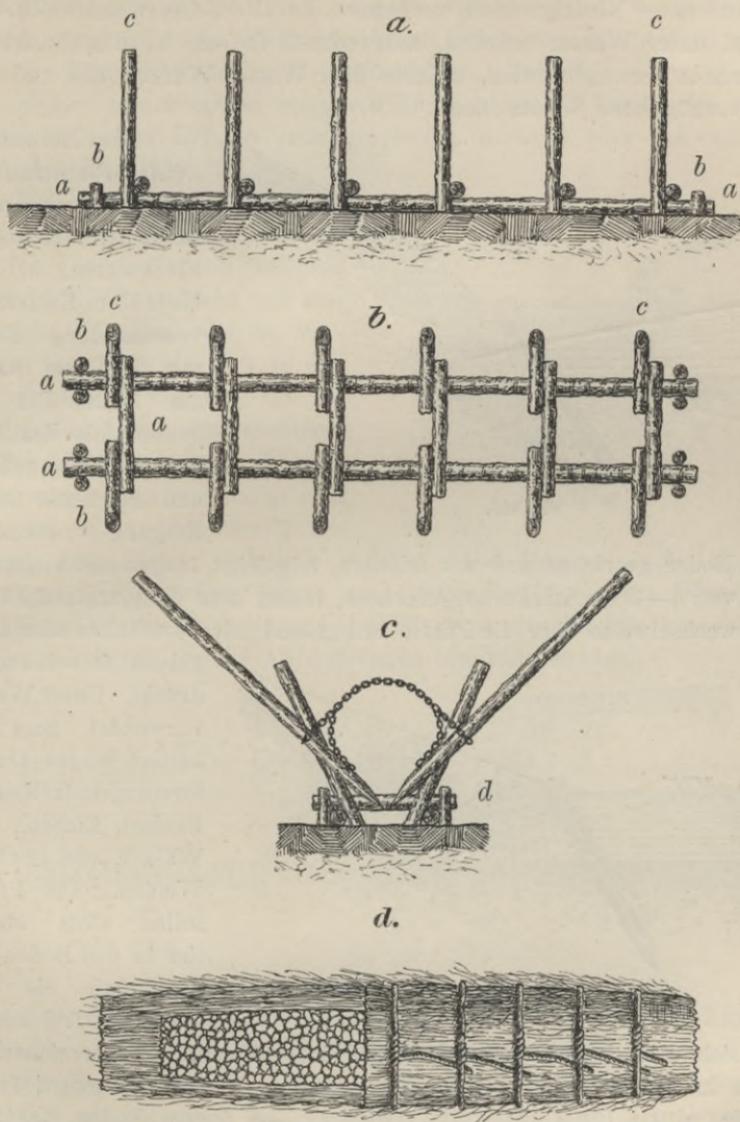


Fig. 254.

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 Uferschuttmittel 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.

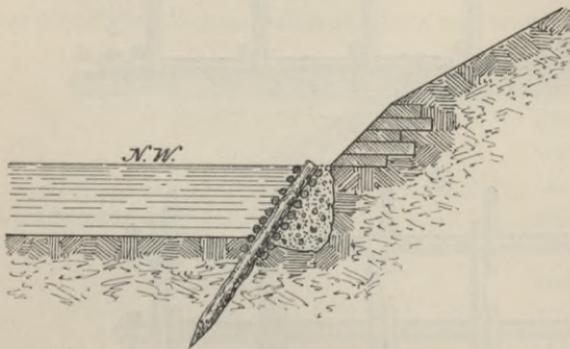


Fig. 255.

in den Boden getrieben und mit frischen, möglichst langen und biegsamen Ruten von 1—3 cm Stärke ausgeflochten, indem man die einzelnen Flechtreiser wechselweise über die Pfähle bringt und mit

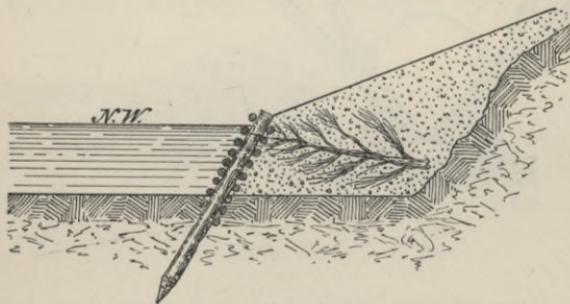


Fig. 256.

Zur Herstellung eines Flechtzaunes (Fig. 255) werden, je nach der Stärke der Flechtruten, in 0,30 bis 0,75 m Entfernung voneinander Pfähle von 6—10 cm Stärke, am besten in der Schnittlinie von Sohle und Böschungfläche und möglichst in der Neigung der letzteren, 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 Flechtzäunen, nicht erreichen, so werden in Entfernungen von 2—3 m einzelne Pfähle verankert, indem man sie mittels Binddrahts 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 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, so daß 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. 256).

Stehen zum Flechten geeignete Ruten nicht zur Verfügung, so sind mit gleich gutem Erfolge auch gespaltene Stangen oder Schwarten zu verwenden (Fig. 257).

Das *Packwerk* (Fig. 258) 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 beschwert zum Sinken gebracht werden.

Die Breiten- und Längenausmessungen der einzelnen Lagen sind naturgemäß von der Wassertiefe, der oberen Packwerksbreite und der Böschung des Packwerkes abhängig und müssen durch genaue Aufmessungen ermittelt werden.

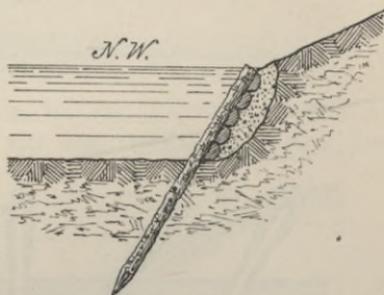


Fig. 257.

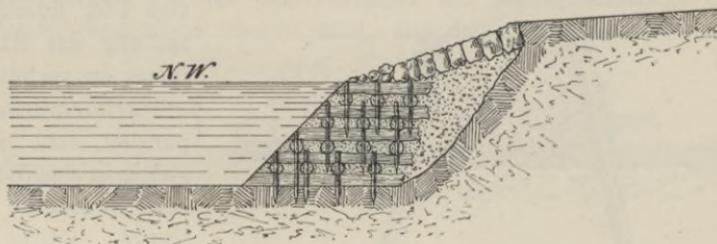


Fig. 258.

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 stromauf gerichtete (Fig. 259 a), senkrecht (Fig. 259 b) und stromab gerichtete (Fig. 259 c) Buhnen; zum Schutze der Ufer kommen wohl ausnahmslos nur stromauf gerichtete Buhnen zur Anwendung. Die Herstellung der Buhnen ist je nach der Stärke der Strömung eine verschiedene. In langsam fließenden Gewässern des Flachlandes mit geringen Hochwassergeschwindigkeiten genügen oft schon einfache Flecht-

zäune. Das der Strömung zugewendete Ende, der Kopf der Buhne, wird dann zweckmäfsig aus einem Kranz von Pfählen gebildet, deren Fufs durch eine Steinschüttung gesichert wird. Bei etwas stärkerer Strömung sind doppelte Flechtzäune mit Kies oder Steinausfüllung zu wählen (Fig. 260 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. Nach dem Ufer zu läfst man die Oberfläche (die Krone) der Buhne in einer Neigung

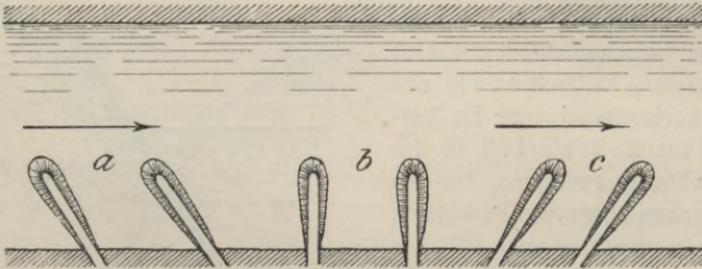


Fig. 259.

von 1 : 100 bis 1 : 200 ansteigen. (Bei tief eingeschnittenen, geschlossenen Wasserläufen sogar stärker 1 : 40, um die immerhin ungünstige, plötzliche, starke Profilerweiterung zu vermeiden.) Jede Buhne mufs in das Ufer hineingebaut und mit diesem sicher verbunden werden, um ein Lostrennen

vom Ufer durch Umspülung des Buhnenfufses zu verhüten.

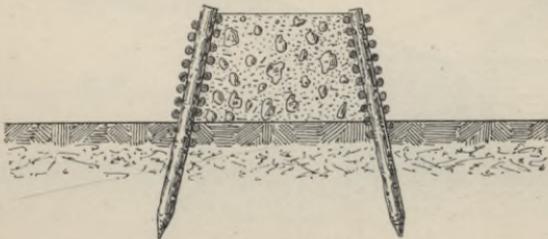


Fig. 260.

*Parallelwerke* sind parallel zum Stromstrich in den Wasserlauf eingebaute Leitwerke, welche mit ihrem stromaufgekehrten Ende an das

Ufer anschliessen. Auch sie werden, je nach der Stärke der Strömung, verschieden und ähnlich wie die Buhnen konstruiert.

## § 70.

**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 fort-

gesetzt; der Fuß der Uferböschung wird ausgewaschen und dadurch auch die solideste und schwerste Uferbefestigung gefährdet oder zerstört.

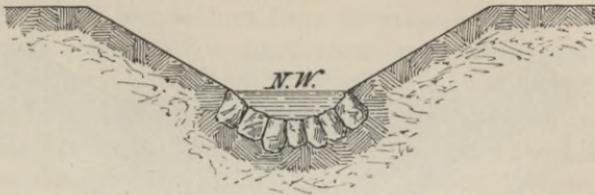


Fig. 261.

Zur Sicherung der Ufer ist, wie bei der Regulierung überhaupt, deshalb darauf zu achten, daß die von dem Gefälle abhängige Strom-

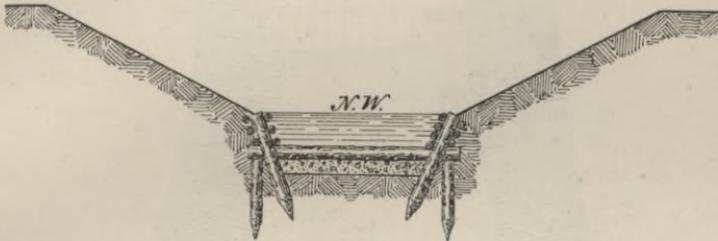


Fig. 262.

geschwindigkeit die für die Bodenart des Bettes zulässige Maximalgeschwindigkeit nicht überschreitet, und daß gegebenenfalls durch Ein-

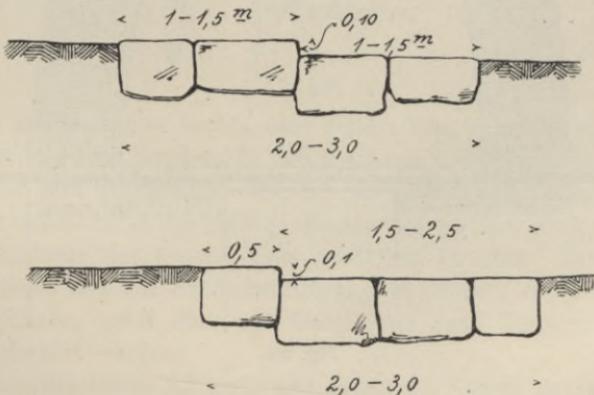


Fig. 263.

schaltung einzelner *Abfälle* oder *Kaskaden* dementsprechend auf eine Verminderung des Gefälles der einzelnen Strecken Bedacht genommen werden muß.

In kleineren Gebirgsbächen mit sehr steilem Sohlgefälle wird auch dies manchmal nicht gut ausführbar sein, da Abfall nahe an Abfall zu stehen kommen müßte. Es wird dann, namentlich bei geringerer Sohlen-

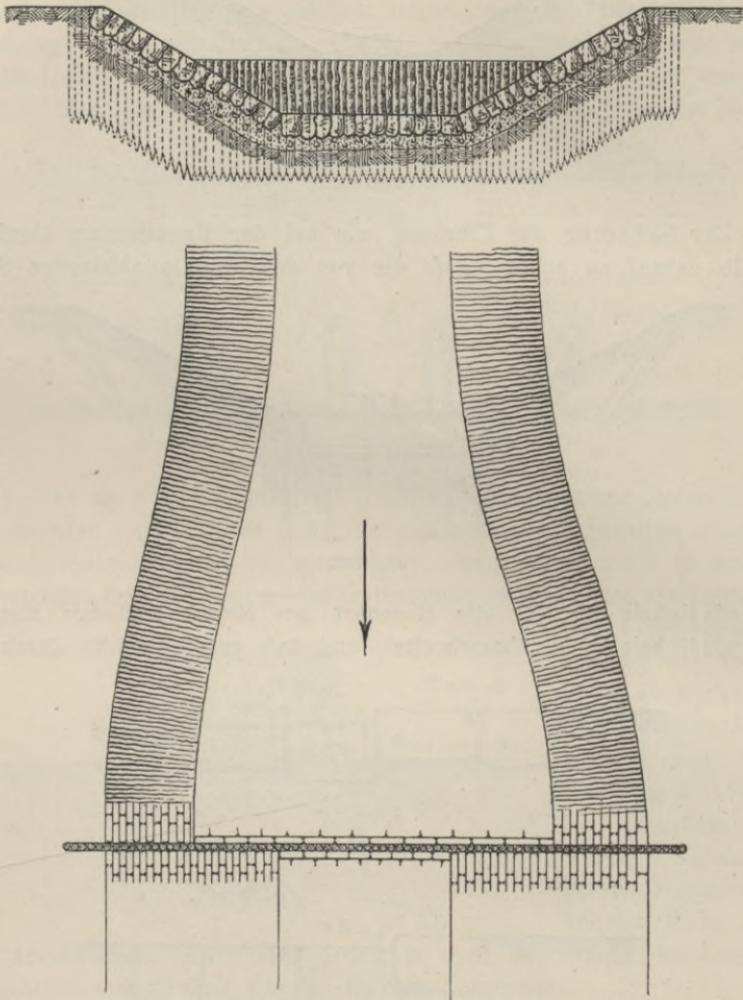


Fig. 264.

breite, vorteilhafter und zweckmäßiger sein, die Bachsohle selbst zu befestigen. Am besten und vollkommensten, aber auch recht kostspielig, ist bei *sehr* starkem Gefälle die Herstellung einer gepflasterten Mulde (Fig. 261), wie sie auch zum Ausbau der letzten Rinnsale der Wildbäche zur Ausführung kommt.

Ähnlich gut wirkend, aber nicht so dauerhaft, ist der Schutz mittels Faschinen. Man bedeckt zu dem Zwecke die Sohle 10—20 cm hoch mit Faschinenreisern, die Stammenden stromauf, die Wipfelenden stromab, so daß stets die Wipfel der höheren Lage die Stammenden der tieferen Lage überdecken. In 0,50—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. 262). 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, so daß dadurch bald eine geschlossene, feste Decke gebildet wird.

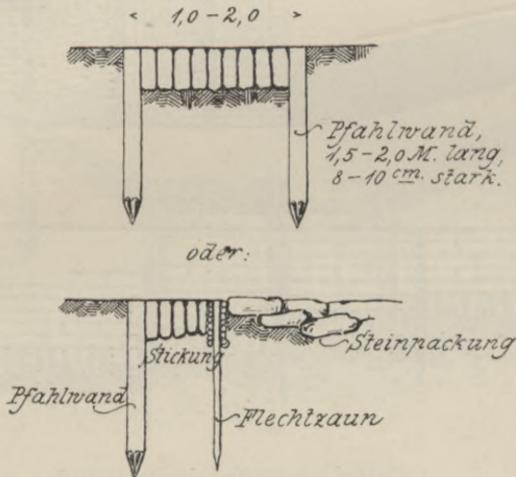


Fig. 265.

Besteht das Bachbett aus Letten oder fettem Ton, so muß vor dieser Befestigungsart gewarnt werden, da das zwischen dem Reisig durchsickernde Wasser nach wie vor genügt, um die löslichen Adern auszuschlämmen, und die Sinkstoffe in einem solchen Bache viel zu fein sind, als daß 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.

Werden die Bäche zu breit und damit die Kosten der vollständigen Sohlendeckung zu hoch, so ist eine streifenweise Befestigung der Sohle — die *Herstellung von Sohlschwellen* — zu erwägen. Dieselben finden dort zweckmäßig Verwendung, wo die Sohle nur bei größerem Hochwasser Bewegung zeigt, wo also die Schwere und Lagerung des Sohlenmaterials dem Wasserangriffe beinahe das Gleichgewicht hält.

Mit der Herstellung von Sohlschwellen muß 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.

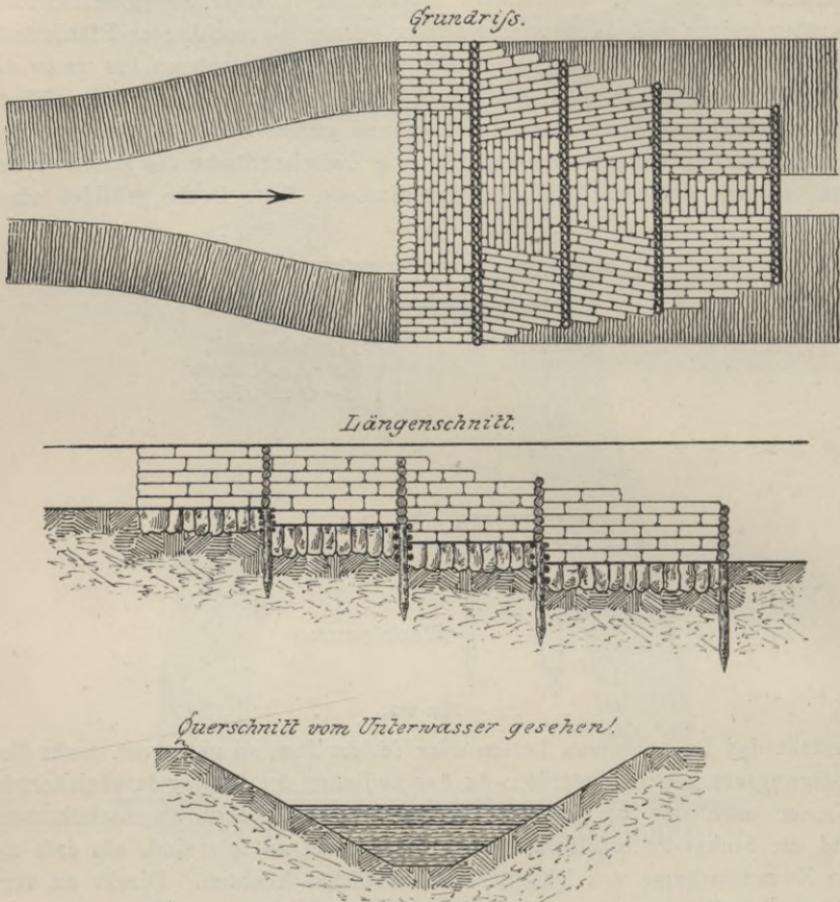


Fig. 266.

Bewährt haben sich die Ausführungen aus großen Steinen (Fig. 263). Auch einfache Pfahlreihen, verzängt und nicht verzängt, kommen vielfach vor, entsprechend der in Fig. 264 dargestellten Kaskade.

Verstärkt werden diese Schwellen durch Steinpackungen oder Steinstickungen, die überdies durch eine zweite Pfahlreihe oder durch einen Flechtzaun zu begrenzen sind (Fig. 265), um sie gegen Unterspülungen zu

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



Fig. 267.

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 Profil-

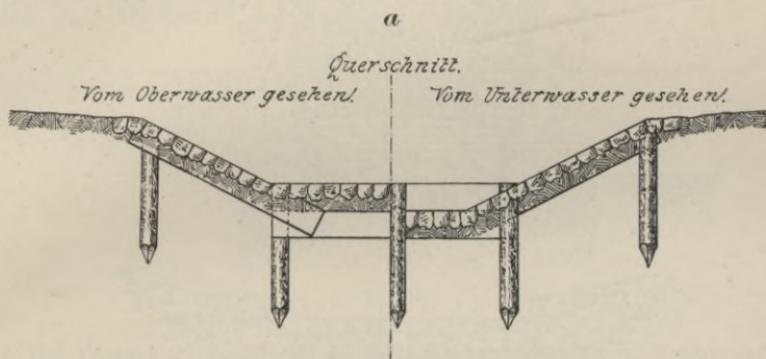
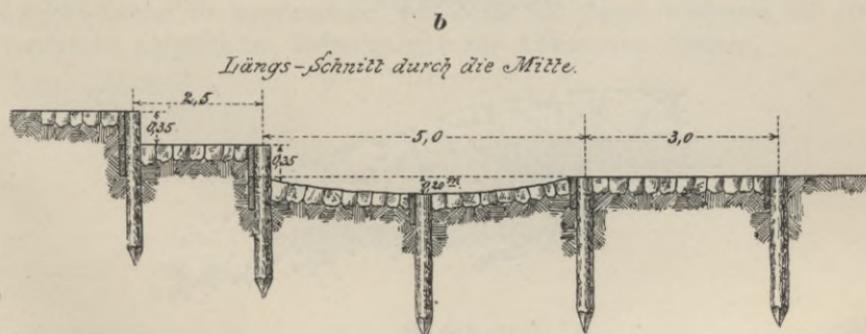


Fig. 268.



breite daselbst ebenso groß wird, wie diejenige unterhalb der Stufe (Fig. 264 und 266).

Bis zu 0,50 m Höhe können die Abfälle oder einzelnen Stufen einer Kaskade aus Flechtzaun hergestellt werden. Eine derartige Ausführung 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 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 unter-

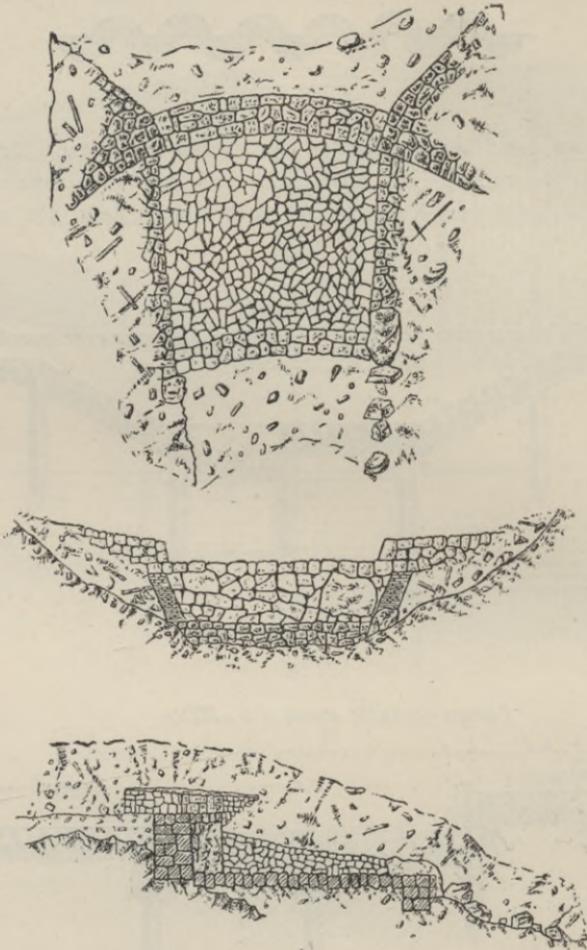


Fig. 269.

halb des Bauwerkes stattfindet, auch von der Höhe des Wasserspiegels über der Stufe abhängt. Besser werden die Stufen aus dicht nebeneinander, auf  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$  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 zweckmäßig in der Böschungslinie liegend (Fig. 264). Dichter

als mit Rundholz lassen sich die Stufen aus *halben* Rundhölzern herstellen, die mit ihren flachen Seiten versetzt gegeneinander anzuordnen sind (Fig. 267).

Eine empfehlenswerte Konstruktion für Bäche mit starkem Gefälle ist in den Fig. 268 *a, b* dargestellt. Die Kaskade enthält zwei Stufen von je 0,35 m Höhe. Das Sturzbett ist als Mulde ausgebildet. Das in diese einströmende 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 (Fig. 269), oder solider als Zementmauerwerk hergestellt (Fig. 270). Bei Zementmauerwerk muß aber das ganze Bauwerk so tief fundiert werden, daß die Gefahr des Auffrierens ausgeschlossen ist.

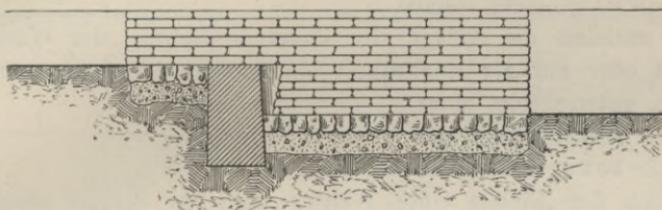


Fig. 270.

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 XII.

### Stauanlagen.

#### § 71.

**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.

Je nachdem die Anlage eine dauernde Hebung der Wasserstände veranlaßt oder nur die Möglichkeit bietet, zeitweise einen Aufstau vorzunehmen, unterscheidet man:

1. **feste Wehre** und
2. **bewegliche Wehre.**

Durch den Einbau eines Wehres 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, Abschn. III, § 103).

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 unteren 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. 271):

$$S = 2l = \frac{2h}{\tan \alpha}.$$

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, als bei starkem.

Die Wirkung einer Stauanlage ist ferner eine sehr verschiedene, je nachdem ein festes oder ein bewegliches Wehr in Frage kommt.

Ein Übelstand der *festen* Wehre beruht in der dauernden Einschränkung des Flufsprofils für sämtliche Wasserstände, so dafs 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 Flufsstrecke Bedacht genommen ist. Ein fernerer Übelstand wird durch die Ansammlung der Sinkstoffe vor dem Wehrrücken hervorgerufen. Obwohl diese Wirkung, besonders wenn

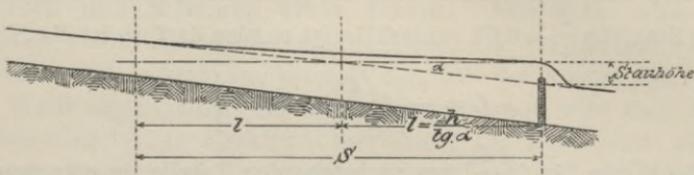


Fig. 271.

der Wasserlauf nur feinere Sinkstoffe mit sich führt, durch die bei Hochwasser vermehrte Sohlengeschwindigkeit teilweise wieder beseitigt wird, so empfiehlt es sich doch, bei der Untersuchung der von dem Wehre zu erwartenden Einflüsse stets von der Annahme auszugehen, dafs die Sohle



Fig. 272.

oberhalb des Wehres bis zu einer durch die Wehrkrone gezogenen Horizontalen gehoben wird.

Alsdann sind natürlich auch nicht mehr die Bedingungen für die Ausbildung der normalen Staukurve (nach der Rühlmannschen Formel) vorhanden. Es liegt nicht mehr eine von der Wehrstelle an gleichmäßige Abnahme der wasserführenden Querschnitte vor, sondern es wird der abnehmenden Geschwindigkeit entsprechend zunächst eine Profilzunahme, d. h. eine steigende (konvex verlaufende) Wasserspiegellinie sich einstellen müssen, die erst im weiteren Verlauf und zwar von der Stelle an, wo

die Sohlenerhöhung die alte Sohle erreicht, in die konstant verlaufende Staukurve übergeht (Fig. 272). Auf eine längere Strecke oberhalb des Staues tritt dadurch eine oft nicht unbedeutende weitere Hebung des Wasserspiegels ein, die nicht unberücksichtigt bleiben darf.

Wenn daher nicht durch Grundablässe der Aufhöhung der Sohle dauernd vorgebeugt wird, so muß die Ermittlung über den Einfluß eines *festen Wehres* nicht nach der Stauformel, sondern in der Weise durchgeführt werden, daß, von der Wehrstelle ausgehend, streckenweise das den Geschwindigkeiten der einzelnen Querschnitte entsprechende Spiegelgefälle ermittelt und aufgetragen wird.

*Beispiel:* In einem Wasserlauf (Sohlenbreite = 5,00, Böschungsanlage 1:1, Gefälle  $J = 0,001$ ) ist ein **festes Wehr** von 1,5 m Höhe über Flußsohle und der aus dem Flußprofil sich ergebenden Breite  $(5,0 + 2 \cdot 1,5) = 8,0$  m eingebaut. Es soll der Verlauf der Staukurve für Mittelwasser = 8,0 cbm ermittelt werden.

Über das Wehr fließt das Wasser in einer Höhe  $t_1 = 0,54$  m ( $Q = \frac{2}{3} \mu_1 b h \sqrt{2gh}$  vergl. S. 244).

Der wasserführende Querschnitt daselbst ist mithin  $F_1 = 8,0 \cdot 0,54 = 4,32$  qm und das Wasser muß mit einer mittleren Geschwindigkeit

$$v_1 = \frac{8,00}{4,32} = 1,85 \text{ m}$$

abfließen.

Das dieser Geschwindigkeit entsprechende Spiegelgefälle ergibt sich aus der Formel:

$$v = c \sqrt{RJ} \text{ oder } J = \frac{v^2}{c^2 R};$$

$$v_1 = 1,85;$$

$$F_1 = 8,0 \cdot 0,54 = 4,32; p_1 = 8,0 + 2 \cdot 0,54 = 9,08; R_1 = \frac{4,32}{9,08} = 0,47; c = 34;$$

$$J_1 = \frac{3,42}{1156 \cdot 0,47} = \mathbf{0,0063}.$$

Nimmt man dieses Gefälle auf 10 m an, so wird der Wasserspiegel am Ende dieser Strecke  $10 \cdot 0,0063 = 0,06$  m höher liegen und eine Wassertiefe  $t_2 = 0,54 + 0,06 = 0,60$  m vorhanden sein. Da die Sohlenbreite  $b_2$  daselbst  $(8,0 - 10 \cdot 0,001 \cdot 2) = 7,98$ , so ist:

*Profil 2.*

$$F_2 = (7,98 + 0,60) \cdot 0,60 = 5,15 \text{ qm}; p_2 = 7,98 + 2 \cdot 0,84 = 9,66;$$

$$R_2 = \frac{5,15}{9,66} = 0,58; c = 36;$$

$$v_2 = \frac{8,00}{5,15} = 1,55; \quad J_2 = \frac{2,40}{1296 \cdot 0,58} = \mathbf{0,003}.$$

*Profil 3* (30 m vom Stau).

Sohle  $b_3 = 7,94$ ; Wassertiefe  $t_3 = 0,60 + 20 \cdot 0,003 = 0,66$ ;  
 $F_3 = (7,94 + 0,66) \cdot 0,66 = 5,67$ ;  $p_3 = 7,94 + 2 \cdot 0,92 = 9,78$ ;

$$R_3 = \frac{5,67}{9,78} = 0,58; \quad c = 36;$$

$$v_3 = \frac{8,00}{5,67} = 1,45; \quad J_3 = \frac{2,1}{1296 \cdot 0,58} = \mathbf{0,0028}.$$

*Profil 4* (60 m vom Stau).

Sohle  $b_4 = 7,88$ ; Wassertiefe  $t_4 = 0,66 + 30 \cdot 0,0028 = 0,74$ ;  
 $F_4 = (7,88 + 0,74) \cdot 0,74 = 6,38$ ;  $p_4 = 7,88 + 2 \cdot 1,04 = 9,96$ ;

$$R_4 = \frac{6,38}{9,96} = 0,64; \quad c = 36,5;$$

$$v_4 = \frac{8,00}{6,38} = 1,25; \quad J_4 = \frac{1,56}{1332 \cdot 0,64} = \mathbf{0,0018}.$$

*Profil 5* (100 m vom Stau).

Sohle  $b_5 = 7,80$ ; Wassertiefe  $t_5 = 0,74 + 40 \cdot 0,0018 = 0,81$ ;  
 $F_5 = (7,80 + 0,81) \cdot 0,81 = 6,97$ ;  $p_5 = 7,80 + 2 \cdot 1,13 = 10,06$ ;

$$R_5 = \frac{6,97}{10,06} = 0,69; \quad c = 37;$$

$$v_5 = \frac{8,00}{6,97} = 1,14; \quad J_5 = \frac{1,29}{1369 \cdot 0,69} = \mathbf{0,00136}.$$

*Profil 6* (150 m vom Stau).

Sohle  $b_6 = 7,70$ ; Wassertiefe  $t_6 = 0,81 + 50 \cdot 0,00136 = 0,88$ ;  
 $F_6 = (7,70 + 0,88) \cdot 0,88 = 7,55$ ;  $p_6 = 7,7 + 2 \cdot 1,23 = 10,16$ ;

$$R_6 = \frac{7,55}{10,16} = 0,74; \quad c = 37,5;$$

$$v_6 = \frac{8,00}{7,55} = 1,06; \quad J_6 = \frac{1,12}{1406 \cdot 0,74} = \mathbf{0,00108}.$$

*Profil 7* (250 m vom Stau).

Sohle  $b_7 = 7,5$ ; Wassertiefe  $t_7 = 0,88 + 100 \cdot 0,00108 = 0,99$ ;  
 $F_7 = (7,5 + 0,99) \cdot 0,99 = 8,5$ ;  $p_7 = 7,5 + 2 \cdot 1,39 = 10,28$ ;

$$R_7 = \frac{8,5}{10,28} = 0,82; \quad c = 38;$$

$$v_7 = \frac{8,00}{8,5} = 0,95; \quad J_7 = \frac{0,9}{1444 \cdot 0,82} = \mathbf{0,00076}.$$

*Profil 8* (500 m vom Stau).

Sohle  $b_8 = 7,00$ ; Wassertiefe  $t_8 = 0,99 + 250 \cdot 0,00076 = 1,18$ ;  
 $F_8 = (7,00 + 1,18) \cdot 1,18 = 9,6$ ;  $p_8 = 7,00 + 2 \cdot 1,65 = 10,30$ ;

$$R_8 = \frac{9,6}{10,30} = 0,93; \quad c = 39,0;$$

$$v_8 = \frac{8,00}{9,6} = 0,85; \quad J_8 = \frac{0,69}{1521 \cdot 0,93} = \mathbf{0,00049}.$$

*Profil 9* (1000 m vom Stau).

Sohle  $b_9 = 6,0$ ; Wassertiefe  $t_9 = 1,18 + 500 \cdot 0,0004 = 1,42$ ;

$F_9 = (6,0 + 1,42) \cdot 1,42 = 10,5$ ;  $p_9 = 6,0 + 2 \cdot 1,98 = 9,96$ ;

$$R_9 = \frac{10,5}{9,96} = 1,05; \quad c = 40;$$

$$v_9 = \frac{8,00}{10,5} = 0,76; \quad J_9 = \frac{0,58}{1600 \cdot 1,05} = \mathbf{0,00034}.$$

*Profil 10* (1500 m vom Stau, Schnittpunkt der Sohlenaufhöhung mit der alten Sohle;  $t_{\max}$ ,  $v_{\min}$ ).

Sohle  $b_{10} = 5,0$ ; Wassertiefe  $t_{10} = 1,42 + 500 \cdot 0,00034 = 1,59$ ;

$F_{10} = (5,0 + 1,59) \cdot 1,59 = 10,48$ ;  $p_{10} = 5,0 + 2 \cdot 2,23 = 9,46$ ;

$$R_{10} = \frac{10,48}{9,46} = \mathbf{1,10}; \quad c = 40,5;$$

$$v_{10} = \frac{8,00}{10,48} = 0,76; \quad J_{10} = \frac{0,58}{1640 \cdot 1,10} = \mathbf{0,00032}.$$

Schon ein Profil in nur 100 m Entfernung zeigt den nunmehr eintretenden *konkaven* Verlauf der Staukurve.

*Profil 11* (1600 m vom Stau).

Sohle  $b_{11} = 5,0$ ; Wassertiefe  $t_{11} = (1,59 + 100 \cdot 0,00032 - 100 \cdot 0,001) = 1,52$ ;

$F_{11} = (5,0 + 1,52) \cdot 1,52 = 9,91$ ;  $p_{11} = 5,0 + 2 \cdot 2,1 = 9,2$ ;

$$R_{11} = \frac{9,91}{9,2} = 1,07; \quad c = 40;$$

$$v_{11} = \frac{8,00}{9,91} = 0,80; \quad J_{11} = \frac{0,64}{1600 \cdot 1,07} = \mathbf{0,00037}.$$

Also  $J_{11} > J_{10}$ ; die Zunahme des Gefälles ist nunmehr eine gleichmäßige bis  $J = 0,001$  dem Gefälle des ungestauten Flusses.

Diese Art der Berechnung einer Staukurve ist auch dann die allein mögliche, wenn es sich um die Ermittlung der Stauwirkung eines Wehres in einem unausgebauten Wasserlauf mit stark wechselnden Profilen handelt; alsdann müssen natürlich genaue Aufnahmen der einzelnen Strecken stattfinden und diese der Rechnung zugrunde gelegt werden.

Die *beweglichen* Wehre sind sowohl in der Anlage, wie in der Unterhaltung und Bedienung erheblich kostspieliger. Besonders die Schwierigkeit der rechtzeitigen Bedienung bei Hochwasser schließt oft ihre Verwendung im Gebirgs- und Hügellande, wo starke Hochwasser unvorhergesehen eintreten können, von vornherein aus.

## § 72.

**Anordnung und Konstruktion der Wehre.** Bei jeder Stauanlage (Fig. 273) unterscheidet man ganz allgemein folgendes: Der oberste Teil

des eigentlichen *Wehrkörpers* ist der *Rücken* oder die *Krone* (ein „bewegliches Wehr“ kann in diesem Sinne als festes Wehr angesehen werden, auf dessen Krone nur noch die bewegliche Verschlussvorrichtung angeordnet ist). Eine oberhalb 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 Unter-

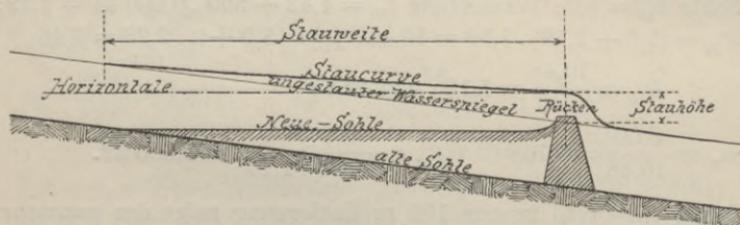


Fig. 273.

wasser 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*.

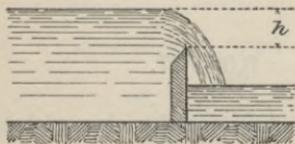


Fig. 274.

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.

Bei einem vollkommenen Überfallwehr (Fig. 274) bestimmt sich die sekundlich abfließende Wassermenge  $Q$  nach der in der Hydrodynamik (Teil I, Abschn. III, § 84) für Überfälle in dünner Wand ermittelten Formel in Kubikmetern 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. 275) ist durchschnittlich  $\frac{2}{3}\mu_1 = 0,57$ . Wenn der Wehrrücken sehr breit und horizontal angelegt ist, so findet über ihm eine wesentliche Senkung des Wasserspiegels statt (Fig. 276). Die abfließende Wassermenge würde dann gegebenenfalls wie bei einem Grundwehr zu berechnen sein.

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. 277) 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 Teil I, Abschn. III, §§ 80 und 84).

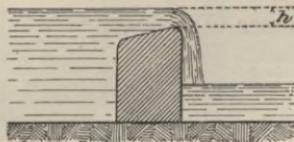


Fig. 275.



Fig. 276.

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.

Der Koeffizient  $\frac{2}{3}\mu_1$  kann wiederum zu 0,57 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 beweglichen Wehren, bei denen 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 Abflußöffnung über dem Unterwasser (Fig. 278), so ist

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} [(h_1 + k)^{3/2} - (h_0 + k)^{3/2}];$$

liegt die Abflußöffnung mit der Unterkante unter, mit der Oberkante über Unterwasser (Fig. 279), so ist

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} [(h_1 + k)^{3/2} - (h_0 + k)^{3/2}] + \mu \cdot b \cdot a \sqrt{2g} \sqrt{h_1 + k};$$

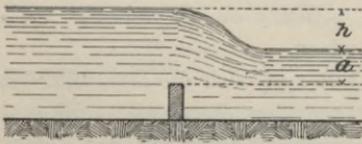


Fig. 277.

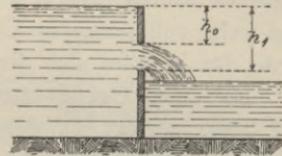


Fig. 278.

liegt die ganze Schützöffnung unter Unterwasser (Fig. 280), so ist

$$Q = \mu b a \sqrt{2g} \sqrt{h + k}.$$

In diesen drei Formeln bedeutet  $b$  die Breite der (rechteckigen) Abflußöffnung und wiederum  $k = \frac{v^2}{2g}$ . Bei Öffnungen, deren Unterkante

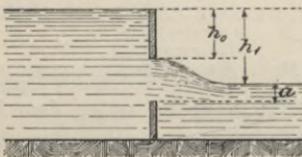


Fig. 279.

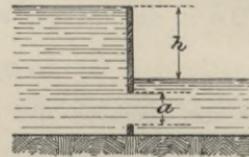


Fig. 280.

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 Aufstaus 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.

Die *beweglichen Wehre* werden nach der Art ihres Verschlusses unterschieden. Als Verschlussvorrichtungen kommen in Betracht einzelne Bohlen oder Balken, Schütztafeln, einzelne vertikal stehende sogen. Nadeln und um — meist horizontale — Achsen drehbare Klappen.

Die drehbaren Klappen finden vornehmlich bei den sogen. selbstwirkenden Wehren Anwendung, bei denen das Öffnen und Schließen teilweise oder ganz selbsttätig durch das Wasser erfolgt.

### § 73.

**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.

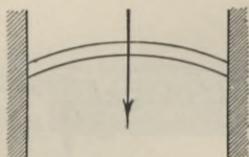


Fig. 281.

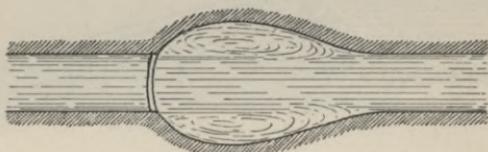


Fig. 282.

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. 281) 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 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 birnenscheibelförmige Erweiterung des Bettes, den sogen. Sturzkolk, herstellt (Fig. 282).

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. 283), 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, ein Netz geschaffen, dessen Felder mit einem

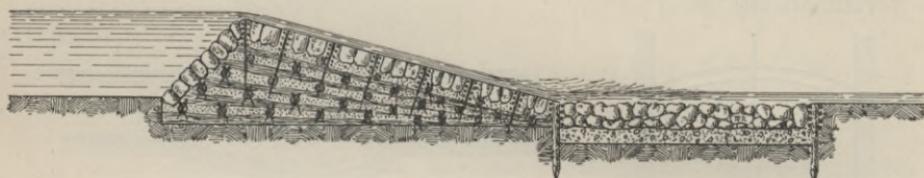


Fig. 283.

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. Diese Wehre sind stets mehr oder weniger undicht und können daher nur zur Anwendung kommen, wenn ein oft recht erheblicher Wasserverlust unbedenklich ist. Auch muß der Untergrund fest genug sein, um dem Überdruck des aufgestauten Wassers Widerstand zu leisten.

**2. Hölzerne Wehre.** Nach der Art des Wasserabsturzes unterscheidet man:

- a) *Wehre mit senkrechtem Absturz*, bei denen das Wasser senkrecht auf den in Höhe der alten Sohle horizontal liegenden Abfallboden fällt, seine Fallgeschwindigkeit durch diesen Auffall wieder verliert und seinen Abfluß unterhalb des Wehres lediglich mit der aus dem Gefälle des Flusses sich ergebenden Geschwindigkeit findet (Fig. 284 bis 287).

- b) Wehre mit geneigtem Abfallboden, bei denen das Wasser über den Wehrkörper mit zunehmender Geschwindigkeit fortfließt und mit der unverminderten Endgeschwindigkeit dem unterhalb des Wehres anschließenden Flussschlauche zugeführt wird, so daß erst auf einer längeren oder kürzeren Flusstrecke allmählich die normale Geschwindigkeit wieder erreicht wird (Fig. 288).

Den *Vorzug* verdienen unbedingt die *Wehre mit wagrechtem Abfallboden*, da es keine Schwierigkeiten macht, den räumlich begrenzten

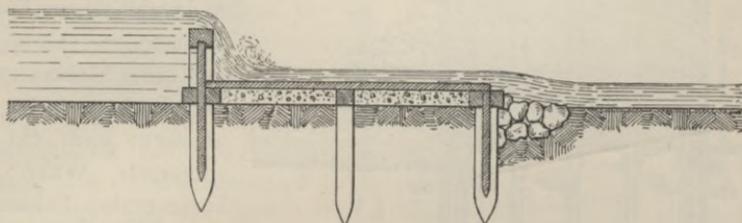


Fig. 284.

Abfallboden genügend stark herzustellen, und zwar mit wesentlich geringeren Kosten, als der Ausbau und die dauernde Unterhaltung einer längeren Flusstrecke erfordert, deren Begrenzung man zudem vorher nicht bestimmen kann.

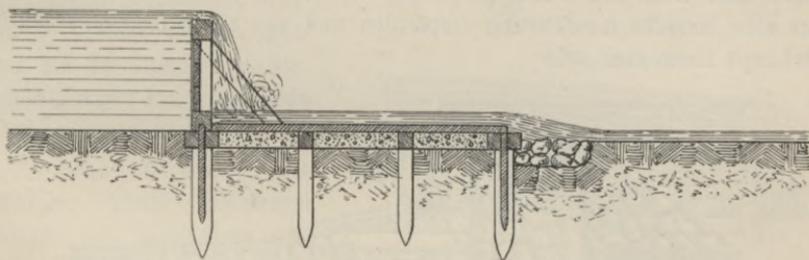


Fig. 285.

In kleinen Wasserläufen und bei geringen Stauhöhen genügen oft schon einfache Bohl- oder Spundwände nach Art der Abstürze, welche im Grunde genommen auch nichts anderes als Grundwehre sind. Das Sturzbett wird durch Steinschüttungen oder Senkfascinen oder, wenn die überstürzende Wassermenge bedeutender ist, durch einen aus Schwellwerk und Bohlen hergestellten Abfallboden gesichert (Fig. 284 und 285). Für größere Stauhöhen werden die Wehre aus mehreren parallelen Wänden zusammengesetzt, durch dazwischen geschlagene Pfahlreihen verstärkt und durch eine Ausfüllung mit Lehm oder Tonschlag gedichtet (Fig. 286).

Bei allen diesen Konstruktionen ist der Hauptwert auf die Herstellung einer einheitlichen geschlossenen Wand zu legen, durch welche innerhalb des Flussschlauches die Behinderung des Abflusses — „der Aufstau“ — herbeigeführt wird und die nach der Tiefe (in der Sohle) und den beiden Seiten (in die beiderseitigen Böschungen) so weit fortgeführt werden muß, daß ein Unterwaschen oder Umströmen des Bauwerkes infolge des Über-

druckes des angestauten Wassers ausgeschlossen ist. Nur bei vollkommen undurchlässigem Ton- und Lehm Boden kann man von einer Sicherung nach der Tiefe und der Seite absehen und die „absperrende Wand“ aus horizontalen Bohlen herstellen, die an eingerammten Pfählen (Fig. 287) befestigt sind. Bei größerer Höhe sind natürlich wiederum 2 oder

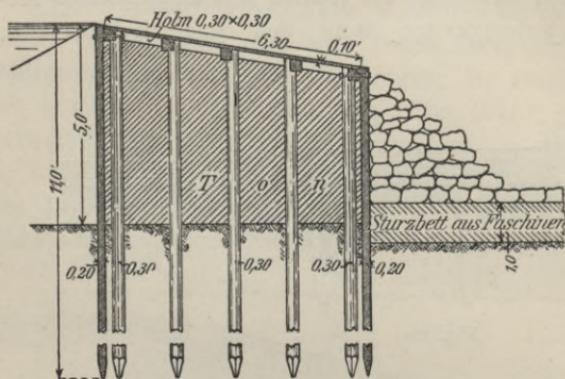


Fig. 286.

mehr Wände notwendig, zwischen denen Steinpackung (weniger dicht) gebracht oder Ton und Lehm gestampft wird. Bei Felsboden dürfte sich stets eine massive Ausführung empfehlen und von einer Holzkonstruktion überhaupt abzusehen sein.

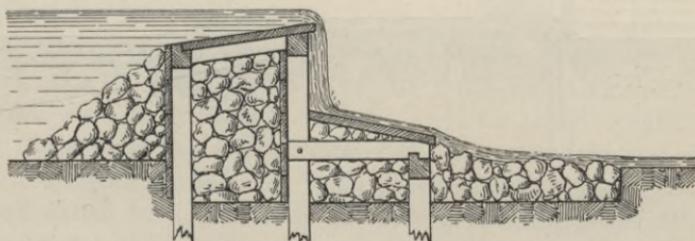


Fig. 287.

Ein Holzwehr mit *geneigtem Abfallboden* (Fig. 288) besteht aus drei parallelen Wänden, von denen die mittlere (die Hauptspundwand) den 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—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—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. 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  $15^{\circ}$ — $20^{\circ}$  und werden in der Richtung der Nebenfachbäume durch Flügel, die normal zum Ufer stehen, begrenzt. Die hölzernen Seitenwände 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.

Die Bohlenverkleidung des Vor- und Abfallbodens kann auch durch Pflaster ersetzt werden. Die Grundbalken liegen dann bündig mit der Pflasteroberkante.

Die Bohlenverkleidung des Vor- und Abfallbodens kann auch durch Pflaster ersetzt werden. Die Grundbalken liegen dann bündig mit der Pflasteroberkante.

**3. Massive Wehre.** Auch hier sind Konstruktionen zu unterscheiden, welche das Wasser, wie die hölzernen Wehre mit geneigtem Abfallboden,

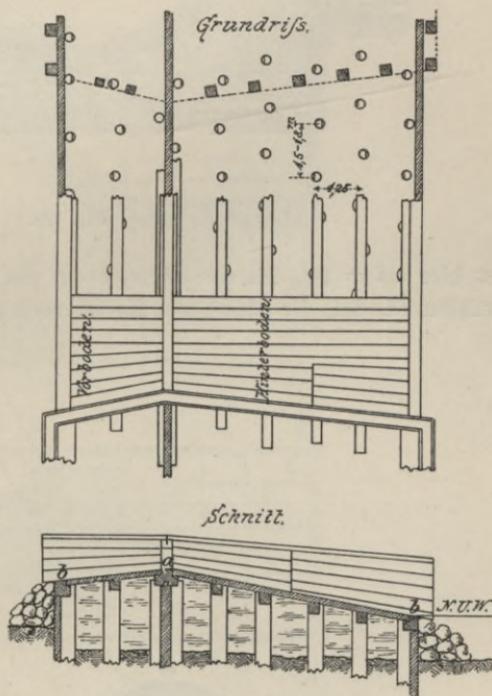


Fig. 288.

mit zunehmender Geschwindigkeit abfließen lassen, und solche, bei denen das Wasser senkrecht auf den Abfallboden herabstürzt.

Für den ersteren Fall kann der Querschnitt des Wehrkörpers nach Fig. 289 hergestellt werden. Eine andere Gestaltung zeigt Fig. 290. Es

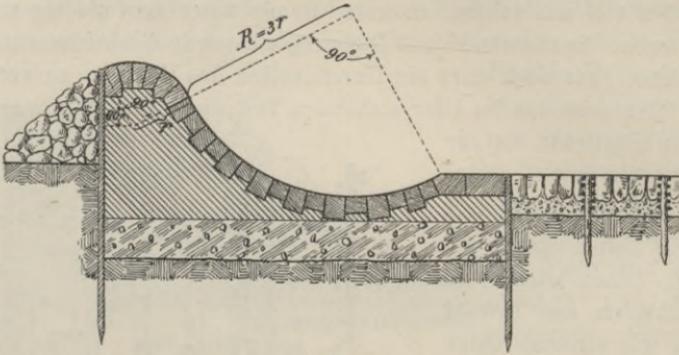


Fig. 289.

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

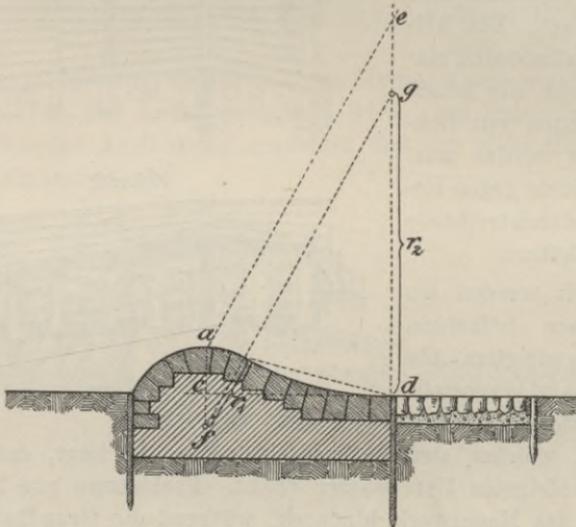


Fig. 290.

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 schon an sich aus den auf S. 249 angeführten Gründen gegen die Anlage von Wehren mit geneigtem Abfallboden nicht zu empfehlen, zur Ausführung für Meliorationsanlagen aber

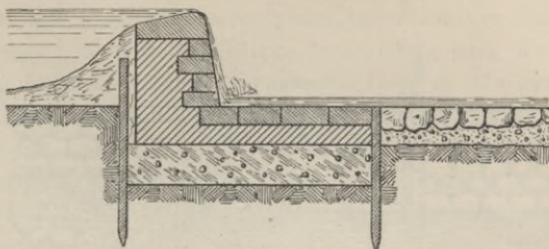


Fig. 291.

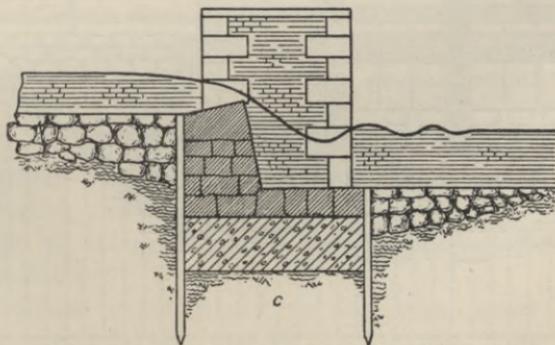
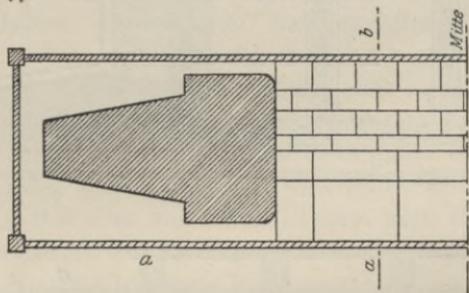
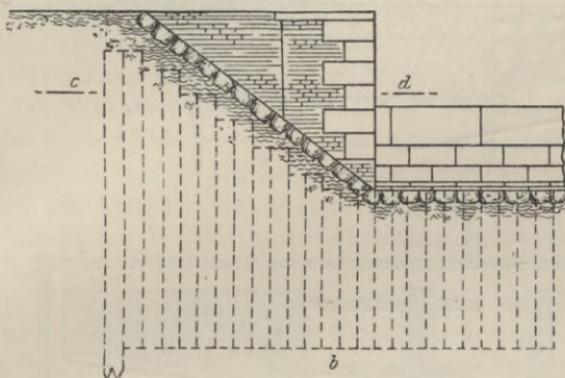


Fig. 292.

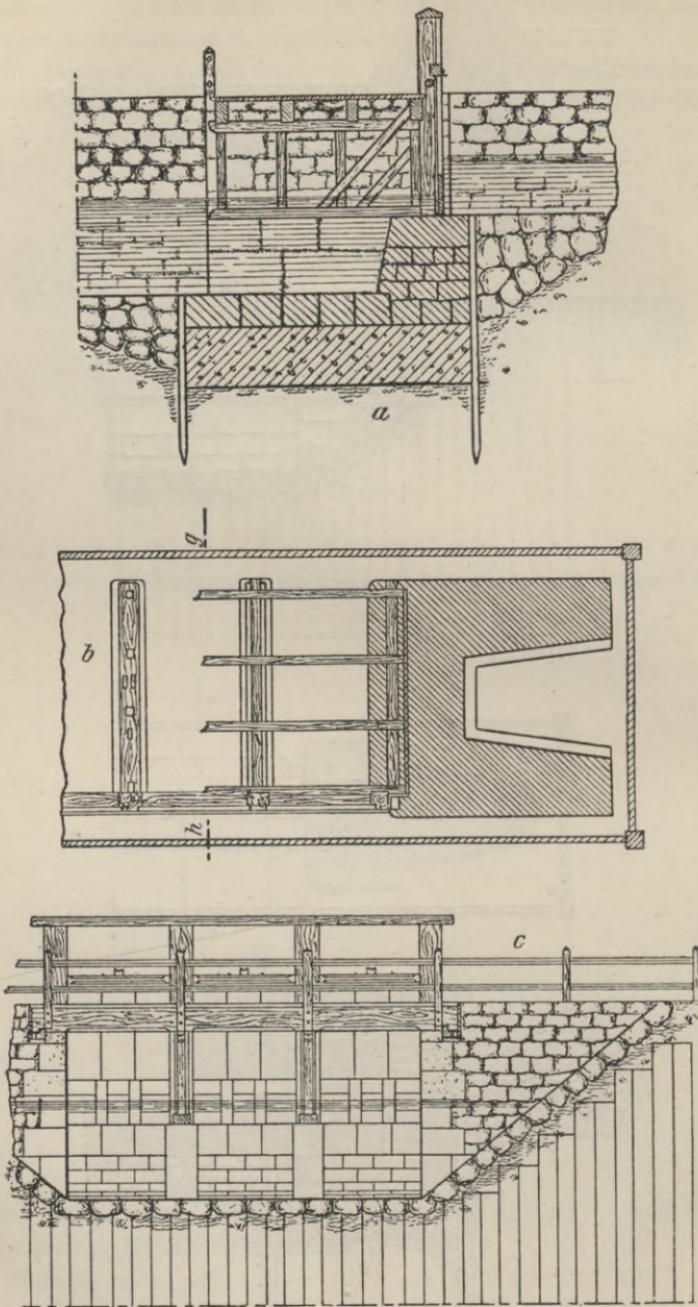


Fig. 293.

um so weniger 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.

Billiger und leichter herzustellen ist ein Wehr mit senkrechtem Wasserabsturz. Bereits bei der Bestimmung der über ein Wehr fließenden Wassermenge ist darauf hingewiesen worden, daß die Wehrkrone zweckmäßig mit der Stromrichtung steigend und mit abgerundeter Kante herzustellen ist, um die Kontraktion des Wassers über dem Wehrrücken möglichst zu vermindern (Fig. 291). 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 (wie bei den Holzwehren die einheitlich geschlossene Wand) bilden und mit diesen so weit in den gewachsenen Boden der Ufer hineingeführt werden, daß ein Umspülen des Wehres ausgeschlossen ist.

Die Länge des Wehres in der Flußrichtung hängt von der Wehrhöhe und von der „Höchstgeschwindigkeit“ des Wassers über dem Wehrrücken ab. Wirkt das Wehr selbst bei Hochwasser noch als vollkommener Überfall, so ist dafür die Höhe des Hochwassers über dem Wehrrücken, sonst natürlich nur der Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser bestimmend, in beiden Fällen unter Berücksichtigung der Ankunfts-Geschwindigkeit.

Wenn möglich, sind Wangen und Flügel stets als eine einzige starke Mauer, gewissermaßen als Verlängerung des Wehrkörpers, herzustellen (Fig. 292). Eine derartige Anordnung ist nicht allein an sich wesentlich billiger, sondern bietet, vornehmlich bei kleineren Verhältnissen, auch eine größere Sicherheit, wie etwa eine Grundrißform nach Fig. 293 *b*. Flügel nach letzterer Form sind der Zerstörung durch Frost infolge Erstarrens der durchtränkten Hinterfüllungserde leicht ausgesetzt. In dem gezeichneten Beispiel mußte jedoch diese Form gewählt werden, da die Anlage einer Brücke eine Breite und Gestaltung des Widerlagers verlangt, die mit der einheitlichen Mauer nicht zu erreichen gewesen wäre.

## § 74.

**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. (Vergl. § 72, S. 244.)

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*, *Griessäule*, *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. 294) 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.

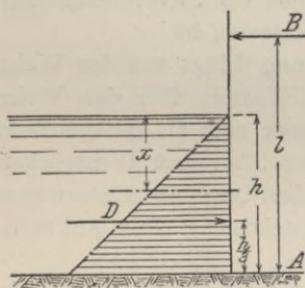


Fig. 294.

Die größte Beanspruchung tritt ein, wenn bei voller Stauhöhe das Unterwasser ganz fortfallen würde. Da der Wasserdruck an jeder Stelle gleich dem senkrecht zur Fläche gerichteten Druck einer Wassersäule von der Höhe der Druckhöhe (Tiefe der Stelle unter dem Wasserspiegel) ist, so stellt sich die Gesamtbelastung des Ständers (siehe Hydrostatik, Teil I, Abschn. III, § 72) als ein Dreieck dar (Fig. 294) von der Größe:

$$D = \frac{1000 b h^2}{2} \text{ kg (alle Abmessungen in Metern ausgedrückt),}$$

und die Resultante (die gleichwertige Einzellast) greift in  $\frac{1}{3} h$  an.

Die Auflagerdrücke berechnen sich dann aus der Gleichung:

$$B \cdot l = D \cdot \frac{h}{3}, \text{ d. h.}$$

$$B = \frac{1000 b h^3}{6 l} \text{ und } A = D - B.$$

Für die Querschnittsabmessungen des Ständers ist das Maximalmoment der äußeren Kräfte maßgebend, dasselbe wird in einem Abstand  $x$  unter dem Wasserstand auftreten, wo die Summe der horizontal wirkenden Kräfte = 0 wird, d. h.:

$$B = \frac{1000 b h^3}{6 l} = \frac{x^2}{2} \cdot b \cdot 1000,$$

$$\text{oder } x = \sqrt{\frac{h^3}{3l}},$$

und das Maximalmoment selbst ist:

$$M_{\max} = B \cdot (l - h + x) - B \cdot \frac{x}{3} = B \cdot (l - h + \frac{2}{3}x).$$

Dieser Wert ist gleich dem Widerstandsmoment des Ständerquerschnittes mal der zulässigen Spannung des Materials zu setzen:

$$M_{\max} = KW.$$

*Beispiel.* Ein Schützenwehr mit 2,00 m Stauhöhe über Sohle ist durch Losständer in Schützbreiten von 1,5 m Breite geteilt. Wie stark müssen die aus Kiefernholz gefertigten Ständer gemacht werden, wenn deren freie Länge 3,0 m beträgt?

$$D = \frac{1000 \cdot 1,5 \cdot 2,0^2}{2} = 3000 \text{ kg},$$

$$B = \frac{3000 \cdot 2,0}{3 \cdot 3,0} = 667 \text{ kg und } A = 2333 \text{ kg}.$$

Der gefährlichste Querschnitt liegt in einem Abstand unter dem Wasser:

$$x = \sqrt{\frac{2^3}{3 \cdot 3}} = 0,94, \text{ somit:}$$

$$M_{\max} = 667 \cdot (3,0 - 2,0 + \frac{2}{3} \cdot 0,94) = 1087 \text{ m/kg}.$$

Das Widerstandsmoment eines rechteckigen Balkens ist:

$$W = \frac{b h^2}{6} \text{ (siehe Teil I, Abschn. III, § 49);}$$

setzt man nun wiederum  $b = 0,71$ ,  $h$  und  $k = 60$  kg pro Quadratzentimeter, so ergibt sich:

$$M_{\max} = 108700 = \frac{60 \cdot 0,71 \cdot h^3}{6}; \quad h^3 = 15310 \text{ oder } h = 25 \text{ cm} \\ \text{und } b = 18 \text{ cm}.$$

Die Ständer würden mithin eine Stärke 18/25 erhalten müssen, wofür man, mit Rücksicht auf Falze usw., Hölzer von 20/25 wählen würde.

Für den Fall, daß das Unterwasser nicht ganz fortfällt, stellt sich die Belastung des Ständers (Fig. 295) von der Sohle bis zum Unterwasserspiegel als Rechteck und von da bis zum Oberwasserspiegel als Dreieck dar.

Es berechnet sich:

$$D = \frac{1000 \cdot b \cdot h^2}{2} + 1000 \cdot b \cdot a \cdot h = 500 b h (2a + h) \text{ kg},$$

und die Auflagerdrücke sind:

$$B \cdot \frac{1000 \cdot b \cdot h}{6 l} \cdot (3 a [a + h] + h^2) \text{ und } A \cdot D - B.$$

Die weitere Berechnung wird in gleicher Weise wie in dem ersten Fall durchgeführt.

Die Berechnung der zum Aufziehen der Verschlussvorrichtungen erforderlichen Kraft ist in der Hydrostatik (Abschn. III, § 73) behandelt.

Bilden *einzelne* Bohlen oder Balken den Verschluss, so müssen an jedem derselben Bügel oder Griffe angebracht werden, um sie einzeln mit Ketten oder Bootshaken herausnehmen zu können. Diese Vorkehrungen sind so zu konstruieren, daß sie einerseits auch unter dem fließenden Wasser leicht gefaßt werden können, andererseits den dichten Schlufs der Balken nicht unterbrechen. Am besten haben sich einzelne Bolzen bewährt, die in Ausklinkungen der Balken mittels eiserner Hülsen befestigt werden (Fig. 296).

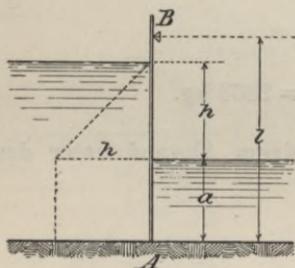


Fig. 295.

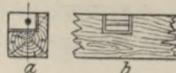


Fig. 296.

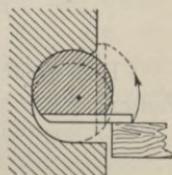


Fig. 297.

Bei größeren Stauhöhen empfiehlt es sich außerdem, zum schnellen und leichteren Freilegen der ganzen Öffnung die Balken nur mit dem einen Ende in Falze zu legen, die anderen Enden aber auf bewegliche Pfosten zu lagern. Exzentrisch unterstützte Drehpfosten (Fig. 297) oder um einen an der Sohle liegenden Drehpunkt umklappbare Stützen (Fig. 298 a und b) haben sich gleich gut bewährt.

Die letztere Konstruktion bedingt direkt hinter dem Verschluss eine tiefere Lage der Sohle, damit der bewegliche Pfosten tief genug liegt, um auch den untersten Balken frei zu geben.

An einfachen Handgriffen (Fig. 299) direkt wirkend, genügt Menschenkraft meistens nur bei ganz kleinen Abmessungen der Verschlussstafel (Schütze) und unbedeutender Stauhöhe.

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 Stauens. 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. 300 dargestellte Aufzugsvorrichtung. Der zur Bewegung der Schütztafel dienende einarmige Hebel ist an dem einen Ende scharnierartig befestigt. Sowohl das Anziehen wie das Hinabdrücken 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. 301), so daß mit 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. 302) verwendet. Die Walzen werden aus hartem Holz, 0,15—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 Loch-

reihen erreichen lassen. Wegen der hierdurch verursachten Schwächung wird die Walze dann gewöhnlich in der Mitte um 10 cm verstärkt. An

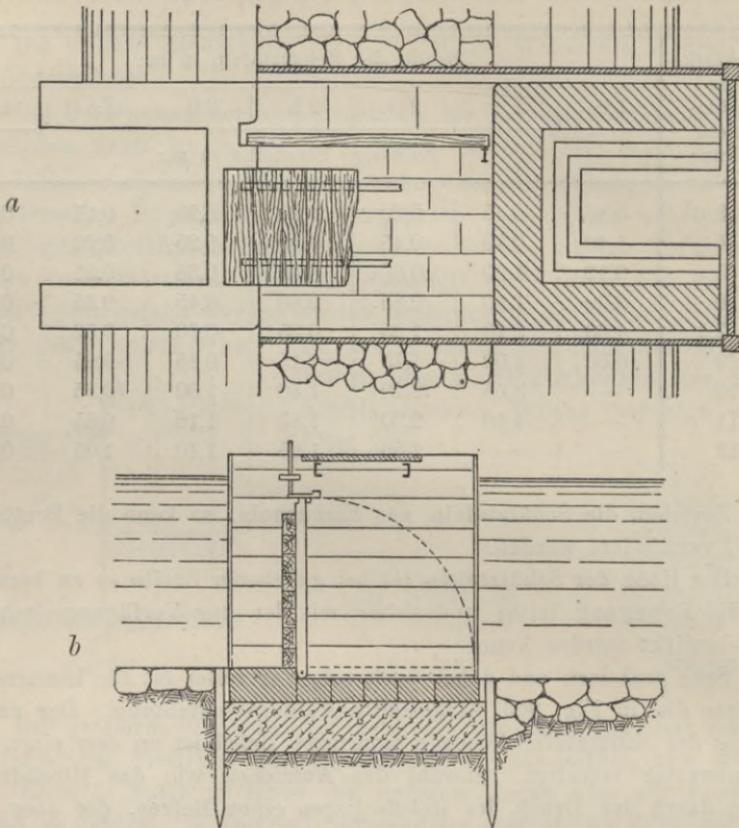


Fig. 298.

einem Ende der Walze ist ein Sperrrad angebracht, welches ein selbsttätiges Rückdrehen der Walze während des Umsteckens der Hebel verhindert (Fig. 303). Die Schützt

tafeln 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

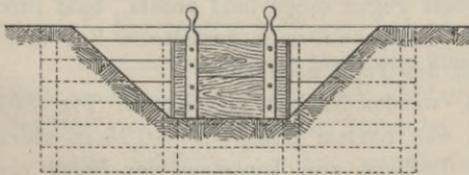


Fig. 299.

schräger Zug bei langer Kette erfolgt, und daß die Ketten während des Aufwickelns allmählich in eine vertikale Richtung übergehen.

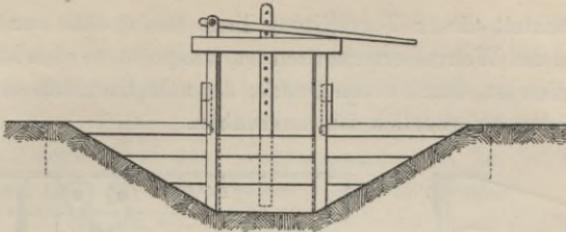


Fig. 300.

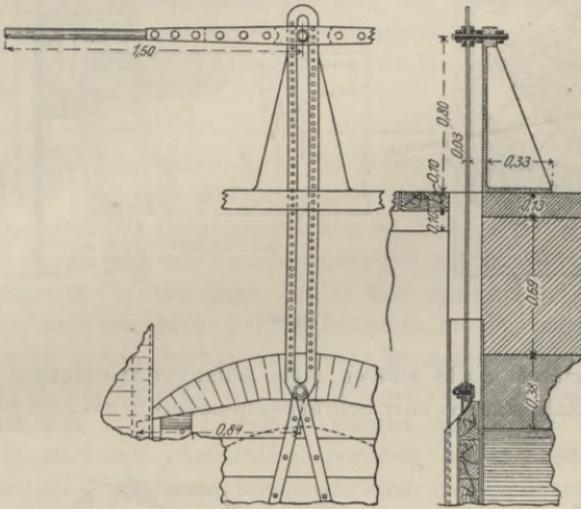


Fig. 301.

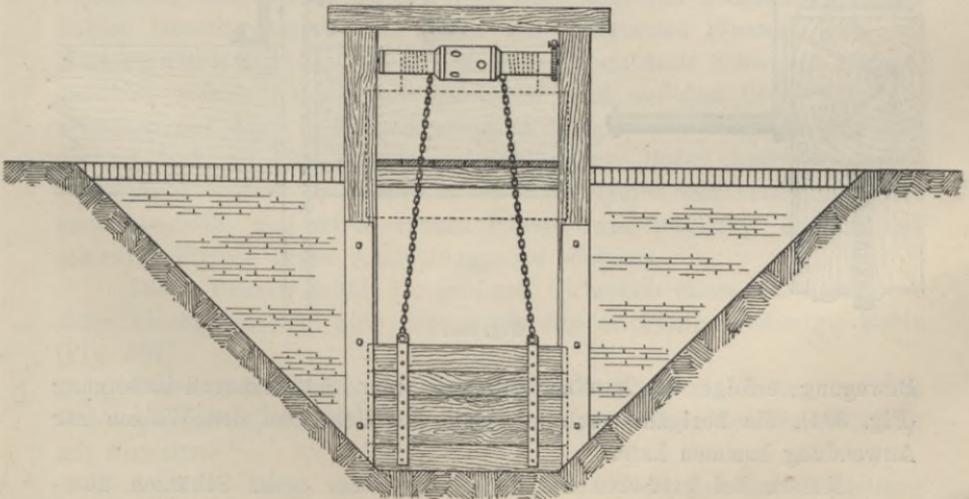


Fig. 302.

Ein Nachteil dieser Vorrichtung liegt darin, daß nur ein Zug, wie er zum Öffnen des Wehres erforderlich ist, ausgeübt werden kann, während es nicht möglich ist, damit einen Druck, der zum Herablassen der Schützen unter Umständen erforderlich ist, auszuüben.

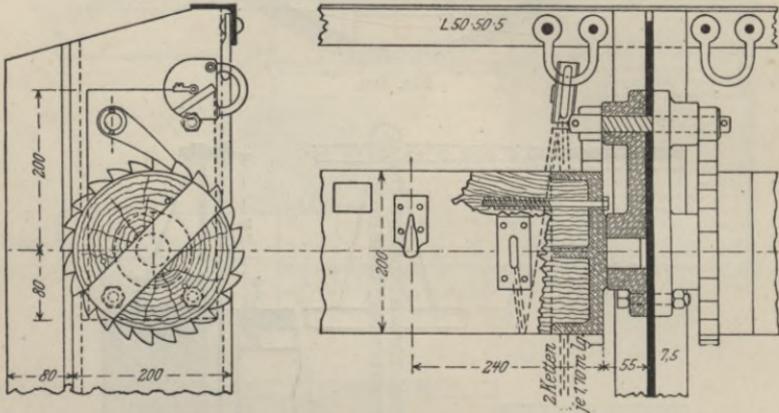


Fig. 303.

In letzterem Falle müssen stets Aufzugsvorrichtungen mit steifen Zugstangen (Zahnstangen oder Schraubenspindeln) verwendet werden. Ihre

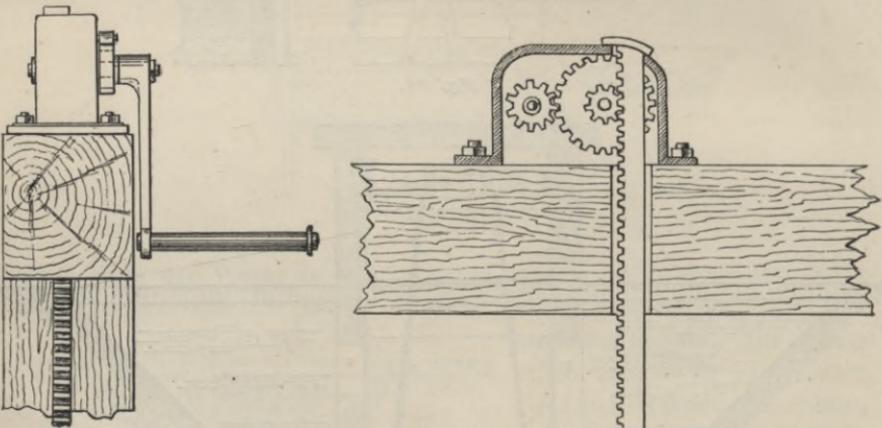


Fig. 304.

Bewegung erfolgt durch eine Zahnrad- oder Schneckenrad-Umsetzung (Fig. 304), 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. 313), daß die zweite Tafel angehoben wird, wenn die erste bereits das Wasser verlassen hat, usw. 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 Übelstände 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. 305 und 314).

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 306 und 307 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. 306) oder durch eine an Pfählen befestigte Bohle (Fig. 307).

Einzelne Staubohlen werden zweckmäßig mittels 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 fern gehalten werden kann, wie dies besonders

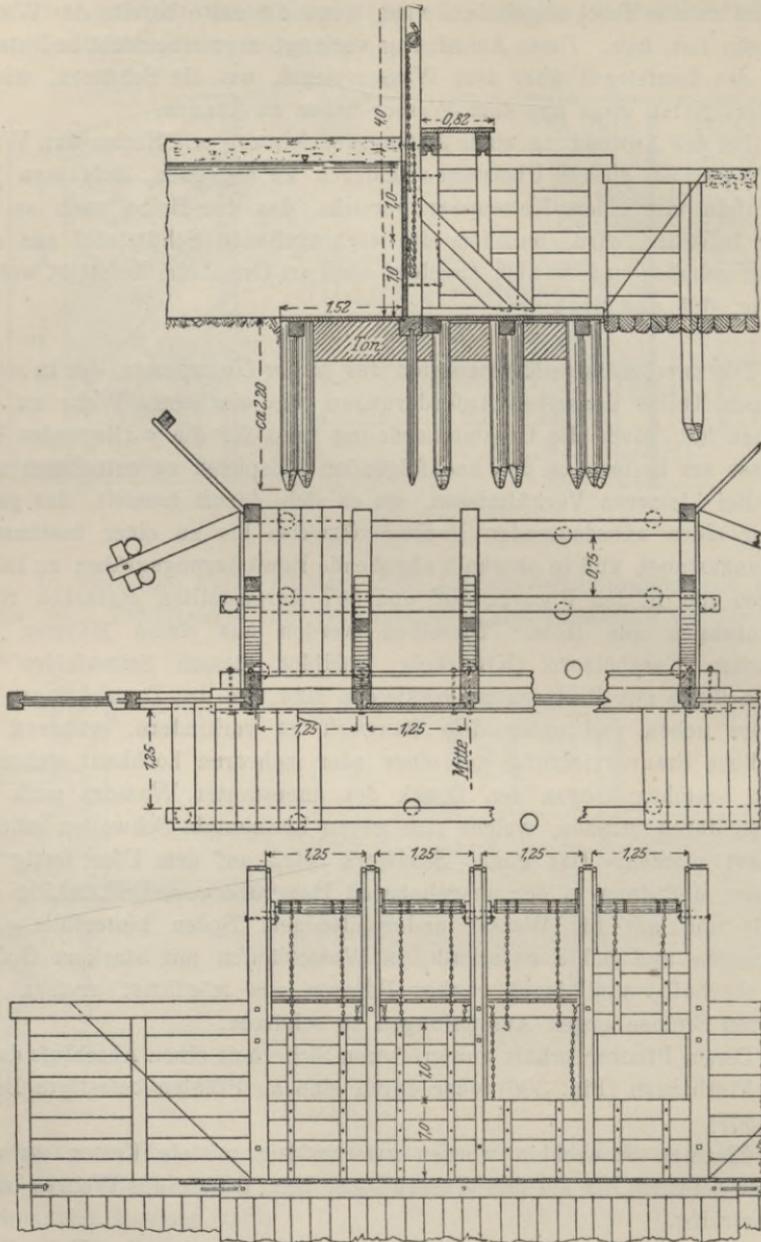
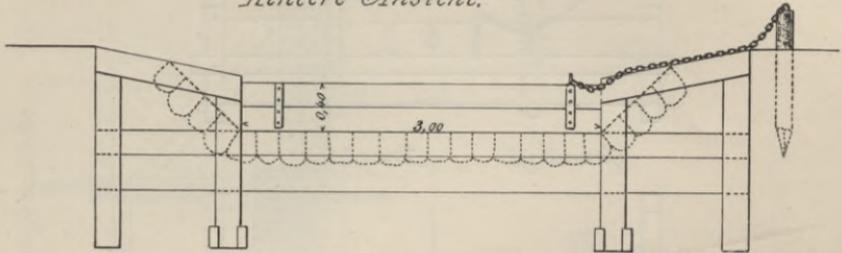


Fig. 305.

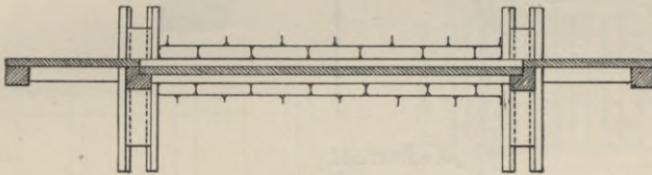
bei der Neuherstellung von Einlaßschleusen fast ausnahmslos der Fall sein wird.

Sofern bei diesen die Schütztafeln selbst nicht bis zur Höhe des Hochwassers im Bache reichen, muß der obere Teil der Schützöffnung

*Hintere Ansicht.*



*Grundriß.*



*Längenschnitt.*

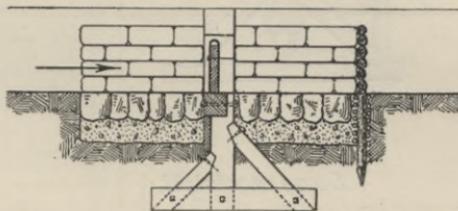


Fig. 306.

durch Bohlen abgeschlossen (Fig. 308, S. 267) und müssen die Streben zweckmäßig bis gegen den oberen Holm geführt werden.

In Fig. 309 (S. 268) 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 angeliefert werden kann. Die Absteifung erfolgt mittels Streben gegen

horizontal in der Längsrichtung des Baches liegende Schwellen, die auf einer Querschwelle gelagert sind. Zwischen diesen Schwellen ist die

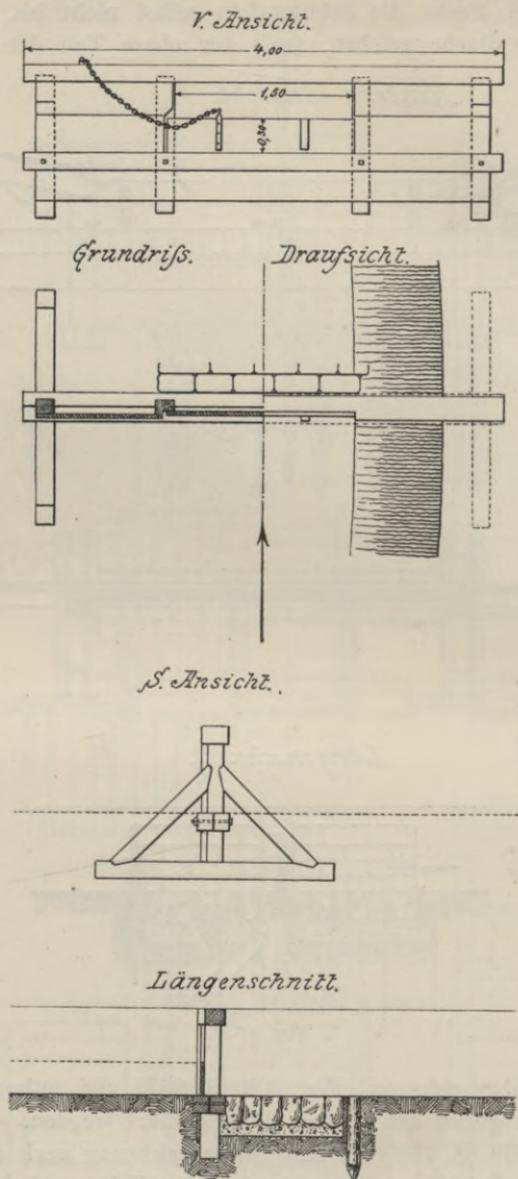


Fig. 307.

Sohle durch Pflaster zu sichern. Bei Verwendung von Steinmaterial würde die einfachste Stauvorrichtung nach Art der in Fig. 310 darge-

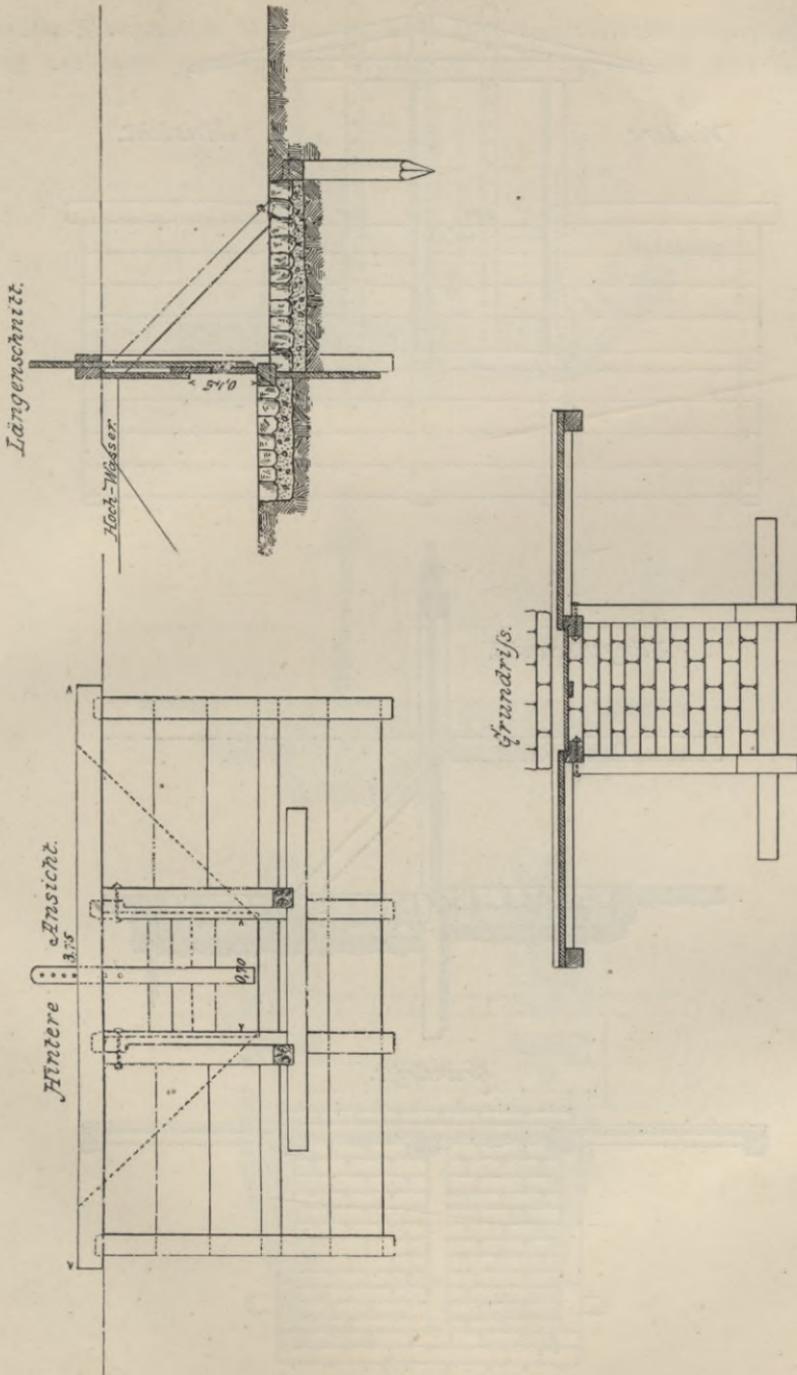


Fig. 808.

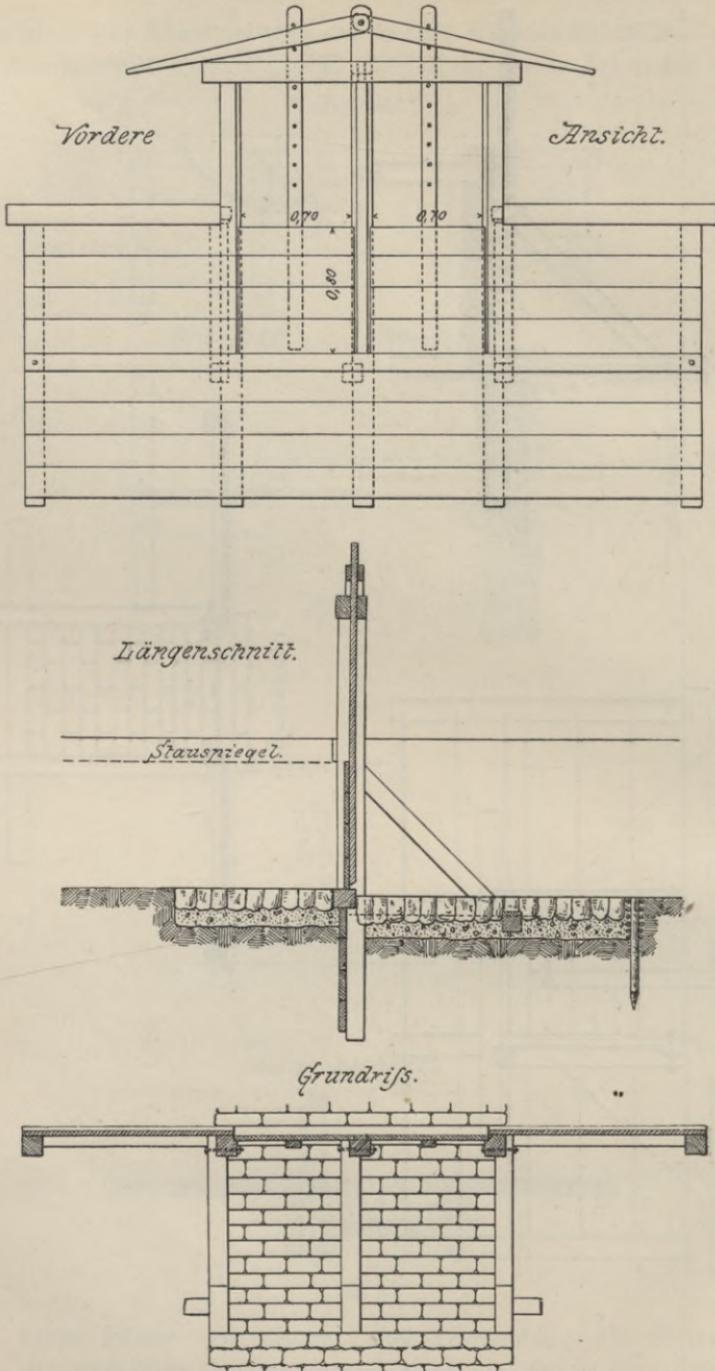


Fig. 309.

stellten Konstruktion herzustellen sein. Der eigentliche Staukörper besteht hier aus einer genügend tief fundierten und entsprechend weit in die

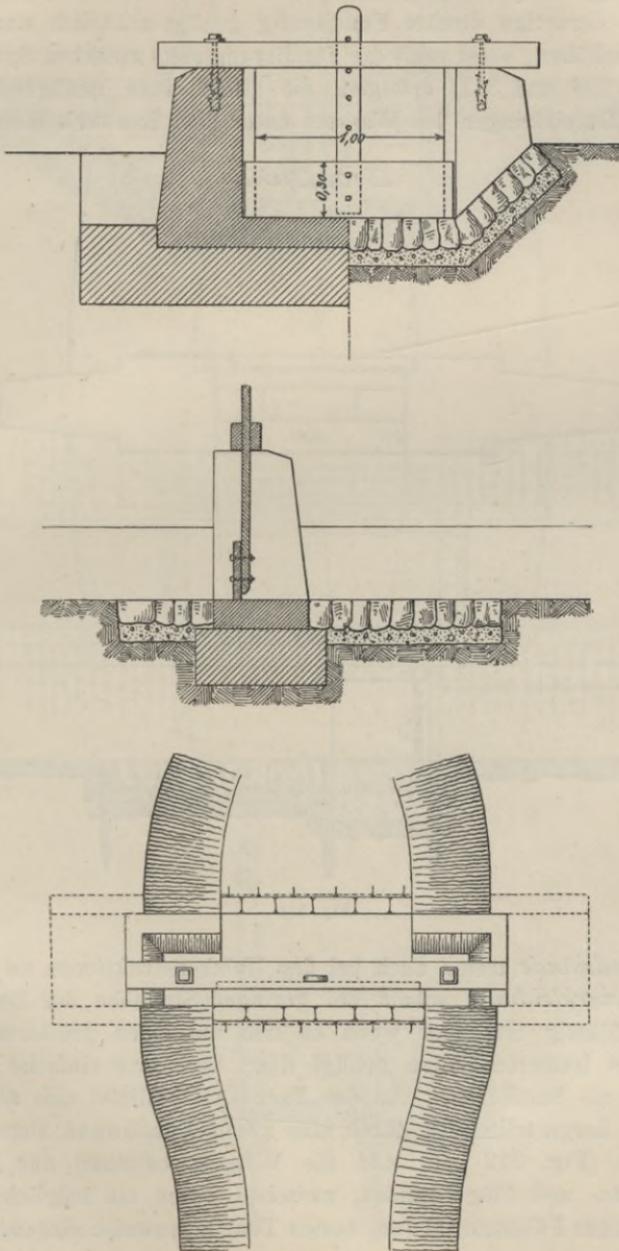


Fig. 310.

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. 293, 298 und 311) erfolgen, die allein einen genügenden Schutz gegen das Durchdringen des Wassers unter dem Bauwerk bieten können.

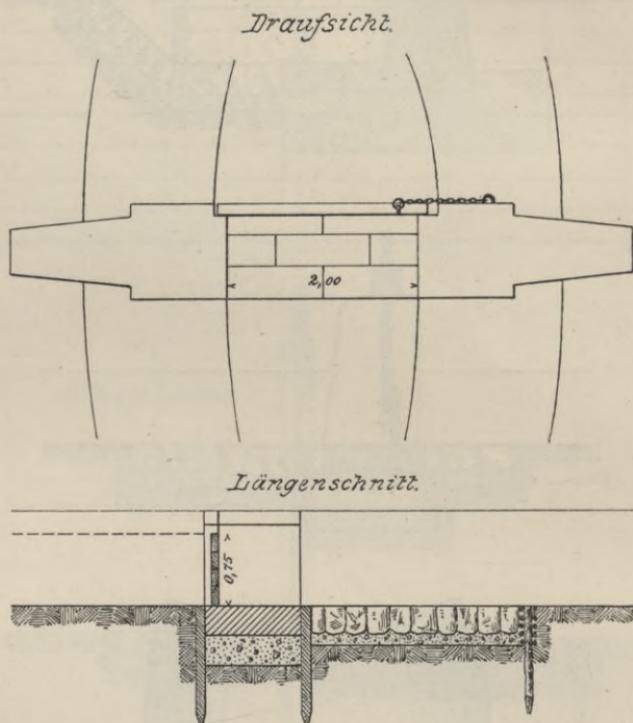


Fig. 311.

*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. 312) an, und die Wangen bestehen aus bohlwerkartigen Stirn- und Flügelwänden, zwischen denen ein möglichst wasserundurchlässiges Füllmaterial (am besten Ton) lagenweise eingebracht wird (Fig. 305).

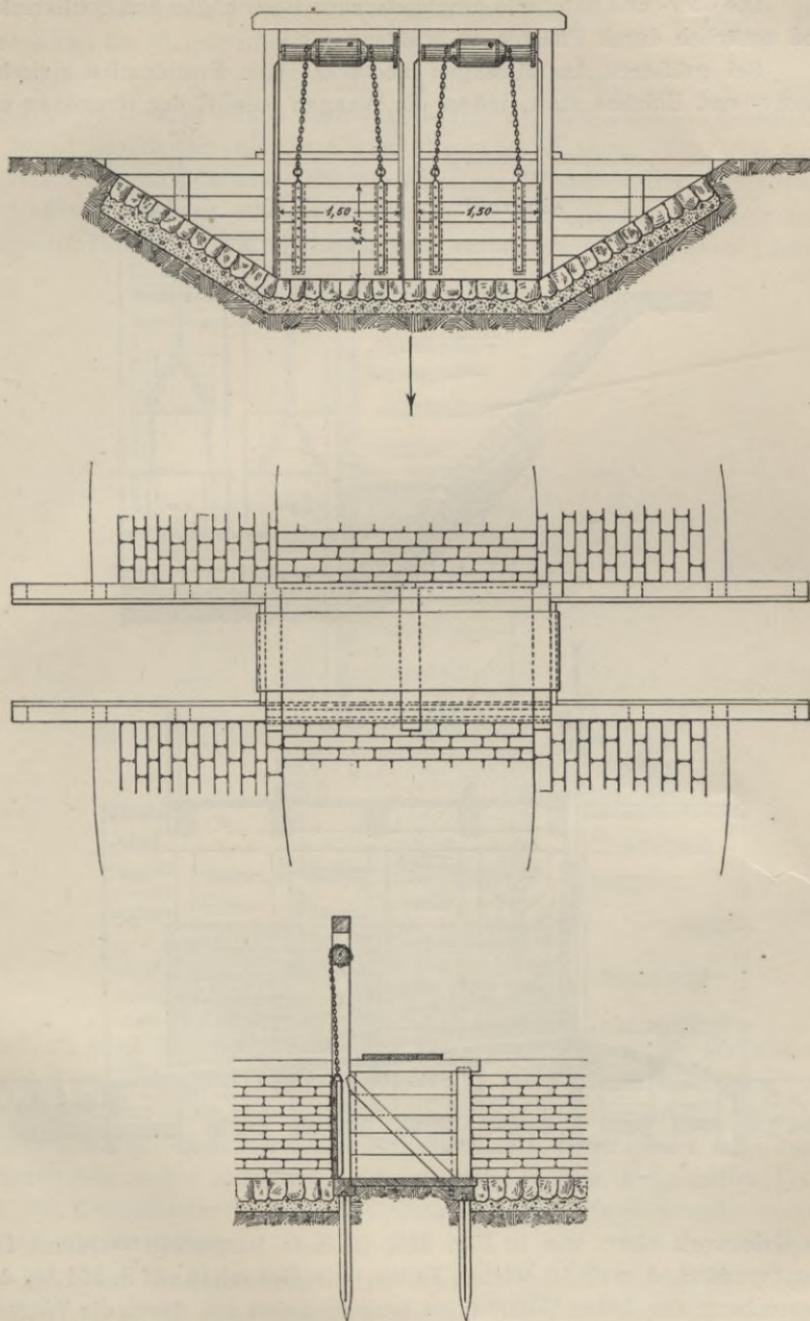


Fig. 312.

Die ober- und unterhalb anschließenden Böschungen und Sohlstrecken sind natürlich durch Pflaster zu schützen.

Bei größeren Ausführungen findet oft eine Kombination zwischen Massiv- und Holzbau statt, indem die Wangen massiv, der Grundbau und

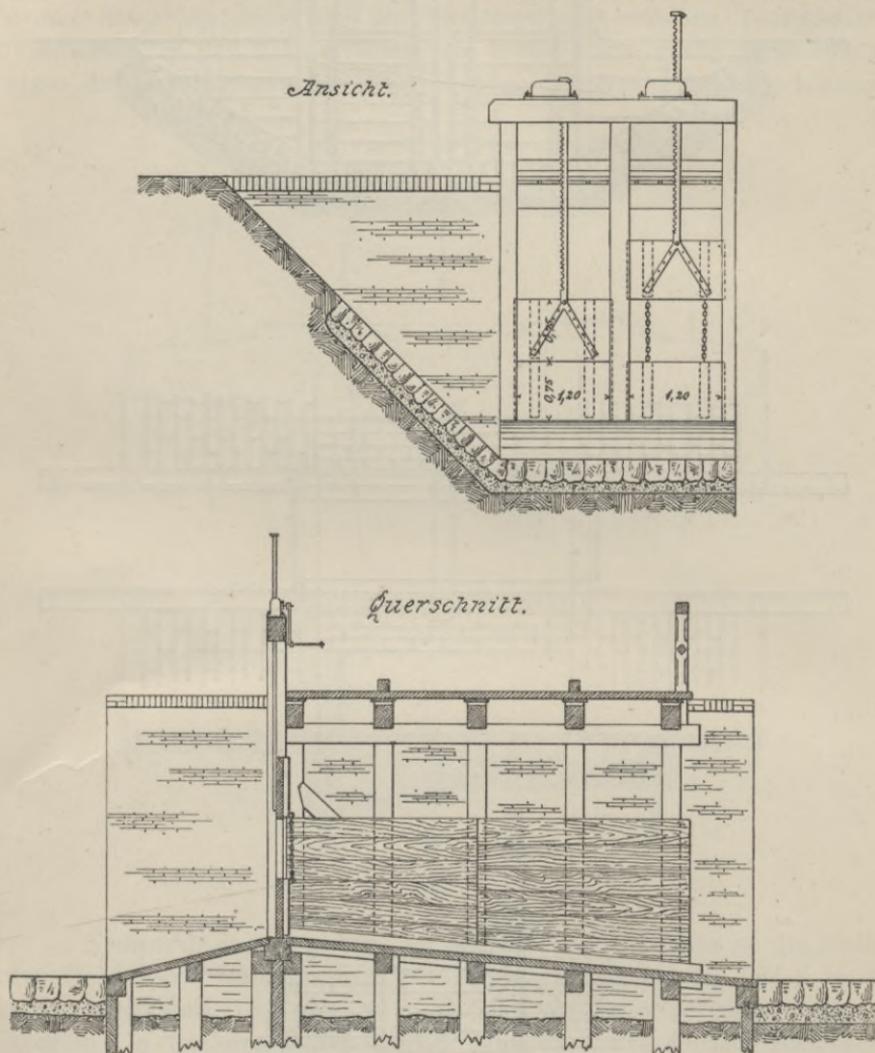


Fig. 313.

das Grieswerk aber, wie in Fig. 313, in Holz hergestellt werden. Die Hauptspundwand muß in solchen Fällen, wie dies schon auf S. 251 bei der Besprechung der festen Wehrbauten hervorgehoben ist, durch die Wangen hindurch bis in den gewachsenen Boden der Böschungen geführt werden.

Sehr zweckmäßig ist auch bei massiven Wangen und Unterbau die Herstellung des Grieswerkes aus Eisen.

Sowohl I- wie C-Eisen haben für die Verwendung als Griespfosten usw. sehr geeignete Profile. Ihre Verbindung mit dem Unterbau geschieht am besten durch ein als Fachbaum dienendes C-Eisen (Fig. 314 und Fig. 315 f. S.), an dem einerseits die einzelnen Pfosten mittels Schrauben und L-Eisen befestigt sind, und welches andererseits durch Anker und Mauerschrauben mit dem Unterbau fest verbunden werden kann. Sehr

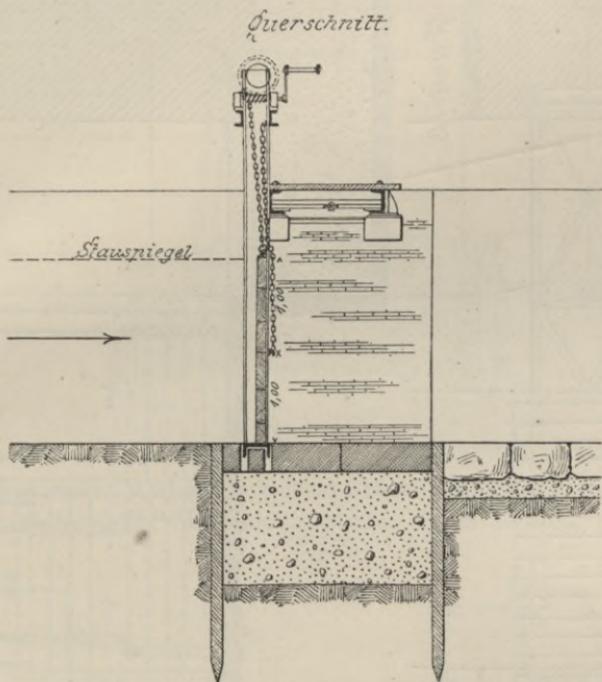


Fig. 314.

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.

Bei den **Nadelwehren** wird der bewegliche Verschluss durch „Nadeln“, d. h. mit der Längsachse vertikal stehende Hölzer bewirkt, die mit dem unteren Ende sich gegen einen Vorsprung des festen Unterbaues

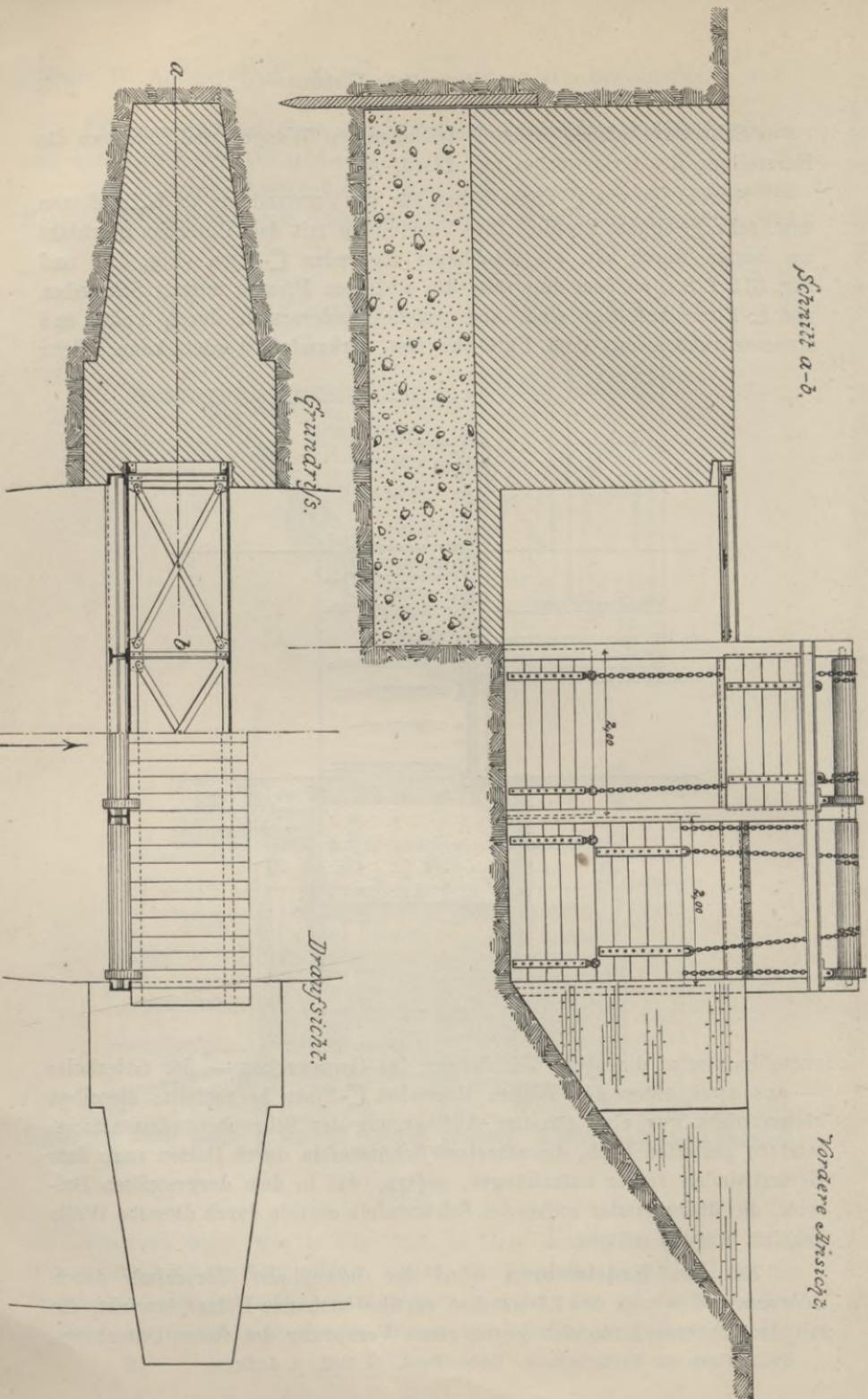


Fig. 315.

lehnen, und deren oberes Ende durch eine sogen. „Nadellehne“ abgestützt wird. Bei kleineren Anlagen kann der stromauf liegende Träger des Laufsteges direkt als „Nadellehne“ benutzt werden (Fig. 316). Bei den Anlagen in einem großen Strome, wo Nadelwehre gerade deshalb zur

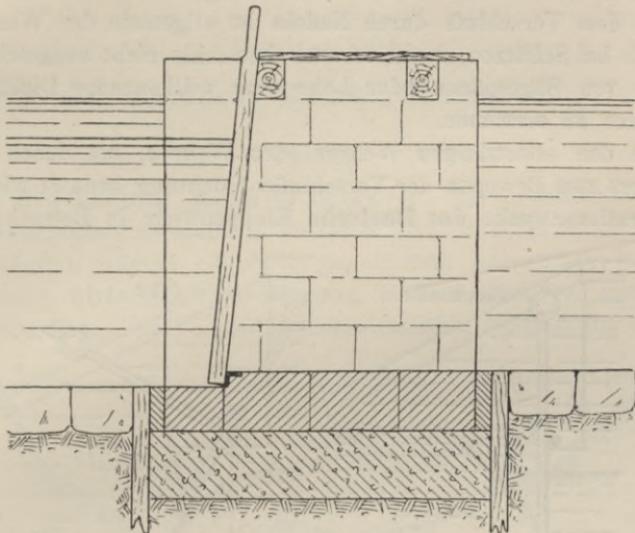


Fig. 316.

Anwendung kommen, weil sie ohne feste Brücke konstruiert werden können, werden die Nadellehnen aus Gasrohrstücken durch einzelne Böcke unter-

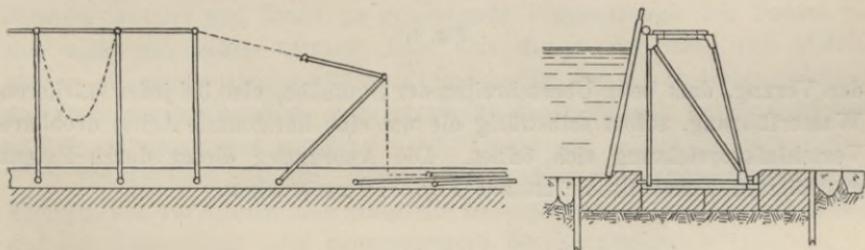


Fig. 317.

stützt, die auf der Sohle in eisernen Schuhen scharnierartig aufgestellt sind und beim Öffnen des Wehres auf die Sohle herabgeklappt, niedergelegt werden (Fig. 317). Die Bedienungsbrücke wird durch einzelne von Bock zu Bock reichende Klappen gebildet.

Die Nadeln werden gewöhnlich aus Holz mit rechteckigem Querschnitt gefertigt und nur am oberen Ende zur besseren Handhabung ab-

gerundet. Der Vorsprung des Unterbaues, gegen den die Nadeln sich lehnen, ist vorteilhaft durch ein Winkeleisen gegen Beschädigungen zu schützen. Die Stärke der Nadeln wird in gleicher Weise wie die Abmessungen eines Losständers berechnet, wobei natürlich als Breite lediglich die Nadelbreite selbst in Ansatz zu bringen ist.

Bei dem Verschluss durch Nadeln ist allgemein der Wasserverlust größer als bei Schützen, wenn es auch immerhin nicht ausgeschlossen ist, mit Hilfe von Sägespänen oder Lohe eine vollkommene Dichtung eines Nadelwehres zu erreichen.

Von den selbsttätigen Wehren, den Wehren, bei denen die Kraft des Wassers zum Bewegen der Verschlussvorrichtung benutzt wird, kommt für Meliorationszwecke das **Doelsche Klappenwehr** in Betracht. Es hat

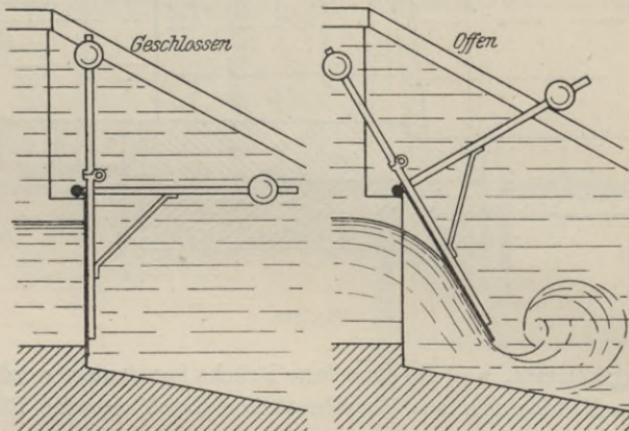


Fig. 318.

den Vorzug, dafs beim Überschreiten der Stauhöhe, also bei jeder stärkeren Wasserführung, sofort selbsttätig die um eine horizontale Achse drehbare Verschlussvorrichtung sich öffnet. Die Anordnung dieser durch Patent geschützten Konstruktion ist aus Fig. 318 zu ersehen.

## Kapitel XIII.

### Ländliche Wasserleitungen.

#### § 75.

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

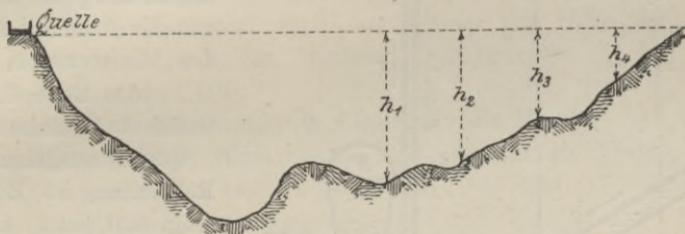


Fig. 319.

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 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 werden daher in erster Linie nur 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. 319  $h_1, h_2, h_3 \dots$ ), wobei freilich der in der Hydrodynamik, Teil I, Abschn. III, § 91 erwähnte Einfluß von Krümmungen in der Rohrleitung gegebenenfalls zu berücksichtigen sein würde.

Wenn die Gefällverhältnisse die direkte Zuleitung des Wassers von der Entnahmestelle nach der Verbrauchsstelle ausschließen, also eine künstliche Hebung des Wassers nicht zu umgehen ist, so können immerhin für einfache ländliche Wasserversorgungen nur maschinelle Anlagen in Frage kommen, die keine dauernde Wartung erfordern, bei denen sich die Betriebskosten lediglich auf geringfügige sachliche Ausgaben (Schmiermaterial usw.) beschränken.

Diesen Anforderungen entspricht am weitgehendsten der „**hydraulische Wider**“, der überall zur Anwendung kommen kann, wo Wasser so reichlich vorhanden ist, daß die Arbeitsleistung der Gesamtwassermasse mit dem verfügbaren Gefälle genügt, um einen größeren oder geringeren Bruchteil des Wassers über die Fallhöhe hinaus zu heben. Die

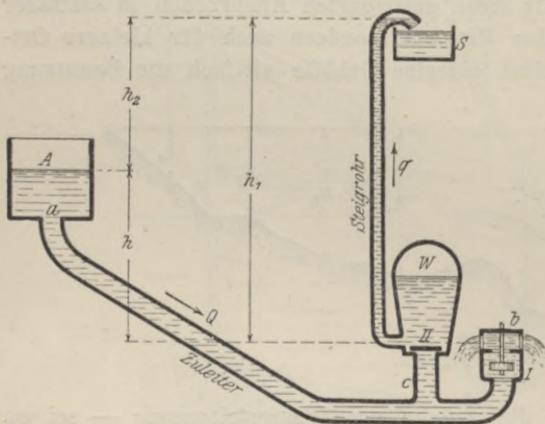


Fig. 320.

Wirkung des „hydraulischen Widders, Stoßhebers“ beruht auf der Ausnutzung der lebendigen Kraft einer fließenden Wassermasse.

Am Ende der vom Gefäß A (Entnahmestelle, Quelle) ausgehenden Rohrleitung ab (Zuleiter) (Fig. 320 bei b) befindet sich ein Ventil I, dessen Gewicht so bemessen ist, daß es von der darauf ruhenden Wassersäule (Druckhöhe h) nicht geschlossen wird oder geschlossen gehalten werden kann, sondern durch sein eigenes Gewicht zurückfällt, dagegen durch den Stoß des fließenden Wassers, sobald dasselbe die der Fallhöhe h entsprechende Geschwindigkeit erreicht hat, gehoben und somit geschlossen wird. (Der Stoß eines Wasserstrahles gegen eine vertikal getroffene Fläche

geschlossenen oder geschlossen gehalten werden kann, sondern durch sein eigenes Gewicht zurückfällt, dagegen durch den Stoß des fließenden Wassers, sobald dasselbe die der Fallhöhe h entsprechende Geschwindigkeit erreicht hat, gehoben und somit geschlossen wird. (Der Stoß eines Wasserstrahles gegen eine vertikal getroffene Fläche

$$P = \gamma \cdot F \cdot \frac{v^2}{g} = 2 \gamma \cdot F h$$

ist doppelt so groß wie der Druck auf diese Fläche von der ruhenden Wassersäule derselben Höhe

$$D = \gamma \cdot F h.)$$

Tunlichst nahe der Ausmündung b steht das Abflußrohr (Zuleiter) durch den Stutzen c mit einem Windkessel W in Verbindung. Von diesem geht das *Steigrohr* aus bis zu dem Sammelraum S (Hochbehälter), in welchen das Wasser aus dem tiefer liegenden Gefäß A (Entnahmestelle,

Quelle) gehoben werden soll. Der Stutzen  $c$  ist durch ein nach dem Windkessel zu sich öffnendes Ventil  $II$  verschließbar.

Durch das zunächst infolge seines Gewichtes offene Ventil  $I$  fließt das Wasser aus dem Gefäß  $A$  mit zunehmender Geschwindigkeit. Sobald nun die Geschwindigkeit des austretenden Wassers nahezu die der Druckhöhe  $h$  entsprechende Geschwindigkeit erreicht hat, und somit die in der Rohrleitung sich bewegende Wassermasse ihre größte lebendige Kraft entwickelt, wird das Ventil  $I$  gehoben und mit ziemlicher Gewalt geschlossen. Durch diese plötzliche Unterbrechung des Abflusses wird die in Bewegung befindliche Wassermasse ihre lebendige Kraft als erhöhten Seitendruck auf die Wandungen abgeben. Das Ventil  $II$  öffnet sich und das Wasser strömt so lange in den Windkessel  $W$ , bis der steigende Druck in diesem mit der abnehmenden lebendigen Kraft des zuströmenden Wassers sich das Gleichgewicht hält. Sobald Ruhe eingetreten, die Stosswirkung der lebendigen Kraft verbraucht ist, schließt sich das Ventil  $II$ ; Ventil  $I$  fällt zurück und die Bewegung beginnt von neuem.

Aus dem Windkessel wird das Wasser mit Hilfe der Druckluft durch die Steigleitung in den Sammelraum  $S$  gedrückt.

Bezeichnet man mit:

$Q$  das Aufschlagswasser in Litern für die Minute,

$q$  die geförderte Wassermenge in Litern für die Minute,

$h$  das verfügbare Gefälle in Metern,

$h_1$  die Förderhöhe in Metern,

$k$  den vom Verhältnis  $\frac{h_1}{h}$  abhängigen Wirkungsgrad des Widders, so berechnet sich die Leistung eines *hydraulischen Widders* aus der Gleichung:

$$q = \frac{k \cdot Q \cdot h}{h_1},$$

worin für  $k$  nach den Versuchen von Eitelwein zu setzen ist:

$\frac{h_1}{h} =$	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15	16	20
$k =$	0,920	0,827	0,774	0,720	0,674	0,630	0,555	0,488	0,427	0,345	0,320	0,226

Da die bei jedem Stofs wirkende Wassermenge von der Länge  $l$  der Zuleitung mit abhängig ist, so muß auch diese ein bestimmtes Verhältnis zu der Leistung des Widders und zur Höhe der Steigleitung innehalten.

Als brauchbarer Wert ergibt sich:

$$l = h_1 + 0,3 \cdot \frac{h_1}{h},$$

doch ist  $l$  nicht kleiner als 15 m zu machen.

Für die Zuleitung ergeben die Eitelweinschen Untersuchungen den Durchmesser:

$$d^{mm} = 300 \sqrt{Q.}$$

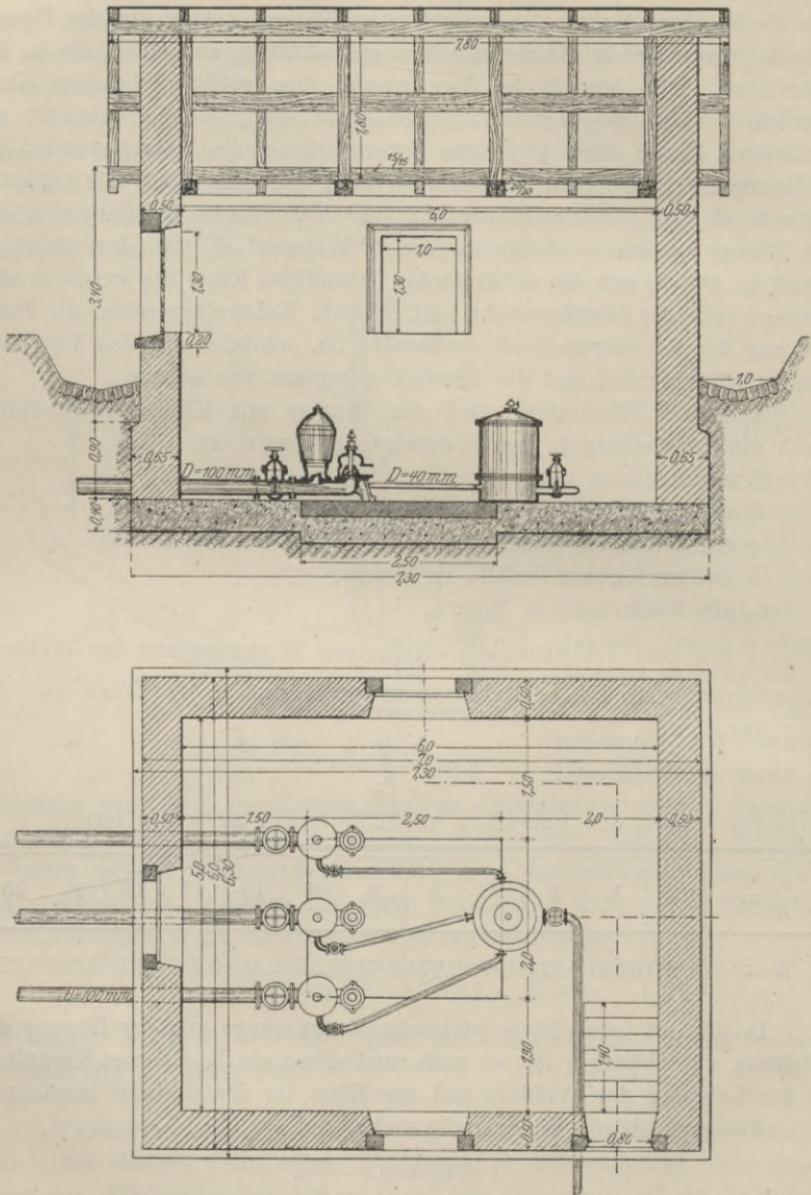


Fig. 321.

Die Weite der Steigleitung wird  $d_1 = \frac{d}{2}$  gewählt. — Mit Rücksicht auf sehr bald eintretende Mängel empfiehlt es sich jedoch, von vornherein zur Sicherheit die Leistung mit 75—80% in Rechnung zu stellen. (Berechnung eines hydraulischen Widders s. S. 308 und 309.)

Bei den älteren Widderkonstruktionen ging man nicht gern über eine Aufschlagsmenge  $Q = 200—300$  l in der Minute hinaus und wendete bei größeren Anforderungen 2 oder 3 Widder an (Fig. 321), welche dann unter Einschaltung eines Sammelwindkessels eine gemeinsame Steigleitung haben. Die Zuleitung des Aufschlagwassers muß natürlich durch 3 getrennte Zuleiter erfolgen (Fig. 322).

Die neueren Konstruktionen gehen aber weit über diese Aufschlagsmenge  $Q$  hinaus (3000—6000 l in der Minute).

Weitere einfache, durch Wasser getriebene Wasserhebemaschinen für Wasserversorgung sind das „Peltonrad“ und die „Lambachpumpe“, deren Leistungsfähigkeit von ihrer speziellen Konstruktion abhängig ist und daher nur nach den Offerten der Fabriken beurteilt werden kann.

Beide Wasserhebemaschinen sind vor allem auch anwendbar, wenn das Quellwasser — d. h. das für die Wasserleitung zu verwendende Wasser — nicht auch für den Betrieb in genügender Menge vorhanden ist, sondern zum Betriebe Bachwasser benutzt werden muß.

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.

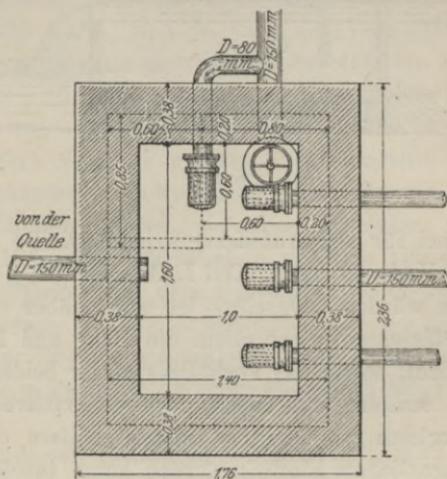
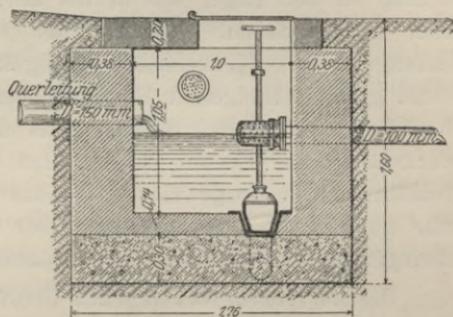


Fig. 322.

## § 76.

**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 Ankunfts geschwindigkeit ist.

Die *horizontal anzulegende* Überfallkante (Fig. 323) 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:

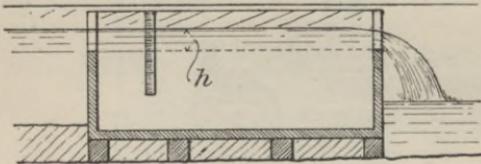


Fig. 323.

$$Q = \frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh},$$

wobei für den Abflusskoeffizienten  $\mu$  die für Überfälle in dünner Wand in der Hydrodynamik, Teil I, Abschn. III, § 85, 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 zueinander 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. Abschn. III, §§ 81—86 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.

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—2,0 m) erfolgen muß, um die Messung nicht mehr in der Senkungs-kurve vorzunehmen (Fig. 323).

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.

### § 77.

**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. Benutzung zur Kesselspeisung).

Gutes Trinkwasser muß klar, farblos, geruchlos und wohlschmeckend sein, und zwar nicht nur im frischen Zustande, sondern auch nach längerem (24—48 stündigem) 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 zurzeit noch vielfach abweichende Ansichten. Unbedingt muß 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, daß 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 100000 Teilen Wasser.
oder 0,7 Teilen Magnesia (MgO)		

Demgegenüber gibt sowohl der französische wie englische Härtegrad den Gehalt an *kohlensaurem* Kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) bzw. *kohlensaurer* Magnesia an, und zwar entspricht in Frankreich wiederum 1 Härtegrad einem Teil kohlensauren Kalkes auf 100000 Teile Wasser, während in England nur 70000 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—12° C., sehr erwünscht.

## § 78.

**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 außergewöhnlicher 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 Wannbad . . . . . 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—7% des Tagesverbrauches erreichen kann, so sind die Anordnungen so zu treffen, daß das 1,5fache dieser 6—7% oder durchschnittlich *ein Zehntel des mittleren Tagesverbrauches stündlich* zugeführt werden kann.

**Hochbehälter.** Wenn diese größere Wassermenge jederzeit 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 bzw. sekundliche Höchstmenge aber nicht zu liefern vermag, muß zwischen der Quelle und dem Gehöfte bzw. 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 weiten 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 Höchstbedarf 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, so daß 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.

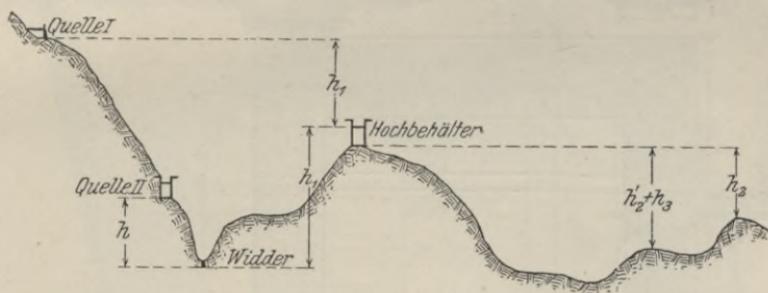


Fig. 324.

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.

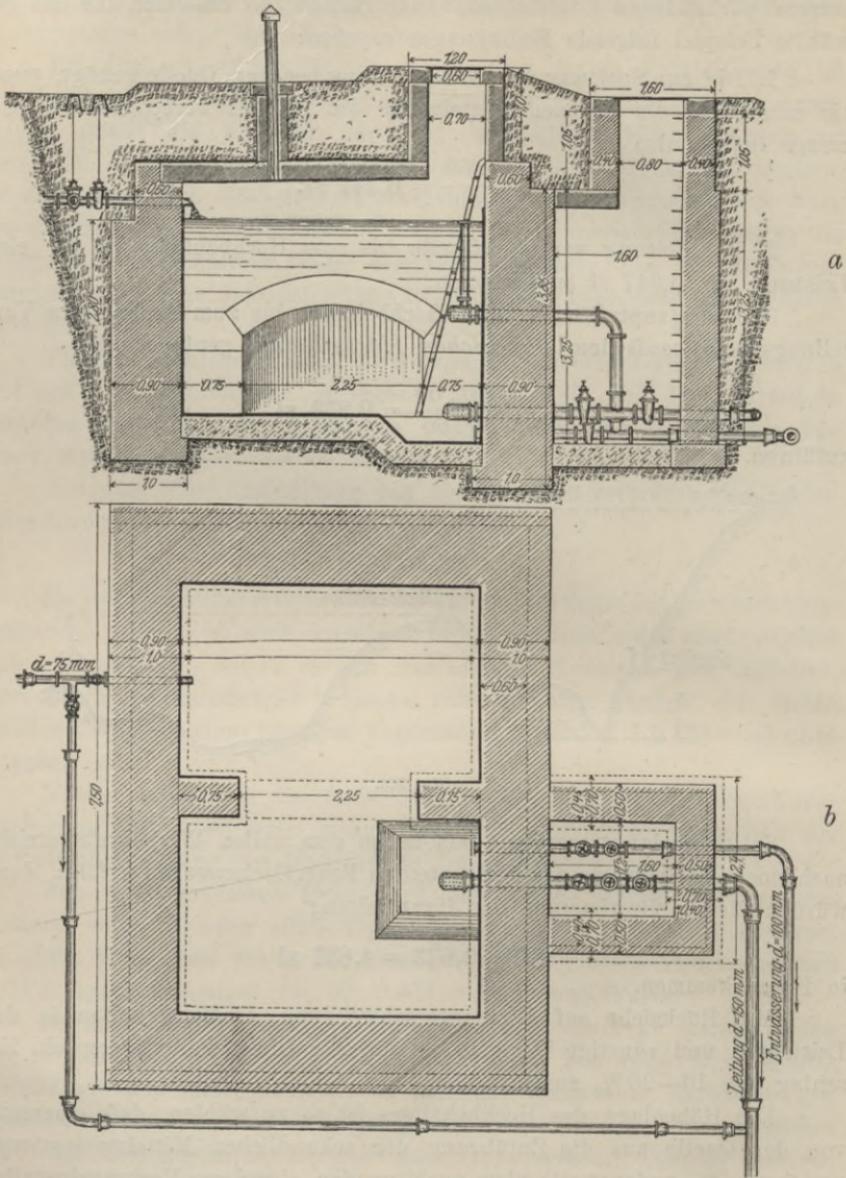


Fig. 325 a und b.

Für die Aufstellung eines Projektes kommen mithin nach Fig. 324 folgende Höhen in Frage:

a) Bei direkter Zuführung des Wassers von der Quelle I zum Hochbehälter:

1.  $h_1$  = Höhenunterschied zwischen dem *tiefsten Stand* in der Quellenfassung und dem *Höchststand* des Hochbehälters zur Überwindung des Druckhöhenverlustes in der Zuleitung;
2.  $h_2$  = Höhenunterschied zwischen dem *tiefsten* 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.

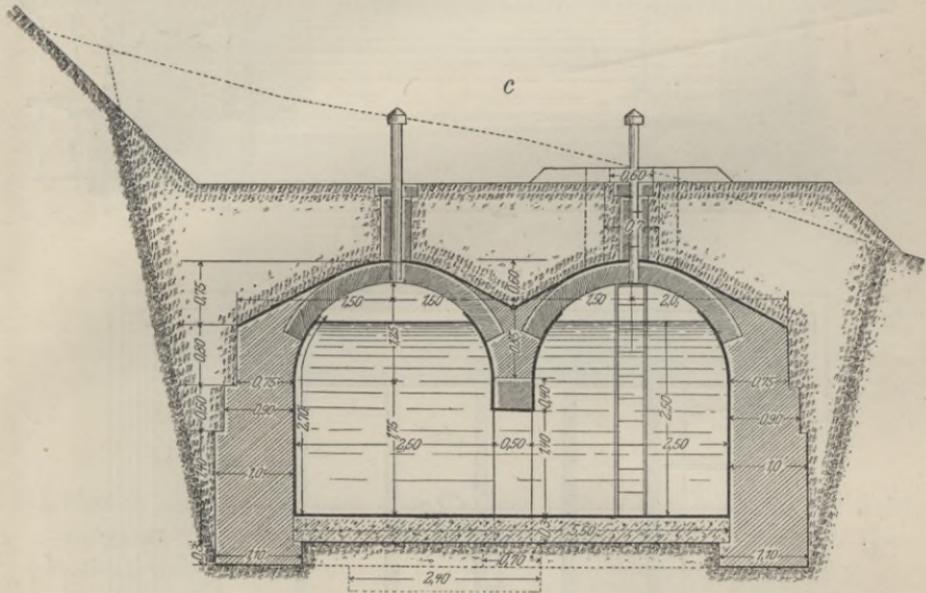


Fig. 325 e.

b) Bei Anlage eines „hydraulischen Widders“ zur Nutzung der Quelle II:

1.  $h$  = Höhenunterschied (Gefälle) zwischen dem tiefsten Stand in der Quellenfassung und der Höhe des Widderausflusses;
2.  $h_1$  = Höhenunterschied (Steighöhe) zwischen dem Widderausfluss und dem Höchststau im Hochbehälter;
3.  $h_2$  und  $H$  wie zuvor.

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.

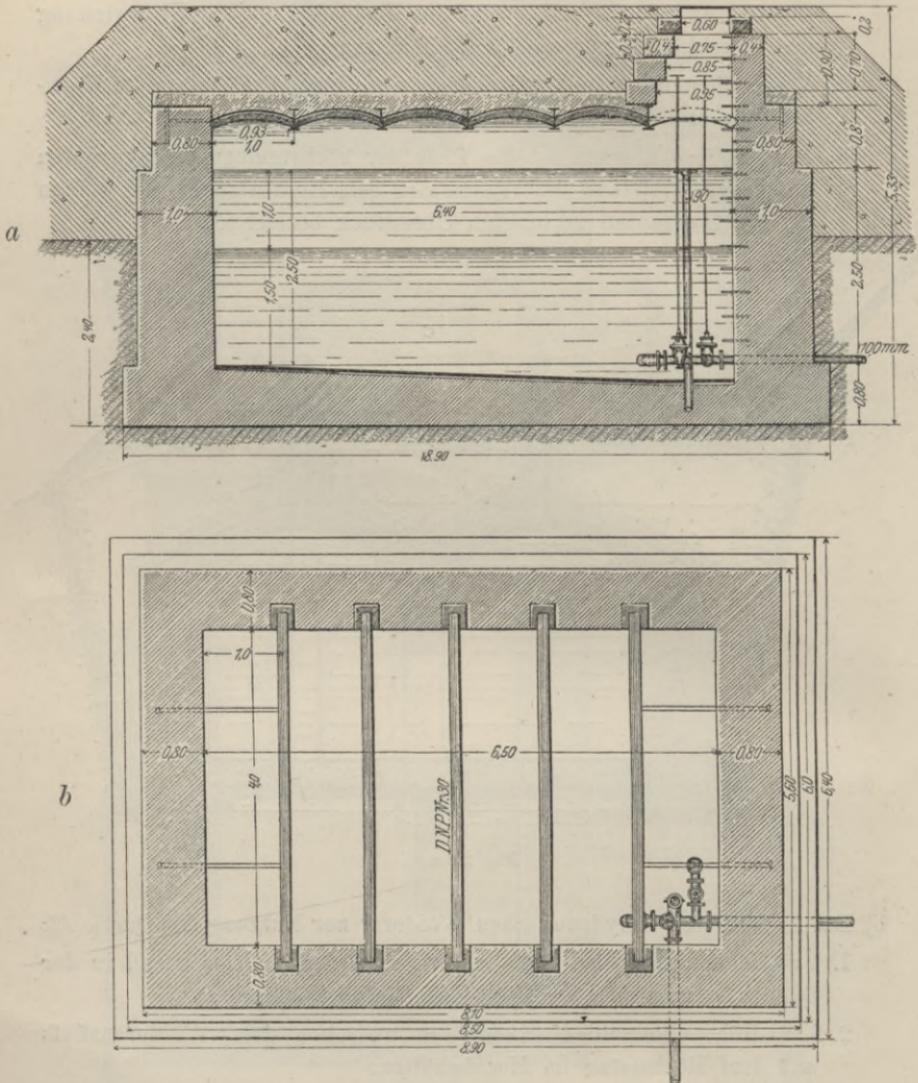


Fig. 326 a und b.

Einlauf und Ablauf sind wie bei den in § 79 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. 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 (Fig. 325 a, b und c) oder Kappen

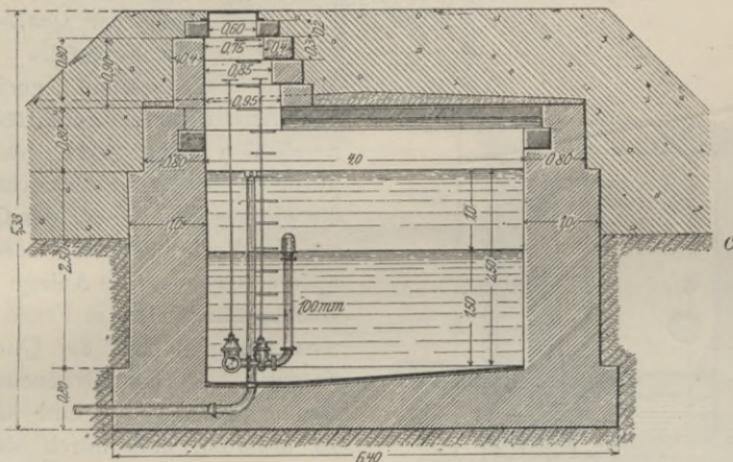


Fig. 326 c.

zwischen eisernen Schienen oder Trägern (Fig. 326 a, b und c) mit einer mehr oder weniger starken Bodenschicht darüber sind die üblichen Konstruktionen.

## § 79.

**Quellenfassung.** Nur selten wird die Quelle so geschlossen zutage 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 mittels Brunnen (aus Bohlen oder Stein) abzufangen, während seitwärts 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.

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 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, dafs durch sie die Schwankungen in dem Wasserbedarf ausgeglichen werden.

Quellenfassungen einfacher Art zeigt die Fig. 327 a bis d, deren Anordnungen sinngemäfs auch für gröfsere Verhältnisse maßgebend sein würden.

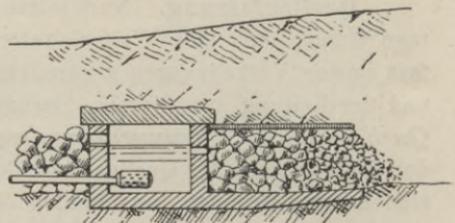
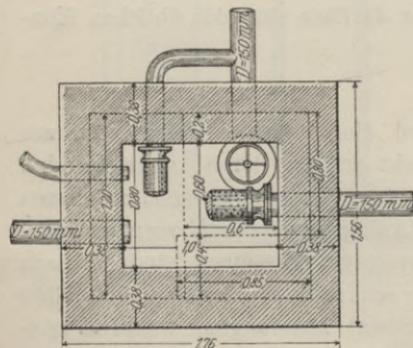
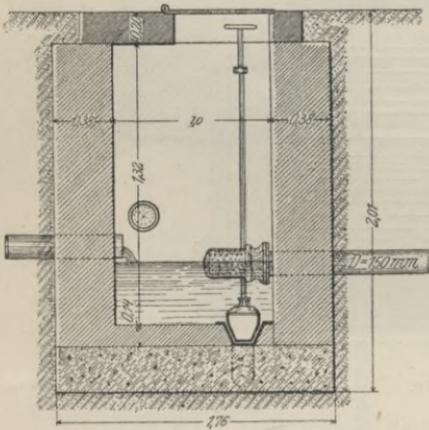
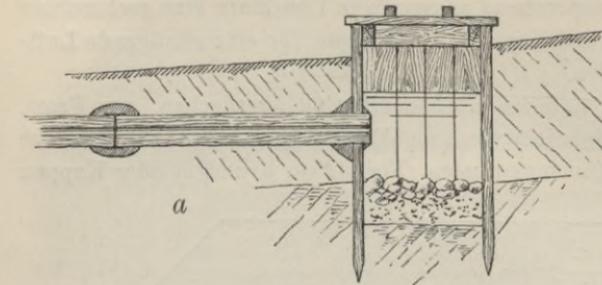


Fig. 327 a, b und c.

Die Wassereinströmung ist stets tunlichst hoch, wenn zu erreichen, über dem Höchststand des Wassers in der Kammer, dagegen das Mund-

stück des Entnahmerohres nur so weit über der Kammersohle anzuordnen, daß die zur Ablagerung kommenden Verunreinigungen — Schlamm, Sand

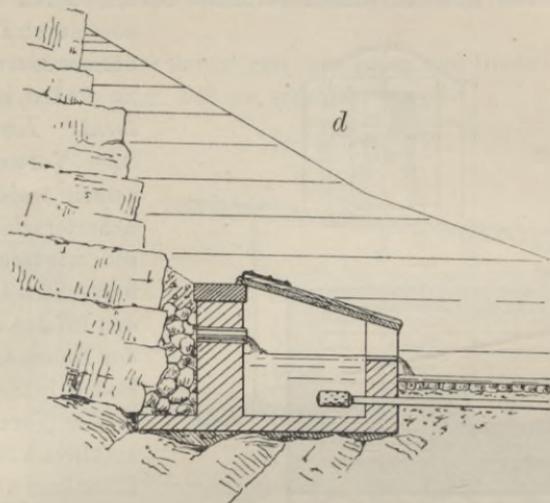


Fig. 327 d.

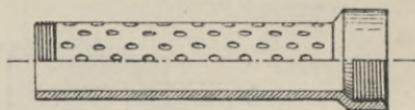


Fig. 329.

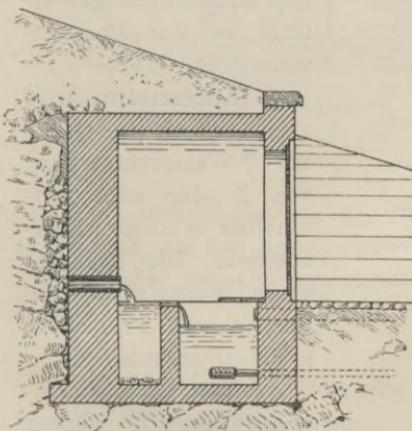


Fig. 328.

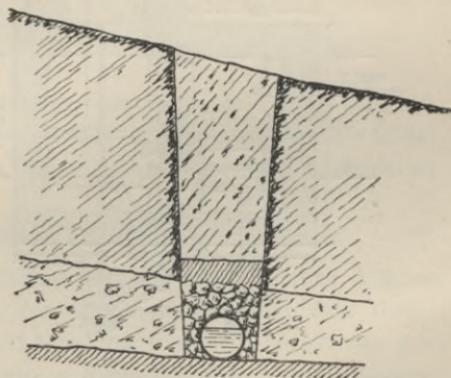


Fig. 330.

— dasselbe nicht sobald erreichen. Sind derartige Sinkstoffe in stärkerem Maße zu erwarten, so würde sich die Anordnung einer Vorkammer, wie in Fig. 328 angegeben, empfehlen.

Tritt das Wasser nicht geschlossen in einer Quelle oder, wenn in einer solchen, doch in unzureichender Menge zutage, so muß das erforderliche Wasser aus der wasserführenden Schicht durch *Sickerkanäle* oder durch *Drainstränge* entnommen werden. Hierzu finden am besten *ge-  
lochte Tonrohre* (Fig. 329) 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. 330). Die Zusammenführung der einzelnen Sickerkanäle oder Sammelleitungen erfolgt in der Brunnenstube (Fig. 327 b).

Andererseits wird aber auch oft eine Quelle zur Wasserversorgung von 2 oder mehr Ortschaften in Anspruch genommen. Die Brunnenstube ist dann als Verteilungsschacht (Fig. 331 a, b und c) auszubilden.

Aus der Quelle fließt das Wasser wiederum zunächst einem größeren Vorraum zu und tritt aus diesem erst durch vertikale Ausflußöffnungen in die einzelnen Kammern, von denen die verschiedenen Rohrleitungen abgehen. Der Vorraum muß so groß sein, daß das Wasser in ihm vollkommen zur Ruhe kommt und horizontal einspiegelt. Dann ist es möglich, die nach Art der Poncelet-Schützen

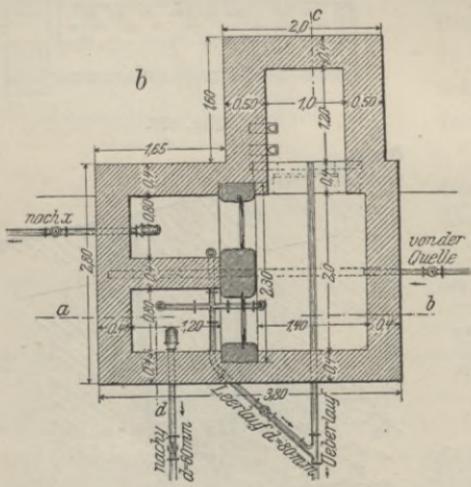
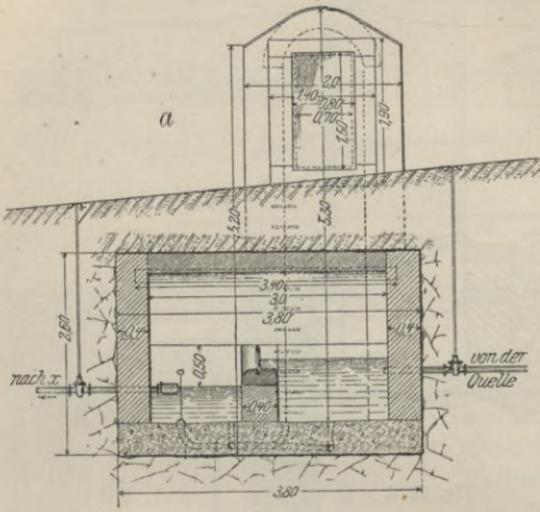


Fig. 331 a und b.

durch vertikale Ausflußöffnungen in die einzelnen Kammern, von denen die verschiedenen Rohrleitungen abgehen. Der Vorraum muß so groß sein, daß das Wasser in ihm vollkommen zur Ruhe kommt und horizontal einspiegelt. Dann ist es möglich, die nach Art der Poncelet-Schützen

(vergl. Teil I, Abschn. III, Kap. VI, § 80) konstruierten Ausflußöffnungen genau einzustellen, d. h. die Verteilung des Wassers so zu regeln, daß den einzelnen Leitungen jederzeit die entsprechende Wassermenge zugeführt wird.

Die Einrichtung einer derartigen, aus Eisen und Bronze hergestellten Ausflußöffnung ist aus Fig. 332 zu ersehen.

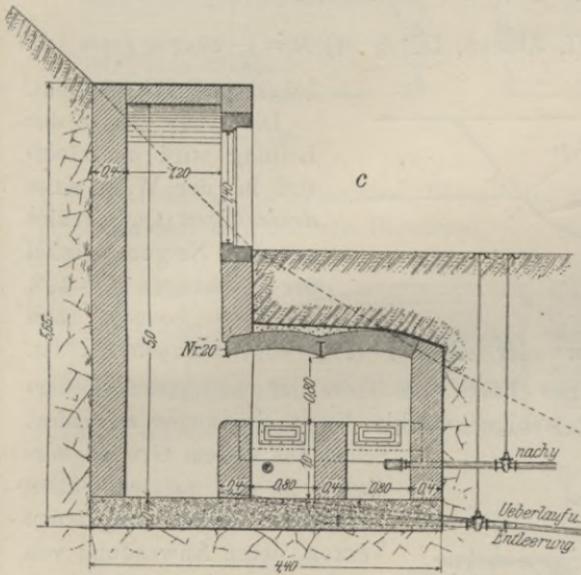


Fig. 331 c.

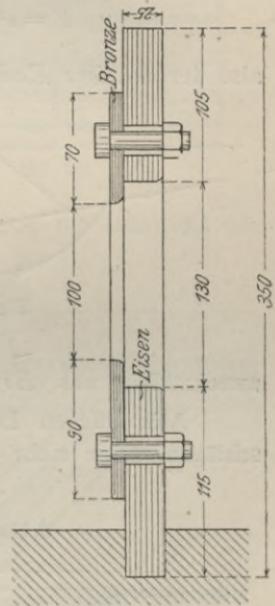


Fig. 332.

Die Bolzenlöcher in der Eisenplatte sind nach der Höhe länglich ausgebildet, um zur Regulierung der abfließenden Wassermenge die Überfallkante der Bronzeplatte genau in die richtige Höhenlage bringen zu können.

### § 80.

**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 § 98 der Hydraulik (I, Abschn. III) 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 Abführung kleinerer Mengen in gemauerten oder sonst befestigten Leitungen, die Gestaltung der Sohle nach einem Kreisabschnitte (Fig. 333), dessen Mittelpunkt im Wasserspiegel liegt. Die geraden Teile der Böschungen schließsen sich als Tangenten mit dem halben Zentriwinkel  $\delta$  an. Alsdann ist:

$$F = r^2 (\delta + \text{ctg } \delta) \text{ und } U = 2r (\delta + \text{ctg } \delta),$$

also der *mittlere Radius* (I, Abschn. III, § 94)  $R = \frac{r}{2}$  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

zweckmäßig aus *Brettern* oder *Bohlen* (Fig. 334) 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 Fällen geschlossene *Rohrleitungen* den Vorzug, deren Anwendung von vornherein geboten ist, sobald wechselnde Höhenunterschiede von der Quelle bis zum Hochbehälter, bzw. zur Verbrauchsstelle zu überwinden sind.

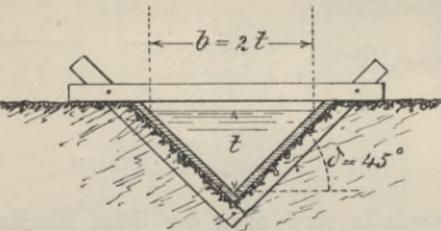


Fig. 334.

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 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 mittels eines beiderseitig zugeschärften, schmiedeeisernen Ringes, der gleich tief in beide Rohrenden eingreift, die durch aufgezoogene eiserne Ringe

gegen Aufspalten zu sichern sind (Fig. 335). Andererseits kann auch ein hohler Zapfen, am besten aus Eichenholz, von 20—30 cm Länge verwandt werden (Fig. 336) oder ein konisches Ineinandergreifen der beiden Rohrenden zur Anwendung kommen (Fig. 337). Alsdann dient eine dünne

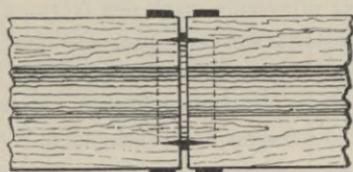


Fig. 335.

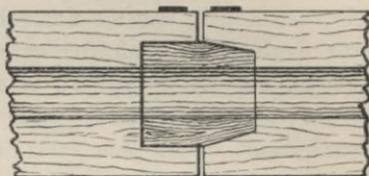


Fig. 336.

Umwickelung aus eingefettetem Werg oder aus geteeter Leinwand oder geteerten Hanfstricken zur Dichtung.

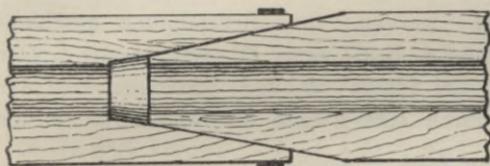


Fig. 337.

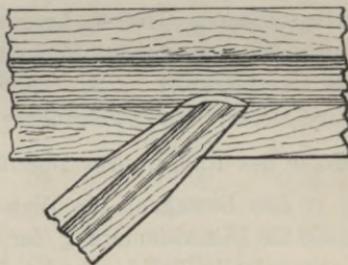


Fig. 338.

Die konische Einzapfung wird auch zur Abzweigung eines Nebenrohres von dem Hauptstrange benutzt (Fig. 338).

### § 81.

**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 *gusseisernen* 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 Wasserlaufichtung verlegt und mit Hanfstricken und Blei gedichtet (vergl. Kap. VIII der Baukunde, S. 142). 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) gußeisernen Rohre, wie sie nunmehr ganz allgemein nach den Normen des Vereins deutscher Eisenhüttenleute hergestellt werden, sind aus der Zusammenstellung auf S. 299 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. 339—348 dargestellten und benannten *Formstücke* zur Verwendung, die in allen, den Abmessungen der normalen, geraden Rohre entsprechenden Größen hergestellt werden. Ihre Bezeichnung geschieht durch den betreffenden Buchstaben (*A, B, C*) unter Hinzufügen der GröÙe des Durchmessers (z. B. *J 200*). Bei den *A*-, *B*- und *C*-Stücken wird der Durchmesser des Zweigrohres durch eine zweite als Nenner unter der GröÙe des Hauptrohres zugefügte Zahl angegeben, z. B.  $B \cdot \frac{200}{80}$ .<sup>1)</sup>

Die Bewegung des Wassers in Röhren und längeren Rohrleitungen, sowie die Dimensionierung der letzteren zur Lieferung bestimmter Wassermengen ist in Teil I, Abschn. III, Kap. VI, B, „Durchfluß durch Röhren“ (§§ 87—91) 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 wachsen 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 Leitungsstrecken ferner noch der Bedarf einer oder mehrerer Hydranten in Be-

<sup>1)</sup> Nähere Angaben über Gewichte der Formstücke, sowie die Preise für sämtliche gußeisernen Normal-Rohre im Technischen Auskunftsbuch von Joly.



tracht 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 Leitungs-

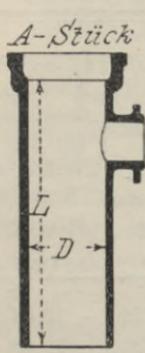


Fig. 339.

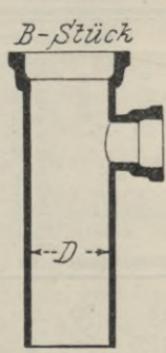


Fig. 340.

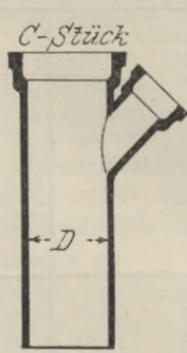


Fig. 341.



Fig. 342.

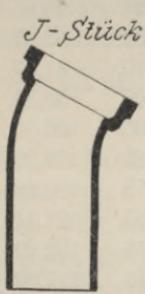


Fig. 343.

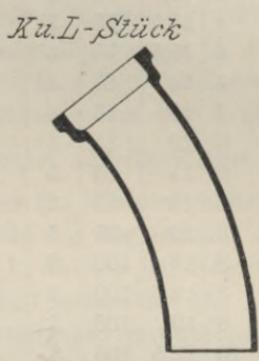


Fig. 344.

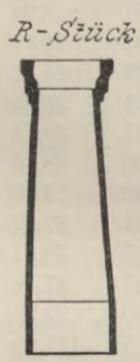


Fig. 345.

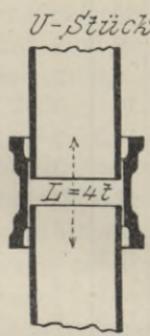


Fig. 346.

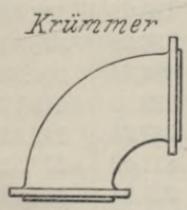


Fig. 347.

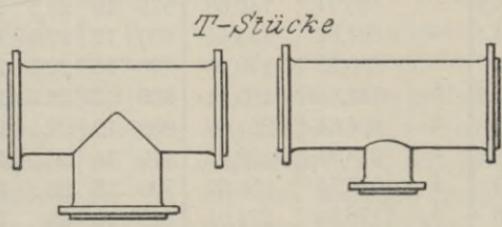


Fig. 348.

strecke ausschlaggebend ist. Selbstverständlich muß stets die *größte sekundliche* Verbrauchsmenge zugrunde gelegt werden.

Ist die Aufstellung mehrerer Hydranten in einem Straßenzuge erforderlich, so sind dieselben in Entfernungen von 80—100 m anzuordnen.

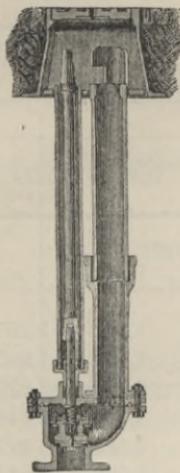


Fig. 349. Straßenshydrant.



Fig. 350. Anschlußstück zum Straßenshydranten.

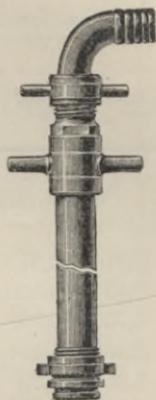


Fig. 351. Standrohr.

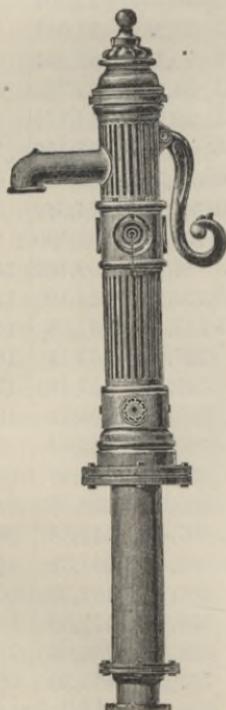


Fig. 352.

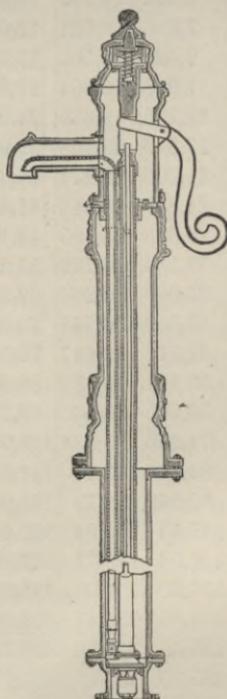


Fig. 353.

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	471,42	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)  $h_1 = \lambda \frac{l}{d} \frac{v^3}{2g}$ .

( $\lambda = 0,03025$  nach Dupuit einschliesslich Krümmung, Abzweigung usw.)

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

Je nachdem die Hydranten zu Feuerlöschzwecken oder zur Entnahme von Gebrauchswasser dienen, werden Strafsenhydranten (Fig. 349 u. 350 [Anschlussstück]) mit anzuschraubendem Standrohr (Fig. 351) oder Überflurhydranten mit selbsttätigem Verschluss (Fig. 352 u. 353) zu wählen sein.

Betreffs der zahlreichen Abarten und Einzeldurchbildungen aller dieser Stücke kann auf die Preisverzeichnisse der zahlreichen Hüttenwerke und Fabriken verwiesen werden.

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 Dupuitsche 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. Hydrodynamik, Teil I, Abschn. III, § 91) fortfallen.

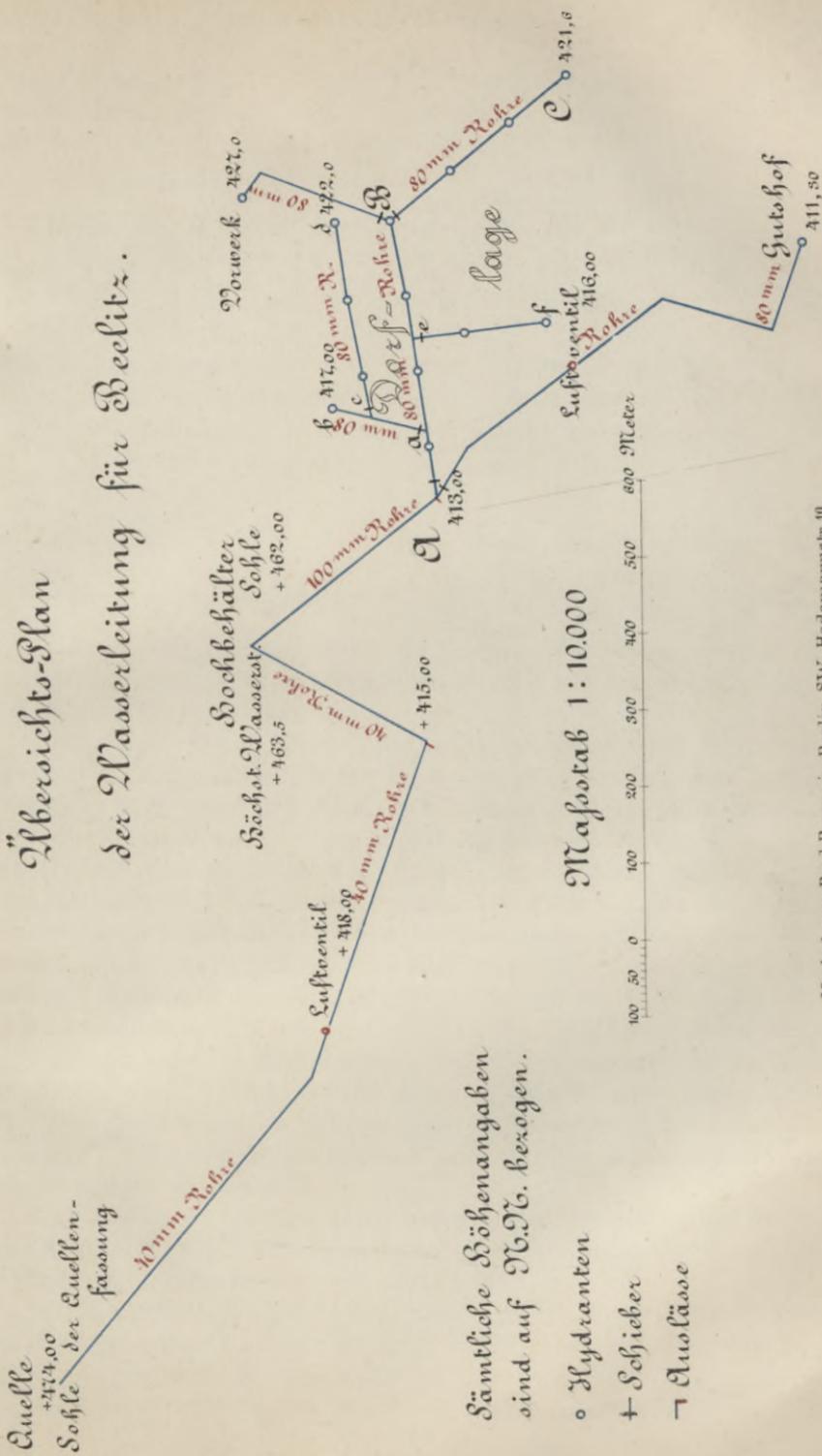
In den auf S. 302 und 303 gegebenen Zusammenstellungen sind nun zur Erleichterung für die Bestimmung von Rohrweiten und Druckhöhen, für die sämtlichen normalen Rohrweiten, sowohl die bei den üblichen Geschwindigkeiten  $v = 0,25$ — $1,00$  m abfließenden Wassermengen, wie auch die Druckhöhen berechnet, welche für eine Rohrleitung von je 100 m Länge zur Erzeugung der angenommenen Geschwindigkeiten erforderlich sind.

## § 82.

*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, Taf. V nach S. 304.

Gutes Quellwasser in genügender Menge findet sich in den zerklüfteten Kalkschichten, die jenseits einer Talmulde an dem Hange des dort ziemlich steil ansteigenden Gebirges zutage treten; freilich beträgt die direkte Entfernung von dort bis zur Mitte der Ortslage über 1,5 km, so dass schon aus diesem Grunde die Anlage eines Hochbehälters in der Nähe des Dorfes vorzusehen gewesen sein würde, ganz abgesehen davon, dass 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 durch-

# Übersichts-Plan der Wasserleitung für Beelitz.



Sämtliche Höhenangaben sind auf N.N. bezogen.



aus 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 · 0,060 . . . . . 30,0 cbm.

### II. *Der Gutshof:*

Für 30 Personen . . . . .	je 0,060 =	1,8 cbm
„ 120 Pferde und Kühe . . . . .	„ 0,05 =	6,0 „
„ 20 Schweine . . . . .	„ 0,015 =	0,3 „
„ Gartensprengung usw. . . . .		2,0 „

zusammen: 10,1 „

Gesamtwassermenge: **40,1 cbm.**

Der *durchschnittliche* Gesamtbedarf ist also  $\frac{40100}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \mathbf{0,463 \text{ sl.}}$

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 1,5 fache des mittleren Bedarfes betragen kann, so ergibt sich die hiernach erforderliche Größe des Hochbehälters zu  $1,5 \cdot 40,1 = \mathbf{60 \text{ cbm.}}$  Diese Größe genügt aber auch für aufsergewöhnlichen Wasserverbrauch zu Feuerlöschzwecken. Unter der immerhin reichlichen Annahme, dafs zu einem größeren 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 Größe 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, daß 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 zugrunde 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  $2 \cdot 4,0 = \dots \dots \dots 8,0$  sl.
2. Leitung von der Gabelung bei A bis zu dem Hydranten auf dem Gutshof:  
 Bedarf für 1 Hydranten  $\dots \dots \dots 4,0$  „
3. Hauptleitung von der Gabelung bei A bis zur Abzweigungsstelle B:
  - a) stündlicher Höchstbedarf  $\cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{500 \cdot 60}{60 \cdot 60} = 0,833$  sl,
  - b) Speisung eines Hydranten  $\dots \dots \dots \underline{4,000}$  „
  - zusammen: 4,833 sl.
4. Hauptleitung über B hinaus bis C:
  - a) stündlicher Höchstbedarf  $\cdot \frac{1}{10} \cdot \frac{300 \cdot 60}{60 \cdot 60} = 0,500$  sl,
  - b) Speisung eines Hydranten  $\dots \dots \dots \underline{4,000}$  „
  - zusammen: 4,500 „
5. Alle übrigen Strecken zur Speisung eines Hydranten  $\dots \dots 4,000$  „

Werden nun in den Leitungen Geschwindigkeiten von rund  $v = 0,80$  bis  $1,00$  m zugrunde gelegt und ferner an jedem Hydranten noch 2 Atmosphären oder rund 20 m Überdruck verlangt, so ergeben sich für die einzelnen Leitungen die in der nachstehenden Zusammenstellung berechneten Rohrweiten und Druckhöhen.

(Siehe die Tabelle auf Seite 307.)

Auf Grund der aus den Spalten 10 und 12 sich ergebenden Höhen folgt, daß die Speisung der Hydranten auf dem Vorwerk mit 34,61 m Überdruck bei einer Höhe von 427,00 m über N. N. für die Anlage des Hochbehälters maßgebend ist. Die Sohle des letzteren muß hiernach, um den gestellten Bedingungen zu entsprechen, mindestens auf  $34,61 + 427,00 = 461,61$  oder rund 462 m über N. N. gelegt werden.

Bezeichnung des Rohrstranges		Durch- messer mm	Länge <i>L</i>		Wasser- menge sl	Geschwin- digkeit <i>v</i>		Druck- höhen- verlust m	Gesamtdruckhöhenverlust von der Sohle des Hochbehälters			Höhenlage	
			m	m		m	m		bis Punkt	ohne 2 Atmosph. Überdruck	mit Überdruck	des Punktes	über N. N.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Hochbehälter													
<i>A</i>	<i>A</i>	100	300	8,00	1,02	4,80	<i>A</i>	4,80	24,80	<i>A</i>		413,0	
<i>A</i>	Gutshof	80	650	4,00	0,80	8,01	Gutshof	12,81	32,81	Gutshof		411,3	
<i>A</i>	<i>B</i>	80	360	4,83	1,00	6,93	<i>B</i>	11,73	31,73	<i>B</i>		421,0	
<i>B</i>	<i>C</i>	80	300	4,50	0,90	4,68	<i>C</i>	16,41	36,41	<i>C</i>		421,6	
<i>B</i>	Vorwerk	80	230	4,00	0,80	2,83	Vorwerk	14,61	34,61	Vorwerk		427,0	
<i>a</i>	<i>b</i>	80	130	4,00	0,80	1,60	<i>b</i>	4,80 } 1,72 } 1,60 }	8,12	28,12	<i>b</i>	417,0	
<i>c</i>	<i>d</i>	80	250	4,00	0,80	3,07	<i>d</i>	4,80 } 1,72 } 0,98 } 3,07 }	10,47	30,47	<i>d</i>	422,0	
<i>e</i>	<i>f</i>	80	170	4,00	0,80	2,09	<i>f</i>	4,80 } 1,72 } 2,50 } 2,09 }	11,11	31,11	<i>f</i>	418,0	

Der *Hochbehälter* erhält einen Grundrifs von 4 m Breite und 10 m Länge, so dafs er bei 1,5 m max. Füllung 60 cbm Fassungsraum hat. Dieser wird durch eine Zwischenwand in 2 Abteilungen zu je 30 cbm zerlegt, um Reinigungen und Reparaturen ohne Betriebsunterbrechung vornehmen zu können.

Die zur Zuleitung, Ableitung, Entleerung und zum Überlaufe erforderlichen Schieber und Rohrleitungen werden in einer vorgelegten Ventilkammer untergebracht, damit sie jederzeit leicht zugänglich sind.

Bei dem Höchststand des Wassers im Behälter von **1,5 m** liegt dessen Wasserspiegel auf  $462,00 + 1,50 = \mathbf{463,50\ m}$  über N. N., es bleiben somit bis zur Quelle, deren Fassung mit der Sohle auf **474,00 m über N. N.** angelegt werden kann,

$$474,00 - 463,50 = 10,50\ \text{m Druckhöhe.}$$

Die Entfernung von der Quelle bis zum Hochbehälter beträgt **1220 m**.

Schon durch eine Rohrleitung von 40 mm Weite würde dann zufliefsen können:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v = 0,00125 \cdot v;$$

worin

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{\lambda \cdot \frac{l}{d}}} = \frac{\sqrt{19,62 \cdot 10,5}}{\sqrt{0,03025 \cdot \frac{1220}{0,04}}} = \mathbf{0,5\ m},$$

weshalb

$$Q = 0,00125 \cdot 0,5 = \mathbf{0,656\ sl},$$

während die mittlere Zuflufsmenge 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, so dafs 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 (Gröfse usw.) können von jedem Installationsgeschäft bezogen werden.

Als *Beispiel* für die Anlage eines „*hydraulischen Widders*“ mag angenommen werden, dafs für die Wasserversorgung von Beelitz nicht die hochbelegene Quelle verfügbar ist, sondern ein stärkerer Wasserzuflufs in Höhe von + 418,00.

Zur Hebung des Wassers soll an dem tiefsten Punkte der Hochbehälterleitung (auf + 415,00) ein „*hydraulischer Widder*“ aufgestellt

werden. Welche Wassermengen müssen an der Quelle (+ 418,00) zur Verfügung stehen, um den Anforderungen für die Wasserversorgung von Beelitz zu genügen?

Die dem Hochbehälter zuzuführende Wassermenge beträgt nach S. 305 = 0,463 sl. In der Minute sind mithin zu heben  $60 \cdot 0,463 = 27,78$  l.

Es soll eine Anlage mit 3 hydraulischen Widdern nach dem Beispiel Fig. 321 gewählt werden. Jeder Widder hätte also zu heben:

$$\frac{27,78}{3} = 9,26 \text{ l.}$$

Das hierzu erforderliche Aufschlagswasser berechnet sich nach der Formel:

$$q = \frac{k \cdot Q \cdot h}{h_1},$$

worin  $q$  die zu hebende Wassermenge = 9,26 l,

$h$  das verfügbare Gefälle =  $418,0 - 415,0 = 3,0$  m,

$h_1$  die Förderhöhe =  $463,5 - 415,0 = 48,5$  m,

$k = 0,32$  nach Zusammenstellung auf S. 279.

Da  $\frac{h_1}{h} = \frac{48,5}{3} = 16$ , somit:

$$Q = \frac{9,26 \cdot 48,5}{0,32 \cdot 3,0} = 468 \text{ l,}$$

und für die 3 Widder zusammen:

$$3 \cdot Q = \text{rund } 1400 \text{ l.}$$

Die Länge der 3 Zuleitungsrohre von der Quellstube zu den einzelnen Widdern:

$$l = 48,5 + 0,3 \cdot \frac{48,5}{3,0} = 97,0 \text{ m,}$$

und die Weite derselben:

$$d = 300 \sqrt{0,468} = 205 \text{ mm;}$$

gewählt die nächst gröfsere, im Handel vorkommende Weite  $d = 225$  mm.

Im übrigen ist die Gesamtanlage wieder genau dieselbe wie bei der direkten Speisung aus der hochliegenden Quelle.

### § 83.

Betreffs der **Veranschlagung** mag noch erwähnt werden, daß dieselbe in gleicher Weise wie andere Bauanschläge (s. S. 170 ff.) nach Titeln und Positionen getrennt erfolgen muß und sich im einzelnen auf folgende Arbeiten zu erstrecken hätte:

**A. Quellenfassung** (gegebenenfalls einschließlich der Kosten für einen hydraulischen Widder oder für eine andere maschinelle Anlage zur künstlichen Hebung des Wassers):

*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, bzw. 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-, Ableitungs- und Überlaufrohre, einschließlich aller Ventile, Verschlussvorrichtungen usw.

*Sonstige Nebenarbeiten.*

**C. Rohrleitung:**

*Lieferung* der verschiedenen Rohre und Formstücke nach *Gewicht*.

*Lieferung* der erforderlichen *Schieber, Hydranten, Luftventile, Standrohre, Schlüssel* usw.

*Anfuhr* der sämtlichen Metallsachen (Eisenbahnfracht, Landtransport).

*Verlegen der Rohre* und Einbauen der Schieber, Hydranten usw.

**D. Hausanschlüsse.**

**E. Allgemeine Kosten:**

Vorarbeiten, Projektaufstellung, Bauleitung usw., je nach dem Umfang des Projektes 5—10 % der Kosten A—D.

## Literatur zum IV. Abschnitt.

- Bestimmung von Normalprofilen für die Elbe. Magdeburg 1885.
- Brennecke, Grundbau. Berlin 1906.
- Frank, Berechnung der Kanäle und Rohrleitungen. München und Leipzig 1886.
- Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau. Berlin 1908.
- Goering, Massenermittlung, Massenverteilung und Transportkosten bei Erdarbeiten. Berlin 1898.
- Gottgetreu, Physikalische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien. Berlin 1880.
- 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.
- Krüger, Handbuch der Baustofflehre. Leipzig 1899.
- 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.
- Möller, Grundriß des Wasserbaues. Leipzig 1906.
- Müller-Breslau, Erddruck auf Stützmauern. Stuttgart 1906.
- Osthoff, Kosten-Berechnungen für Ingenieurbauten. Leipzig 1902.
- Penk, Abfluß- 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 Abflußverhältnisse der Saale mit besonderer Berücksichtigung der Häufigkeit der Wasserstände. Wiesbaden 1893.
- Tolkmitt, Grundlagen der Wasserbaukunst. Berlin 1898.
- Zwick, Die Natur der Ziegeltone und Ziegelfabrikation der Gegenwart. Wien 1894.
- 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 Mittelhöhe der starren Erdrinde liegt nach Herm. Wagner<sup>1)</sup> (Fig. 354) 2300 m unter dem Meeresspiegel, die Mittelhöhe der physikalischen Erdoberfläche aber ungefähr 200 m über dem Meere. Alle Wassermassen könnten sonach eine Schicht von 2500 m Höhe bilden. Das über 1000 m Höhe emporragende Kulminationsgebiet des Festlandes umfaßt nur 6<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, die bis 200 m unter Meereshöhe reichende Kontinentaltafel 28,3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> und der bis zur Mittelgleiche der starren Erdrinde, d. i. bis — 2300 m reichende Kontinentalabhang 9<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Erdoberfläche. Die Tiefseetafel von — 2300 bis — 5000 m dehnt sich über mehr als die Hälfte der Erdoberfläche aus, nämlich über 53,7<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, während die Tiefseeschichten, unter — 5000 m, nur noch 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> einnehmen. Die mittlere Tiefe des Meeres liegt auf — 3500 m. Die größten Tiefen liegen nicht inmitten der Ozeane, sondern stets in der Nähe des Festlandes. Die bisher ermittelte größte Tiefe von 9420 m liegt nordöstlich von Neuseeland. Der höchste Berg der Erde, der Gaurisankar oder Mt. Everest im Himalayagebirge, mißt 8840 m. 7—8<sup>0</sup>/<sub>0</sub> der Erdoberfläche sind mit Eis bedeckt.

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

<sup>1)</sup> Vergl. Herm. Wagner, Lehrbuch der Geographie, 6. Aufl., 1896, S. 241; Albr. Penck, Morphologie der Erdoberfläche, 1894, S. 136.

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 der 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

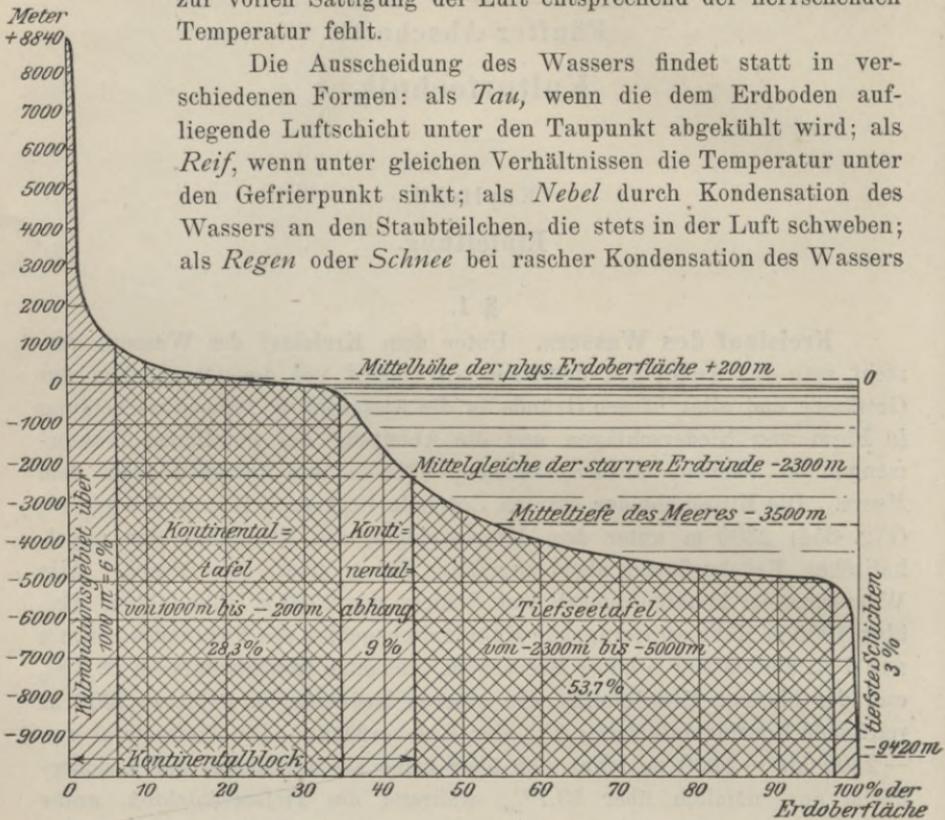


Fig. 354. Höhenverhältnisse der Erdrinde und des Meeres.

in dem zu Wolken verdichteten Nebel. Kommt „überkalteter“ Nebel (bis  $-10$  und  $-13^{\circ}$ ) 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 auf-

steigende 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. Die Gase werden beim Niederfallen der Regentropfen aufgenommen. Da nun die Schneeflocken größer sind als die Regentropfen, langsamer herabsinken und weitere Wege zurücklegen als diese, so reinigt ein Schneefall viel gründlicher die Luft als der Regen. Er fängt mehr Staub auf und ist besonders reich an Kohlensäure.

## § 2.

**Regenhöhen.** Die Menge der atmosphärischen Niederschläge wird durch die Höhe der Wasserschicht bezeichnet, die entstehen würde, wenn die Niederschläge auf horizontale 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, als Mittelwert fand man 16 mm. Besser als durch die Angabe der spezifischen Schneetiefe wird die Dichtigkeit des Schnees bezeichnet durch die Angabe der Wasserschicht, welche 1 cm Schneehöhe beim Schmelzen liefern würde. Der Wassergehalt einer frisch gefallenen Schneedecke hängt von der Temperatur ab. Er nimmt mit der Temperatur zu. 1 cm frischer Schnee liefert durchschnittlich 0,8—1 mm Wasserhöhe. Liegt der Schnee längere Zeit auf dem Erdboden, so nimmt seine Wasserergiebigkeit zu. 1 cm einer alten Schneedecke kann bis 4,5 mm Wasser liefern.

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—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* beträgt:

in Berlin	nach 43jährigem Durchschnitt	583 mm,
„ Darmstadt	„ 9	„ 665
„ Dresden	„ 50	„ 571
„ Frankfurt a. M.	„ 23	„ 614
„ Heidelberg	„ 19	„ 693
„ Karlsruhe	„ 54	„ 723
„ Kassel	„ 10	„ 633
„ Klausthal	„ 16	„ 1491
„ Königsberg i. P.	„ 59	„ 688
„ Schwerin	„ 36	„ 614
„ Stuttgart	„ 45	„ 610
„ Ulm	„ 17	„ 623

Die jährliche Regenhöhe von Deutschland beträgt etwa 660 mm. Hiervon entfallen ungefähr 22 % auf den Frühling, 36 % auf den Sommer, 24 % auf den Herbst, 18 % 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 und mehr. 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. Derartige Maximen pflegen aber an einem und demselben Ort nur selten aufzutreten, etwa in 40—50 Jahren nur einmal. 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. Die sogen. Landregen, welche große Regenhöhen im Laufe eines Tages ergeben, stehen den stärksten Gewitterregen nicht allein an Dichtigkeit, sondern oft auch an Ergiebigkeit nach. Die stärksten Regengüsse, diejenigen, welche mindestens 18 mm in der Stunde oder 0,3 mm in der Minute ergeben, pflegt man *Sturzregen* zu nennen. Derartige heftige Güsse bilden gewöhnlich den Teil eines längeren Regenfalles. Solche Regen können zuverlässig nur durch graphische Aufzeichnungen der Regenfälle festgestellt werden (s. § 4). Diese Messungen ergeben, daß die Dichtigkeit der Niederschläge um so größer ist, je kürzer ihre Dauer ist, und sie lehren ferner, daß starke Niederschläge von kurzer Dauer weniger an den Küsten, häufiger im Binnenlande vorkommen. Hierin liegt zum Teil die Erklärung dafür, daß der Regenfall an den Küsten im allgemeinen geringer ist, als im Binnenlande.<sup>1)</sup>

### § 3.

**Regenmesser.** Die Regenmesser oder Ombrometer, Pluviometer, bestehen gewöhnlich aus drei Teilen: dem Auffanggefäß, dem Sammelgefäß und dem Meßgerät. Das Auffanggefäß hat eine trichterartige Form mit runder oder quadratischer Auffangfläche von 200—2000 qcm. In Preußen ist der in Fig. 355 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*. Diese 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—1,50 m, geboten. Zur Be-

<sup>1)</sup> Ausführliche Tabellen über die jährlichen, monatlichen, täglichen und stündlichen Regenhöhen und Sturzregen an verschiedenen Orten hat Verfasser in dem Handb. d. Ingen.-Wissensch., III. Teil, Der Wasserbau, 4. Aufl., 1905, erster Band, Gewässerkunde, S. 20—47 niedergelegt.

stimmung der Regenmenge wird die Sammelflasche in das in Fig. 356 dargestellte Meßglas entleert.

*Große Schneemengen* werden ermittelt dadurch, daß man von dem Schnee, welcher sich auf einem ausgelegten Brett gesammelt hat, mittels des Auffanggefäßes des Regenmessers einen Schneezylinder aussticht, diesen Ausstich sammelt und schmilzt.

Die Regenmessungen geschehen in Preußen regelmäßig um 7 Uhr morgens. Sie werden allmonatlich durch eine *Regenpostkarte* nach dem Schema (S. 319) dem meteorologischen Institut übersandt.

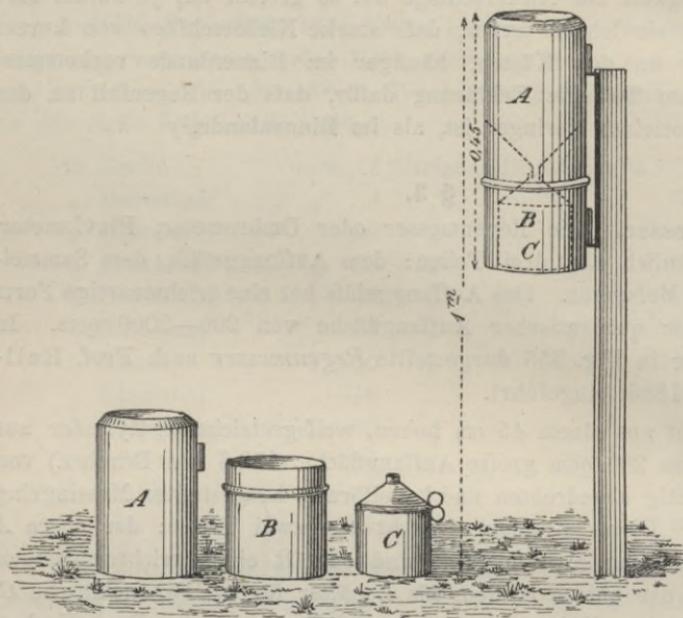


Fig. 355. Regenmesser.

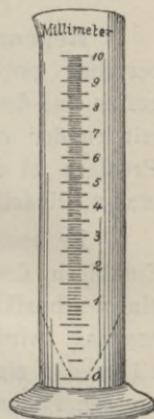


Fig. 356. Meßglas.

Die *Aufstellung der Regenmesser* ist von großem Einfluß auf die Ergiebigkeit. Es ist ein solcher Ort zu wählen, an welchem der Niederschlag, selbst wenn er bei heftigem Winde sehr schräg fällt, doch noch von allen Seiten freien Zutritt zu dem Regenmesser findet. Gebäude, Mauern, Bäume u. dergl. müssen von ihm mindestens ebenso weit entfernt sein, wie sie selbst hoch sind. Keinenfalls dürfen an der Wetterseite des Regenmessers hohe Gebäude in großer Nähe sein, weil alsdann der Regenmesser im Regenschatten stehen und zu wenig von den Niederschlägen auffangen würde. Andererseits ist auch eine große freie Wiesen- oder Feldfläche kein zweckmäßiger Aufstellungsort, weil der Regenmesser dem störenden Einfluß des Windes zu sehr ausgesetzt

Station: <i>Rudersdorf</i>		Kreis: <i>Niederbarnim</i>		Monat: <i>März</i>		1886.	
Meereshöhe: <i>42</i> m.		Höhe des Regennmessers 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, * I <sup>1/2</sup> - 3 p	21	—
2	0,9	● n, ≡ <sup>2</sup> 6-10 a	12	2,3	—	22	0,1
3	—	—	13	—	≡ <sup>1</sup> öfers a	23	50,1
4	—	△ schauer 2-3 <sup>1/2</sup> p	14	0,3	□	24	—
5	2,4	● u. ▲ böen a und p	15	0,1	□	25	3,2
6	7,3	≡	16	—	● a, * u. † p	26	5,1
7	—	—	17	—	* a und 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>3/4</sup> - 7 <sup>1/4</sup> 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:			Sa. 74,7	
a=Vornittg. p=Nachmittg. n=Nacht.			Schnee (*)			Größte Höhe } 50,1 mm	
● Regen. * Schne. ▲ Hagel.			Hegel (▲)			in 24 Std. } gemessen am 23.	
△ Grapel. □ Tan. □ Reil. √ Rauh-			Grappel (△)			Zahl der Tage mit mehr als } 15	
frost ≡ Nebel. □ Nah.-Gew. T Fern.-Gew.			Nebel (≡)			0,2 mm Niederschlag	
∠ Wetterleuchten. ∞ Sturm.			Gewitter (□ T)			Unterschrift: <i>Lichtenau</i>	
∞ Höhenrauch. † Schneegestöber.							
● n, □ a—2 <sup>1/2</sup> p, * 2 6-7 p.							

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.

sein würde. Die schon früher beobachtete Verschiedenheit der Ergebnisse von Regennmessern, die in verschiedener Höhe aufgestellt waren, ist nicht, wie man früher annahm, dadurch veranlaßt, daß die fallenden Regentropfen durch die Feuchtigkeit der durchzogenen Luftschichten sich allmählich vergrößern, sondern sie beruht vielmehr in den störenden Einflüssen der Winde, welche in großer Höhe stärker wehen als am

Erdboden und darum in der Höhe zahlreiche Regentropfen an dem Regenschreiber vorbeiführen.<sup>1)</sup>

#### § 4.

**Regenschreiber.** Die gewöhnlichen Regenschreiber 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 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>2)</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. 357 zeigt den Regenschreiber in Tätigkeit.

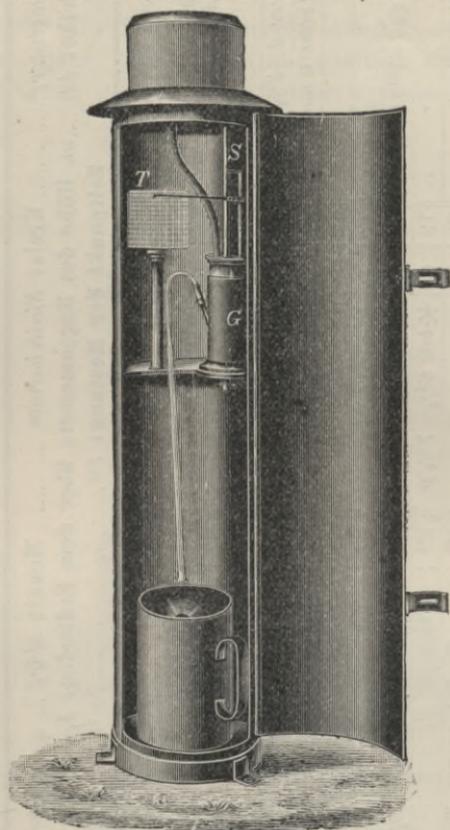


Fig. 357.

Regenschreiber von Hellmann u. Fuefs.

Das Auffanggefäß hat dieselbe Gestalt und Fläche wie am Regenschreiber (Fig. 355). 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 un-

findet sich ein Schwimmer, an dessen Achse S ein Hebelarm mit der Schreibfeder befestigt ist. So wird die Bewegung des Schwimmers un-

<sup>1)</sup> Über die Anbringung von Schutztrichtern, Schutzzäunen und die Anwendung von Windschutzzahlen siehe Gerhardt, Regen, Grundwasser und Quellen im Handb. d. Ingen.-Wissensch., III. Teil, 4. Aufl., 1905, S. 16 u. 17.

<sup>2)</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.

mittelbar 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. 358 zeigt,

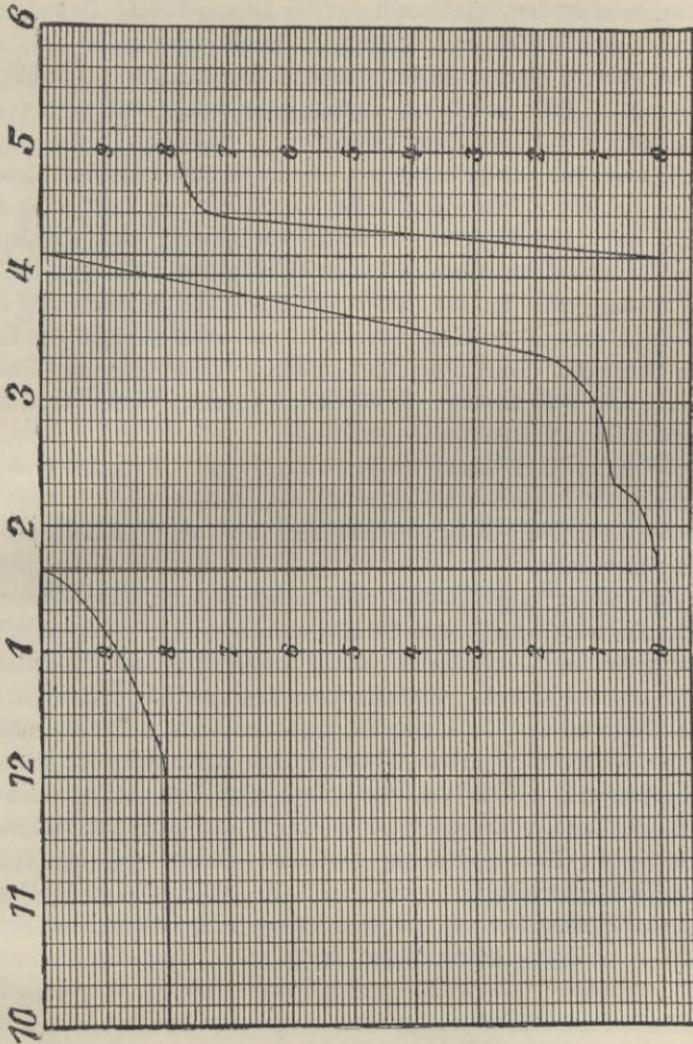


Fig. 358. Regendiagramm nach Hellmann u. Fuels.

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 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.

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 angebrachten Glasheber in eine am Boden stehende Sammelkanne. Die Wassershöhe 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. 358 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 M.; die Papierstreifen werden zum Preise von 5 M. für 100 Stück geliefert.

### § 5.

**Verdunstung.** Die Verdunstung ist abhängig von der Temperatur, dem Feuchtigkeitsgehalt, und der Bewegung der Luft. Neuer Wasserdampf kann sich nur dann entwickeln, wenn die auf der Oberfläche lagernde Luftschicht nicht mehr mit Dampf gesättigt ist. Die Verdunstung wird daher wesentlich bedingt durch eine Luftströmung, welche neue, zur ferneren Aufnahme von Dampf geeignete Luft herbeiführt.

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. Die Verdunstung des Fucino-Sees z. B. betrug vor Trockenlegung in den Jahren 1855—1862 durchschnittlich 1850 mm im Jahr, weit mehr als der unmittelbare Regenfall, der nur 850 mm ergab. Die monatliche Verdunstung einer unter dem Einfluß des Sonnenlichtes stehenden freien Wasserfläche wurde in Augsburg nach 14jährigem 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. Auf einer Versuchsstrecke des Dortmund-Emskanals wurde nach Beobachtungen vom Oktober 1892 bis Juni 1894 als tägliche Verdunstung im Durchschnitt eines ganzen Monats 7,5 mm ermittelt.

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  $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$  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. Die mittlere tägliche Verdunstung beträgt bei Wiesen 3,1—7,3 mm, bei Weizen 2,7—2,8 mm, bei Roggen 2,26 mm, bei Kartoffeln 0,74—1,4 mm, bei Eichen und Tannen dagegen nur 0,5—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 % 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 wirkt stärker auf die Ermäßigung des Sickerwassers als der Bestand von Bäumen.

### § 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 dessen *absoluter oder kleinster Wasserkapazität*. Hierunter versteht man diejenige Wassermenge, die trotz freien Abflusses von einem Boden unter allen Umständen festgehalten wird, wenn ihm ein Überschuß 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. 136).

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 zutage, 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-

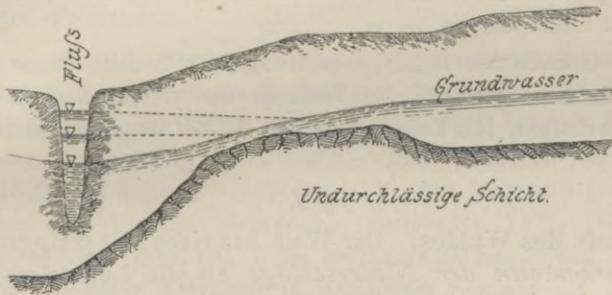


Fig. 359. Grundwasserspeisung eines Flusses.

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 (s. § 1 S. 314). 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. 359. Eine Anschwellung im Fluss übt eine Rückwirkung auf den Grundwasserstand aus. Das Flusswasser 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 Rückstaus 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 mittels eiserner Standröhren. In den meisten Fällen genügen einfache schmiedeeiserne Röhren von 5—10 cm Weite, welche in ähnlicher Weise eingetrieben werden, wie die Saugrohre der sogen. 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. Teil Wasserbau, 1. Bd. Gewässerkunde, S. 82 ff., verwiesen.

### § 9.

**Einfluß des Waldes.** Der Wald hat einen viel geringeren Einfluß auf das *Vorkommen der Niederschläge* als die Luftströmungen. Ein gewisser Einfluß muß ihm allerdings zugesprochen werden, denn die bisher angestellten Beobachtungen scheinen zu bestätigen, daß über dem Walde mehr Regen fällt als auf dem benachbarten Freilande. Besonders die Beobachtungen von Prof. Dr. Müttrich in aufgeforsteten Gebieten der Lüneburger Heide berechtigen zu dieser Schlusfolgerung. Nach Einzeluntersuchungen fallen über dem Laubwalde durchschnittlich 4,2%, über Nadelholz durchschnittlich 9,4% mehr Niederschläge als auf dem benachbarten Freilande. Da aber das Laub der Bäume große Wassermengen zurückhält, so fällt in Wirklichkeit auf dem Boden des Waldes weniger Wasser nieder als auf dem baumlosen Nachbarlande. Nadelholz hält im allgemeinen mehr Wasser zurück als Laubholz. Freilich rieseln an den Baumstämmen nicht unerhebliche Wassermengen herab. Aber selbst wenn diese mit in Rechnung gezogen werden, so ergibt sich doch, daß der stärkere Niederschlag über dem Walde durch den Waldbestand selbst aufgehoben wird. Man kann annehmen, daß in einem Walde mit mehr oder weniger großen Lichtungen um durchschnittlich 12% weniger Regen auf den Boden gelangt als auf dem benachbarten Freilande.

Die *Verdunstung* des Bodens im Walde ist geringer als die Verdunstung von einer gleich großen bebauten Fläche. Die Bäume speichern

in ihren Körpern nicht allein viel Wasser auf, sondern sie geben auch an einem Tage zwei- bis viermal mehr Wasser ab, als ihr Gewicht in luft-trockenem Zustande beträgt. Die Verdunstung des Laubholzes ist größer als die Verdunstung des Nadelholzes. Aber selbst die Blätter der immergrünen Hölzer verdunsten täglich nahezu die Hälfte ihres Gewichts. Die Verdunstung im Walde wird erheblich zurückgehalten durch eine Streudecke. Müttrich fand aus 5 Beobachtungsjahren auf 13 Stationen, daß durchschnittlich jährlich im Walde 125 mm, im Freien unter sonst gleichen Verhältnissen aber 303 mm verdunsteten. Danach betrug die Verdunstung im Walde nur 41 % derjenigen im Freien. Ebermeyer fand sogar nur 36 %. Auf die hauptsächlich für die Verdunstung in Betracht kommenden Sommermonate stellten sich folgende Monatsmittel heraus: es verdunsteten im Walde durchschnittlich im Juni 35 %, im Juli 33, im August 35 und im September 40 % der Verdunstungsmengen des im Walde als Lichtung vorhandenen Freilandes.

Die *Sickerwassermengen* eines mit Wald bestandenen Bodens sind stets geringer als die Sickerwassermengen, welche der kahle Boden liefert. Ist eine Streudecke im Walde vorhanden, so wird dadurch das Absickern des Wassers noch mehr vermindert. Nach Bühler versickerten im Sommer 1892 auf kahlem Sandboden 85 % der Regenmengen, von einem mit Buchen und Fichten bestandenen Sandboden 74 % und 77 % der Regenmengen, von dem mit Gras bestandenen Sandboden dagegen nur 55 %. Im Tonboden betrugen in demselben Sommer die Sickerwassermengen 77 %, bezw. 29 % bei Buchen und Fichten, und 18 % auf Grasland.

Auf das *Grundwasser* wirkt der Wald nach Ototzky derartig ein, daß er die Menge des Grundwassers vermindert. Er trocknet den Boden aus. Bei gleichen geologischen Bodenschichten lieferten Bohrlöcher im Walde kein Wasser, während ähnliche Löcher in dem umgebenden Freilande wasserreiche Brunnen erschlossen. Allerdings sind solche Ergebnisse nur bei ruhendem Grundwasser zu erwarten. Bei bewegtem Grundwasser kann die Neigung der undurchlässigen Schichten und das Gefälle der Grundwasserbewegung diese Wirkung des Waldes vollständig aufheben. Im allgemeinen ist aber immer anzunehmen, daß der Wald arm ist an Quellen. Ihre Zahl ist hier viel geringer als im Freilande. Es werden Brunnen mit besserem Erfolge im Freilande angelegt als im Walde. Man kann zwar beobachten, daß die obersten Erdschichten im Walde feuchter sind als die obersten Schichten des kultivierten Freilandes; aber in größerer Tiefe werden die Schichten trockener und viel trockener als die gleich tiefen Schichten des Freilandes.

**§ 10.**

**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.

### § 11.

**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 Ausufern 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. 211) 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.

## § 12.

**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 Tageswasser auf, welches von höheren Gebieten unmittelbar zufließt, so wird es durch *Randgräben* abgehalten (s. § 13). — 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 *Kopfdrainen* (s. § 13) abgefangen. — Kommt es endlich als Grundwasser durch Hebung des Wasserspiegels im tiefliegenden Gelände vor, so nennt man es *Schweißwasser*, *Kuwerwasser*, *Dränge-* oder *Qualmwasser*; nämlich *Schweißwasser* dann, wenn es von Zuleitungsgräben und Kanälen herrührt, die über höhere Gebiete geführt worden sind; *Kuwerwasser*, 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.

### § 13.

**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, ausreichenden 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, so daß 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 außerhalb des Meliorationsgebiets bleiben und außerhalb 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. § 68).

#### § 14.

**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 zeichnen sich Pflanzen mit dünnen, unbehaarten Blättern und mit zarter Oberhaut durch starke Verdunstung aus. Deshalb folgen den Nadelhölzern zunächst Eiche, Ahorn und Ulme, demnächst aber *Buche, Esche, Birke* 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 30000 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.

### § 15.

**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. § 16); 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. § 19); die Vorfluter können sowohl tiefer als breiter ausgeführt werden, als sie vorher waren;

c) durch Anlage *neuer Abflüsse* (s. § 20).

### § 16.

**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. Wengleich 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 ungefährl gleichem Gefälle und gleicher Wasserführung bestimmt. Aus

diesen Normalfüllungen werden Musterbreiten und -tiefen 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. Es muß dazu das von oben in dem Vorfluter zufließende Wasser zurückgehalten werden. Zu dem Ende wird oberhalb der Arbeitsstelle ein *Querdamm* angelegt. Dieser besteht bei kleinen Vorflutern aus einer gewöhnlichen Erdschüttung, die aber lagenweise festgestampft werden muß, bei größeren Vorflutern aus einer Bretterwand mit vorgelagerter, festgestampfter Bodenschüttung.

Bei sehr kleinen Vorflutern mit geringem Wasserzufluß genügt ein solcher Querdamm allein, um die Räumung und Krautung im Trocknen ausführen zu können: man läßt dann oberhalb des Dammes das Wasser sich anstauen. Bei größeren Vorflutern aber, bei denen man während der Arbeit einen größeren Zufluß von Wasser und damit eine unbequeme Unterbrechung der Arbeit zu befürchten hat, muß durch Anlage eines *Hilfsgrabens* für die Umleitung des Wassers gesorgt werden. Dieser Hilfsgraben beginnt oberhalb des Dammes und mündet unterhalb der Arbeitsstelle wieder in den Vorfluter. Sein Querschnitt braucht nicht besonders groß zu sein, nur so groß, um den während der Arbeitszeit zu erwartenden gewöhnlichen Wasserzufluß abzuführen. Treten unerwartet größere Zuflüsse ein, so läßt man die Arbeitsstelle zeitweise voll Wasser laufen und sorgt demnächst für die Beseitigung des eingedrungenen Wassers. Eine solche Unterbrechung der Arbeit ist weniger kostspielig, als die Herstellung des Umleiters in großen Abmessungen.

Ist bei den Räumungsarbeiten der Grundwasserzufluß sehr stark, so muß neben der Abdämmung und der Anlage des Hilfsgrabens eine *Pumpe* an der tiefsten Stelle des Arbeitsfeldes aufgestellt werden. Sie entnimmt das Wasser einer vertieften Grube, dem Pumpensumpf. Ist der Boden des Vorfluters sehr durchlässig und daher die Grundwasserzuströmung von oben her sehr stark, so ist es zweckmäßig, mehrere Abdämmungen in nicht zu geringen Entfernungen hintereinander anzulegen, so daß die Wasserstände sich in den so gewonnenen Abteilungen stufenweise einstellen. Die Arbeiten werden von unten nach oben fortschreitend

in gewöhnlicher Weise durch Spaten und Schubkarre ausgeführt. Das Kraut wird gleichzeitig mit den Erdmassen beseitigt.

§ 17.

**Krautungsgeräte.** Die Krautung im Wasser erfolgt stets bei niedrigem Wasserstande. Dabei sind folgende Geräte gebräuchlich:



Fig. 360. Krautschneider Simplex.

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. *Der Krautschneider Simplex.* Zwei gekrümmte, sensenförmige Messer, die sowohl an der Vorder- wie an der Rückseite schneiden können, sind am unteren Ende einer lotrecht hängenden Stange befestigt (Fig. 360). Sie können durch Handhaben hin und her gedreht, auch in den Führungen hoch und tief eingestellt werden. Mit Hilfe eines Gegengewichts kann das Gewicht der Mähflügel ausgeglichen und dadurch ihre Einstellung in beliebiger Tiefe augenblicklich und leicht erfolgen; doch ist diese Einrichtung nicht unbedingt notwendig. Die Tauchtiefe der Flügel kann im allgemeinen bis 1,8 m unter Wasseroberfläche ausgedehnt werden, auf Wunsch wird das Gerät aber auch auf 2,4 m als größte Tauchtiefe eingerichtet. Es wird an der Spitze eines Bootes befestigt. Zur Bedienung sind zwei

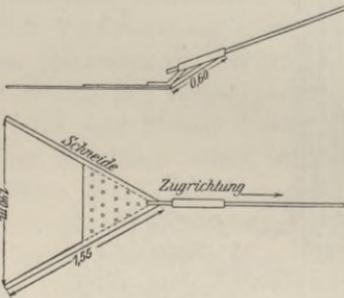


Fig. 361. Freienwalder Krautungsmesser.

Mann erforderlich, von denen der eine das Boot bewegt, der andere die Maschine dreht. Das Gerät ist eine englische Erfindung, die durch Patent geschützt ist. Es wird in England hergestellt, und in Deutschland durch C. Riedel in Bergstedt bei Hamburg verkauft. Der Preis beträgt 120 M., mit der Gegengewichts-Einrichtung 145 M. und mit einem lotrechten Messer zum Durchschneiden schwimmenden Unkrauts 160 M. Das Messer

kann ebenso entbehrt werden wie die Gegengewichts-Einrichtung.

4. *Das Freienwalder Krautungsmesser* von Eisenack. Es besteht nach Fig. 361 aus zwei Messern aus Gufsstahl, die mittels eines dreieckigen gelochten Bleches unter einem Winkel von etwa  $60^\circ$  miteinander verbunden sind. An die Blechtafel ist eine Hülse schräg angeschmiedet, und in diese wird eine hölzerne Stange gesteckt, deren Länge je nach der Wassertiefe bis 4 und 5 m beträgt. Die Messer werden vor jeder Krautung wie Sensen gedengelt und während der Arbeit scharf gehalten. Zum Gebrauch sind drei Arbeiter und ein Kahn erforderlich. Zwei Mann bewegen den Kahn mit Stofsrudern stromauf; der dritte führt das Messer am hinteren Ende des Kahns. Er legt es flach auf die Sohle des Wasserlaufs und zieht es ruckweise während der Bewegung des Kahns an sich. Dadurch wird das Kraut in einer 1,4 m breiten Furche dicht über dem Boden geschnitten, es schwimmt auf und treibt bis zu einem unterhalb im Wasser angebrachten Krautfang, wo es mittels hölzerner Harken mit langen Zähnen auf das Land gezogen wird. Der

Krautfang besteht aus einer oder mehreren quer über das Wasser gelegten Stangen. Ist eine Furche geschnitten, so wird eine zweite und dritte in derselben Weise daneben gezogen. Das von Eisenack in Freienwalde a. O. entworfene und ausgeführte Gerät wird in den Vorflutern des Oderbruchs durch den Deichinspektor Baurat Hager angewandt und hat sich daselbst gut bewährt. Die Beschaffungskosten betragen etwa 50 M. Die Betriebskosten stellen sich bei 3,50 M. Tagelohn auf  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$  Pf. für das Quadratmeter Krautfläche.

5. *Kette von Ufer zu Ufer.* Es wird eine möglichst schwere, kurzgliederige (sogen. 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 Vermittelung der Dornen alle Wasserpflanzen heraus. Diese bleiben zum Teil in der Kette hängen, zum Teil schwimmen sie empor, treiben stromabwärts, werden aufgefischt und beseitigt.

6. *Sensenblätter.* Eine Anzahl von Sensen, welche der Breite des Flusses entspricht, wird durch bewegliche, kurze, nietartige Bolzen zu einer Kette vereinigt. Oft genügen 3 bis 6 Sensen. An der ersten und letzten Sense werden durch Vermittelung von Ösen 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;<sup>1)</sup> es kann überall von jedem Dorfschmied aus alten Sensenblättern billig hergestellt werden. Es hat sich an manchen Stellen, z. B. im Drömling und an andern Orten seit Jahren gut bewährt.

In verbesserter Form werden die Sensenblätter neuerdings von der *Obra-Meliorationsgenossenschaft* in Westpreußen benutzt. Fig. 362 stellt das Gerät nach den Angaben des Kanalinspektors von Karlowski dar. Die einzelnen Sensen werden nach Schnitt *B* durch Nieten mit versenkten Köpfen verbunden. Die Schraubenmuttern dürfen nicht zu scharf angezogen werden, damit die Kette genügende Beweglichkeit besitzt. Um aber ein Losdrehen während der Arbeit zu verhüten, werden zwei Gummipplatten unter die Muttern gelegt. An die Endsensen werden kurze nach der Zugrichtung geneigte Arme angenietet. Diese Arme erhalten Ösen

<sup>1)</sup> S. Annales des ponts et chaussées 1852, S. 244. Eine Abbildung ist in der 3. Auflage dieses Werkes, II, S. 233 mitgeteilt.

zum Befestigen von 1 bis 1,5 m langen Zugketten, welche wiederum mit Zugleinen verbunden werden. Durch diese Einrichtung wird das Anheben der Endsensen beim Ziehen vermieden. Die Belastung zum Geradestellen der Sensen gegen die Stromrichtung wird in der Regel an den Endsensen angebracht, und zwar in Form von 2,5 kg schweren Kegeln. Nach Schnitt *A* werden die Kegel an Blechen befestigt, die an den oberen Flächen der Sensen angenietet sind. Außer den Endmessern bekommt jede dritte oder vierte Sense dieselbe Belastung. Die gewöhnliche Länge eines Messers beträgt 0,74 m, seine nutzbare Länge von Bolzen zu Bolzen 0,64 m. Die Gesamtlänge aller Sensen muß 10 bis 15 % größer sein als die Sohle des Wasserlaufs breit ist. Als größte praktisch verwendbare Länge werden 25 Messer angesehen. Überschreitet der Wasserlauf diese Breite,

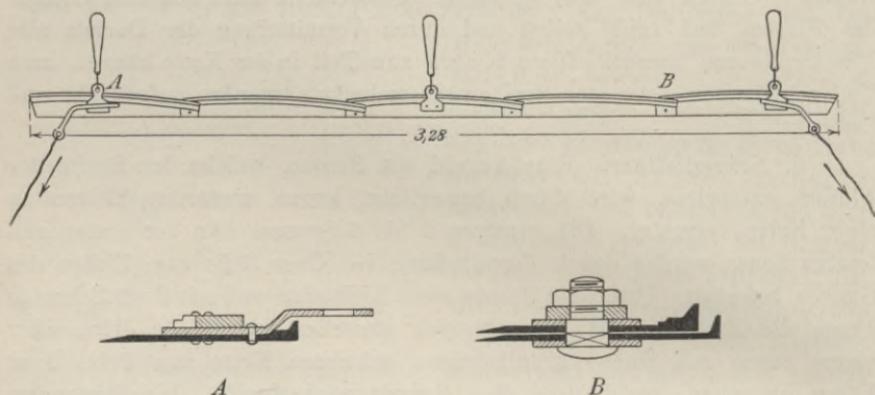


Fig. 362. Krautschneider aus Sensenblättern.

so ist das Krauten in 2 Abschnitten, von der Mitte bis zu jedem Ufer, auszuführen. Die Arbeiter ziehen die Kette von den Ufern aus rückwärtsgehend ruckweise vorwärts. Täglich können durchschnittlich 2 km gekrautet werden. Mit der Kette ist nur eine Krautung der Sohle möglich. Das auf den Uferböschungen stehende Kraut muß mittels Sensen an langen Stielen beseitigt werden. Die Beschaffungskosten der Obra-Sensen betragen: für je ein Messer aus den Sensenwerken von C. F. Bock in Breslau 3,50 M., und für die Zurüstung durch die Maschinenfabrik von H. Cegielski in Posen 4,50 M., zusammen für ein Messer 8 M.

In ähnlicher Weise wirkt der *Krautungs-Apparat* von Alexander Jacobsohn in Starobino (Patent 157 569). Hier sind zwei oder drei flachliegende Stahlmesser unter spitzem Winkel von höchstens  $60^{\circ}$  gegeneinander geneigt und durch Gelenkbolzen verbunden. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in der Zeitschrift „Das Schiff“ 1905, S. 23.

7. Das *Krautungsmesser* von Below, Amtsvorsteher und Grabeninspektor in Brodau bei Soldau, Ostpreußen, besteht aus einem einzigen Sensenblatt von 1,65 oder 2,25 m Länge (Fig. 363), 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 beiden Arbeiter mit den Zugseilen an dem lichterem Ufer; ein dritter Mann führt eine kurze, durch die Mittelöse gezogene

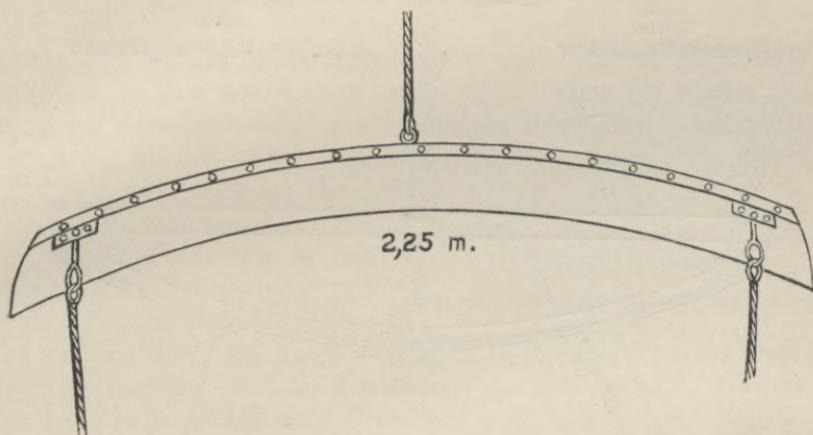


Fig. 363. Krautungsmesser von Below.

Leine von der Länge der Flußbreite und zieht mittels dieser das Messer von dem gegenüberliegenden Ufer zurück, um es an der mit Bäumen bestandenen 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.

8. Das *van Cuyksche Krautungsmesser*. Das nach den Angaben des Ehrenbürgermeisters van Cuyk in Veert bei Geldern gefertigte und

in Fig. 364 dargestellte Gerät wird nach den Ausführungen des Meliorations-Bauinspektors Mahr (im Kulturtechniker 1906, S. 305) mit gutem Erfolge auf dem Geldernschen Nierskanal verwendet. Das Messer ist 4 m lang und 12 cm breit. Es besteht aus zwei Stücken, die durch eine Lasche fest verschraubt sind. An den Enden sind Böschungsschneidmesser von 1,25 m Länge in Ösen frei beweglich. Die Zugseile werden an den oberen Enden dieser Böschungsschneidmesser befestigt. An der hinteren Seite schleppen zwei Ketten von 0,5 m Länge. Diese kurzen Ketten allein genügen bei nicht zu dichtem Krautstande, um dem Messer die zum Schneiden erforderliche Lage zu geben. Wenn aber das Kraut sehr dicht

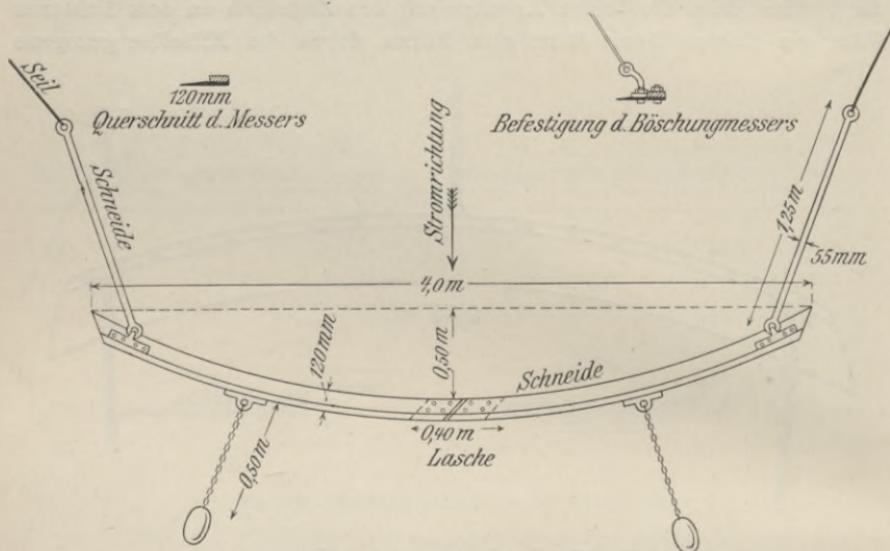


Fig. 364. van Cuyksches Krautungsmesser.

steht, müssen die Ketten noch durch zwei abgerundete Gewichte belastet werden. Je zwei Arbeiter an jeder Seite ziehen ruckweise das Gerät stromauf. Das in der Abbildung dargestellte Messer ist als starres Messer für den Nierskanal mit seinen zweifachen Böschungen eingerichtet, und arbeitet, wenn die Arbeiter geübt sind, und das Wasser nicht tiefer als 0,8 m ist, gut. Bei tieferem Wasserstande wird im Nierskanal nicht geschnitten. Es bietet den Vorteil, dass nicht allein das Kraut an der Sohle, sondern auch auf den Böschungen geschnitten wird. Um aber einen guten Erfolg zu sichern, ist es nötig, dass der Querschnitt des Kanals dem Messer genau entspricht, dass die Sohle ziemlich gleichmäßig ist, dass die Böschungen betreten werden können und dass die Arbeiter gut eingeeübt sind und mit Verständnis das eigenartige Gerät behandeln.

9. *Die Krautsäge* von Ziemsen (D. R.-P. 194509 und 194510). Die Vorrichtung besteht aus einem Sägeband, mehreren Beschwerungskörpern und zwei Zugseilen mit Klammern und Handgriffen. Das Sägeband (Fig. 365) ist ein dünnes Stahlband mit scharfen Zähnen auf beiden Seiten, es wird gerollt geliefert und gerollt befördert. Die Beschwerungskörper (Fig. 365b und Fig. 366) sind torpedoartig an beiden Seiten zu-

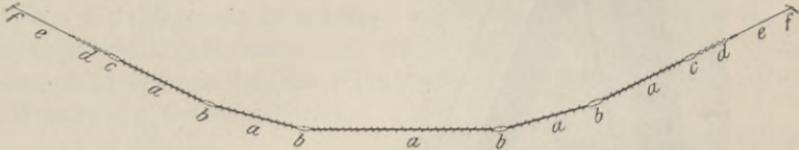


Fig. 365. Ziemsens Krautsäge.

gespitzt. Sie werden in Abständen von 1—1,5 m auf das Sägeblatt aufgeschraubt, so daß ihre Spitzen genau auf der Mitte des Blattes liegen. Die beiden Zugseile bestehen aus 1 m langen Drahtseilen *d*, welche durch Klammern *c* mit der Säge verbunden sind, und Hanfseilen *e* von beliebiger Länge, die an den Enden Handgriffe *f* (Fig. 365) tragen.

Die Säge legt sich in dem Wasser, zufolge der Beschwerungskörper, glatt auf die Sohle auf, sie wird von den Ufern aus durch zwei Mann in schräger Richtung stromauf ruckweise vorwärts bewegt. Hierbei darf der nicht ziehende Arbeiter die Säge nicht zu straff halten, weil sie sich sonst zu sehr vom Grunde abhebt. Alte Baumstümpfe, Erdhügel und andere Unregelmäßigkeiten auf der Sohle werden von der Säge einfach durchschnitten.

Kommt sie aber gegen Steine oder starke Pfähle, so müssen die Arbeiter einige Schritte zurückgehen und die Säge straff ziehen, sie gleitet dann leicht über das Hindernis hinweg. Sind die Ufer stark verkrautet, so kann die Säge auch vom Boot aus bedient werden. Beim Krauten größerer Seen werden mehrere Boote miteinander verbunden, sie müssen aber durch lange Stangen gegeneinander verspreizt werden, weil die Boote sonst dem Zuge der Säge folgen und sich nähern würden. Während der Arbeitspausen und Nächte bleibt die Säge ohne Schaden im Wasser liegen. Erst nach Beendigung der Arbeit wird sie aus dem Wasser genommen, die Beschwerungskörper werden gelöst und die Säge wird zusammengerollt. Das Sägeband wird



Fig. 366. Beschwerungskörper zur Krautsäge.



Fig. 367. Verbindung zweier Krautsägen.

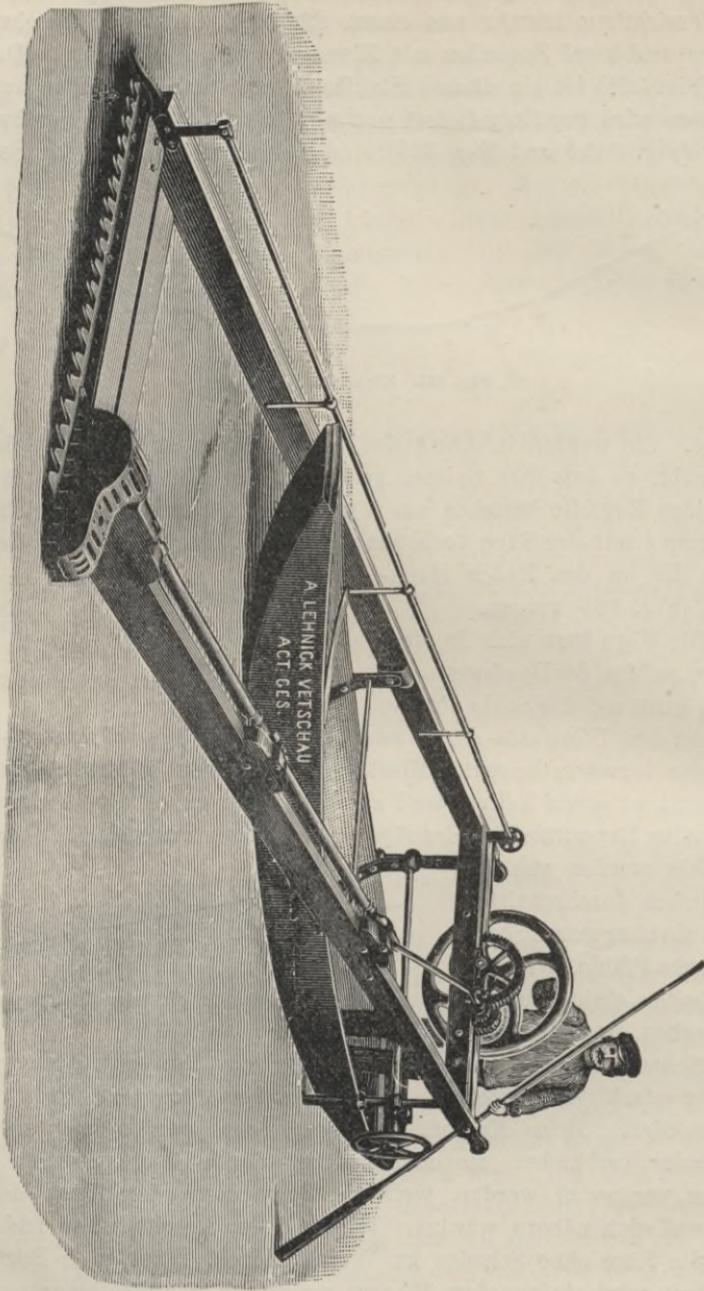


Fig. 368. Schlammmaschine von Lehnigk.

in Längen von 10—30 m geliefert. Zwei kurze Sägen können zu einer längeren vereinigt werden, indem beide Enden (Fig. 367) einige Zentimeter lang übereinandergelegt und mit dünnem Draht umwickelt werden. Die Verbindung ist solide genug und wasserbeständig. Diese Krautsäge hat sich im allgemeinen gut bewährt; nur bei Rohr und weichen Pflanzen soll sie mitunter versagen, indem sie über das Rohr hinweggleitet und von den weichen Pflanzen umwickelt wird. Sie hat den Vorzug der Wohlfeilheit. Eine Säge von 10 m Länge kostet mit allem Zubehör 20 M., jedes weitere Meter 1,50 M. mehr. Sie wird nach den Angaben des Erfinders Ziemsen in Rostock von der Wismarschen Drahtindustrie Wilh. Müller in Wismar a. d. Ostsee geliefert.

10. *Schilfmähemaschinen*. Dieselben sind für Dampf- und Handbetrieb ausgeführt worden. Ein bewährtes Gerät der letzteren Art ist die in Fig. 368 dargestellte Schilfmähemaschine von A. Lehnigk Akt.-Ges. in Vetschau und Berlin SW., Friedrichstraße 23 (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 sägeförmig dreieckig gespitzt und doppelt übereinander angebracht, so daß das Schneiden nach Art der Schere geschieht. Das untere Messerblatt ist fest mit dem Rahmen verbunden, das obere dagegen wird mittels einer langen, am Rahmen befestigten Welle durch die Kurbeldrehung in schnelle, hin und her gehende 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 Maschine arbeitet leicht und gut. Sie hat sich wegen ihres hohen Preises (300 M.) bisher in Deutschland nicht recht eingebürgert. Von den 300 Maschinen, welche Lehnigk bisher etwa verkauft hat, ist der weitestausgedehnte Teil in das Ausland gegangen.

## § 18.

**Räumungsgeräte.** Wenn die Räumung gleichzeitig mit der Krautung im Trocknen nach den Ausführungen S. 334 nicht ausführbar ist, so muß sie unter Wasser vorgenommen werden.

1. Bei kleinen Vorflutern geschieht dies in einfachster Weise durch *Graben unter Wasser*, und zwar so tief, als es für die Arbeiter möglich ist. Dies hängt von der Jahreszeit ab und auch von der Beschaffenheit des Bodens, der leicht breiartig zerfließt. Werden bei größerer Wasser-

tiefe die Arbeiten zu beschwerlich oder haben sie zu wenig Erfolg, so benutzt man

2. *kleine Handbagger* (Fig. 369). Es sind dies eiserne Reifen von ungefähr 25 cm Durchmesser, die an einer Seite geschärft und verstäht, 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 rückwärtsgehend 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

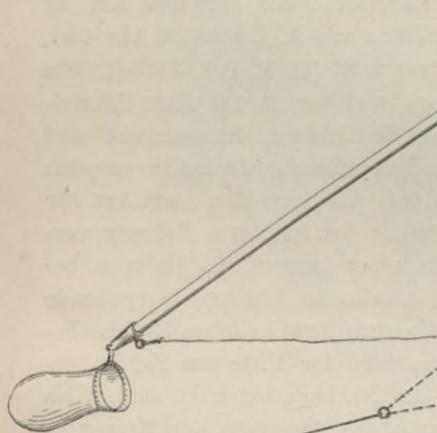


Fig. 369. Handbagger.

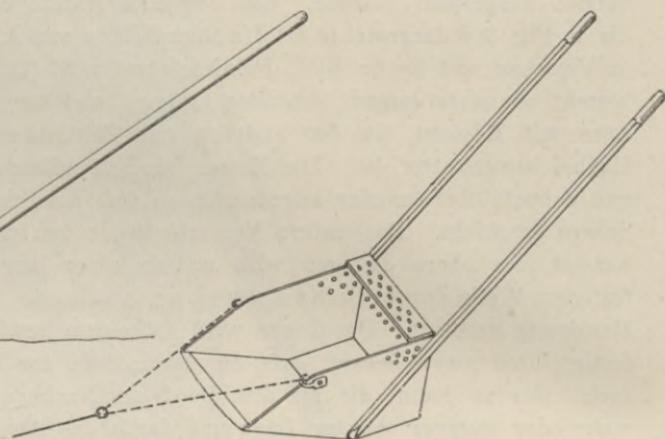


Fig. 370. Baggerkasten.

dann ein zweiter Arbeiter zieht, während der erste den Baggerstiel niederdrückt. Die Benutzung dieses Gerätes erfolgt bei schmalen Gräben durch 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. 370 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.

## § 19.

**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. XI, „Ausbau der Wasserläufe“ verwiesen. Zur Berechnung der Querschnitte für derartige Vorfluter darf Bezug genommen werden auf die Ausführungen in Teil I, Abschnitt III, Kap. VI, Hydrodynamik, §§ 92—104. Hier bleibt nur übrig, 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 S. 346 und 347 mitgeteilt. Sie stellt die Ermittlung der Gefälle und Querschnitte dar, nach welchen der Hauptvorfluter des in Fig. 371 (S. 348) dargestellten Strengelner Bruches reguliert werden muß. Die Ergebnisse der Berechnung werden in dem Höhenplan (Taf. V nach S. 348)

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		
Buchstabe	Station	Zugang	insgesamt	und	überhaupt			Gefälle	Sohlbreite	Wasser-tiefe	Wasser-menge	Wasser-geschwin-digkeit	und		überhaupt	
		qkm	qkm	l	l	‰	m	‰	m	m	l	m/Sek.	l	l	‰	
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 gewöhnlichen Sommerwassers		des Sommer-Hochwassers
m	‰	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)	
	{ 3,0	0,3	0,3	102	0,45			{ 10,51	10,87	Rückstau von B.
							10,37	10,51	10,87	Zufluß B.
0,50	{ 1,1	0,4	0,5	230	0,39	0,4	10,19	10,33	{ (10,69	
	{ 1,1	0,4	0,6	350	0,46			{ 10,78		Rückstau von C.
0,70	{ 0,3	1,5	0,6	410	0,28	1,5	10,08	10,25	10,78	Zufluß C.
	{ 0,3	1,5	0,8	733	0,34					Brücke.
										Zufluß 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					Zufluß 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		
						{ 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.

zur Anschauung gebracht. Letzterer ist als Beispiel für die Darstellung derartiger Höhenpläne farbig ausgeführt.

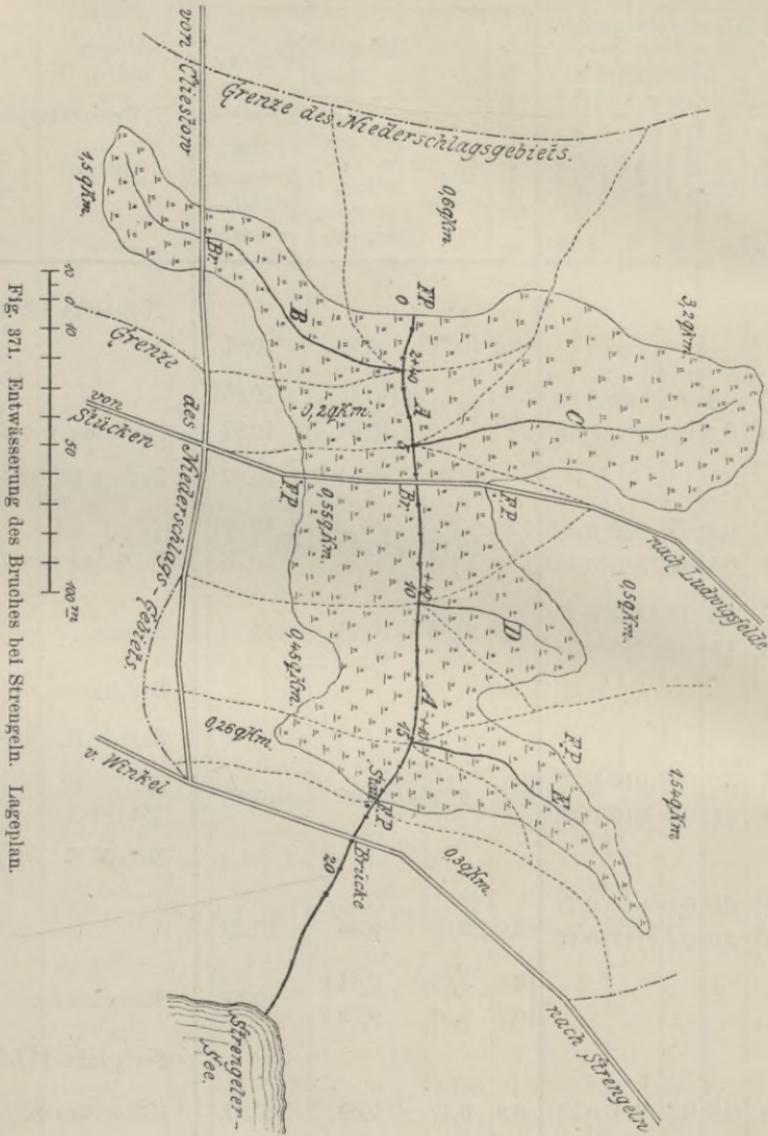
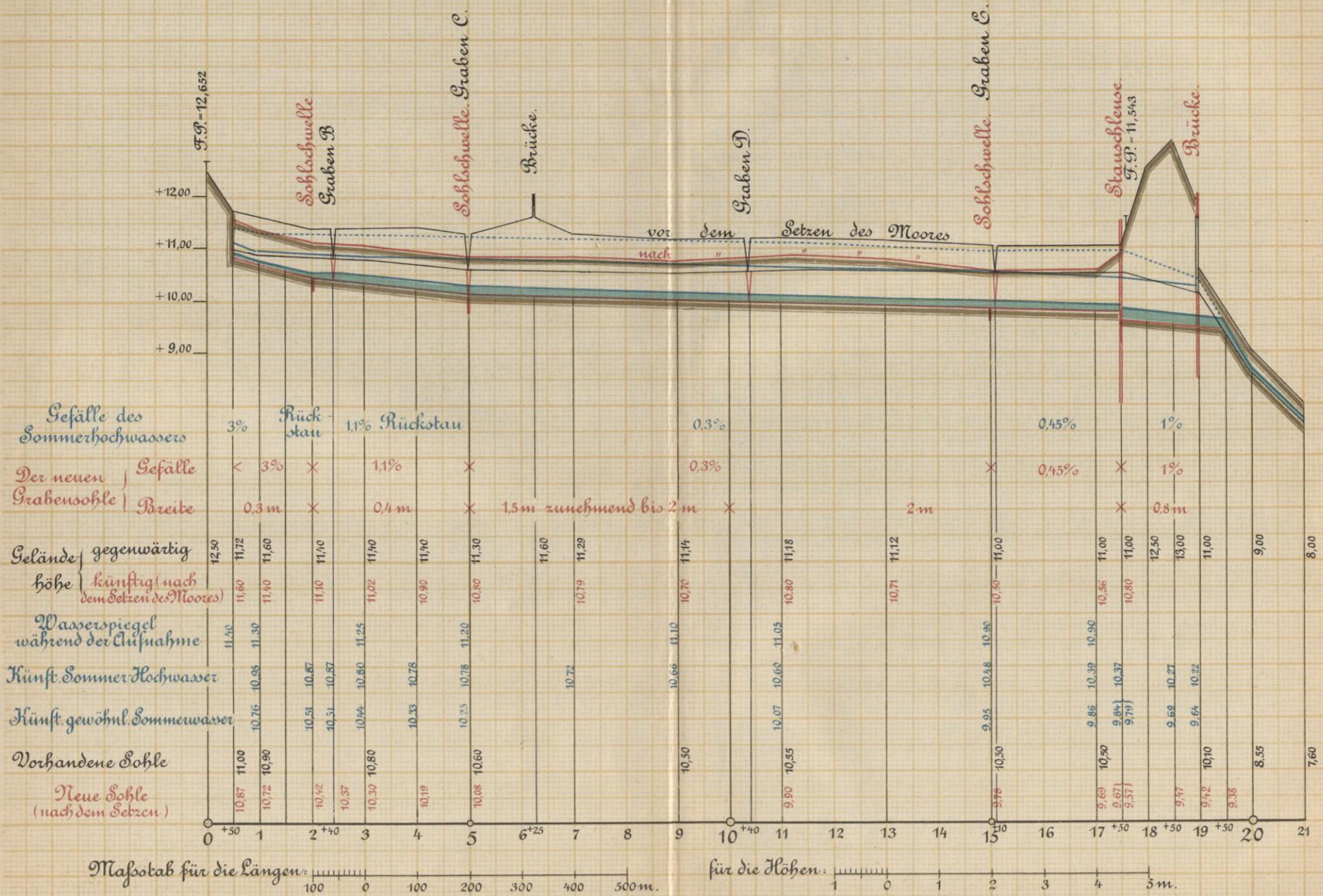


Fig. 371. Entwässerung des Bruches bei Strangeln. Lageplan.

Bei dem Entwerfen der Gefällverhältnisse und Querschnitte der Vorfluter müssen die Vorschriften des § 11 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,



# Höhenplan des Hauptvorfluters für die Entwässerung des Bruches bei Strengeln.





0,5 bis 0,75 m unter Oberfläche verbleibt. Hiernach muß die Tiefe der 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. 371). 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. § 92). 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 Kutterschen Tabellen<sup>1)</sup> oder der unten angegebenen Tafeln<sup>2)</sup> empfohlen.

---

<sup>1)</sup> Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen. Tabellen und Beiträge zur Erleichterung des Gebrauchs der neuen allgemeinen Geschwindigkeitsformel von Ganguillet und Kutter. Zweite Auflage, herausgegeben von W. R. Kutter, Ingenieur in Bern. Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 1897. Preis 7 M. (Die dazu gehörige graphische Tafel ist dem I. Teil des vorliegenden Werkes am Schlusse beigelegt.)

<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.)

Tafeln zur graphischen Ermittlung der Wassergeschwindigkeit  $v$  für trapezförmige Fluß- und Grabenprofile. Zum Gebrauche beim Entwerfen von Meliorationsanlagen bearbeitet von A. Schüngel, Regierungs-Baumeister,

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 Böschungsneigung 1:1,5. Danach 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. 346 und 347 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 l Wasserführung, bei 0,2 m Wassertiefe 49 l Wasserführung aus den Kutterschen Tabellen entnommen worden. Da nun das gewöhnliche Sommerwasser in diesem Querschnitt voraussichtlich 38,5 l 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 m 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.

Hannover 1900. Klindworths Verlag. Preis 5 M. (Vergl. die Besprechung im Zentralbl. d. Bau-Verw. 1900, S. 532.)

**Kanal-Tafeln.** Tafeln zur Bestimmung der Abflussmengen und Geschwindigkeiten in Kanälen und Gräben bei voller und teilweiser Füllung von W. Mensing, Tiefbau-Ingenieur in Bautzen. 1907. (Vergl. Zentralbl. d. Bau-Verw. 1907, S. 184.)

Georg Schewior, Landmesser und Kultur-Ingenieur in Münster. Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorations-Entwürfen und anderen wasserbautechnischen Arbeiten. Verlag von Paul Parey in Berlin SW. 1907. Preis 7,50 M. (Vergl. Zentralbl. d. Bau-Verw. 1908.)

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 Rückstau erzeugt. Bei 4 z. B. wurde die Ordinate des Sommerhochwassers auf 10,69 m berechnet. Da aber zufolge der Wassermenge, welche der Graben *C* einführt, bei Station 5 schon die Höhe 10,78 m erreicht wird, so muß auch bei Station 4 mindestens 10,78 m als Sommerhochwasserhöhe angesetzt werden. In dem tabellarischen Nachweis Seite 346 und 347, 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. §§ 101 und 121).

## § 20.

**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 Flufsniederungen 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 geringer Länge ist, so daß 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.

## § 21.

**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 inbezug auf seinen Wert als künftiger Kulturboden und inbezug auf seine Mächtigkeit in

lockerer aufgeschwemmter Schicht, so daß man einen annähernd richtigen Schlufs 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 Wasserspiegelsenkung 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.

## § 22.

**Künstliche Vorflut.** Unter künstlicher Vorflut versteht man die Hebung des Wassers über Hindernisse, welche dem Abflufs 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. 372):

1. Die *Abdeichung* der Niederung gegen zu hohe Wasserstände des Vorfluters. Diese Deiche bilden die Hindernisse des Wasserabflusses; über ihre Anlage s. Kapitel 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 betriebsicheres 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 s. § 13.

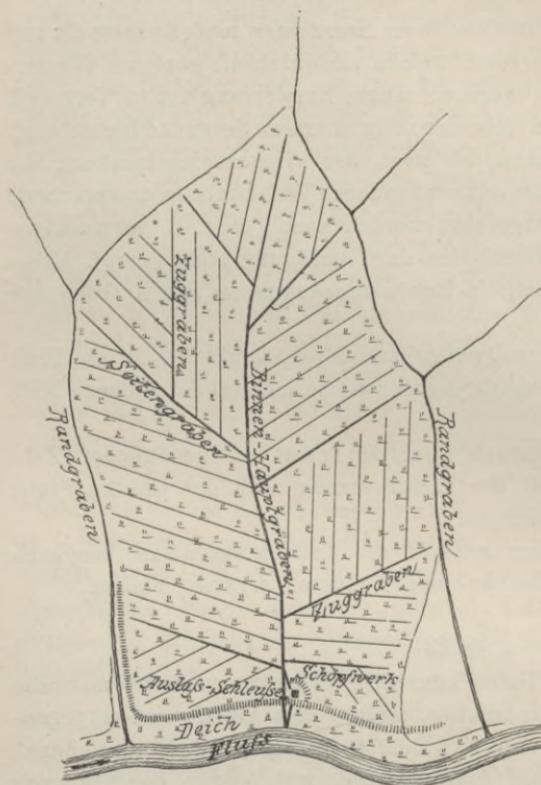


Fig. 372. Entwässerung einer Niederung durch künstliche Vorflut.

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. § 32.

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

3. Eine gute *Binnen-Entwässerung* ist nötig, d. h. der Ausbau des Binnengrabbennetzes 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

Fehler 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 Auslafsschleuse erhält Verschlufsvorrichtungen 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 Stauberieselung von Vorteil ist (vergl. §§ 122 und 123).

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 Kraftmaschinen 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 Schöpf-

werke 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.

### § 23.

**Zeit des Auspumpens.** Die Pumpen wirken sowohl zur Beseitigung der Frühjahrsschmelze als zur Unschädlichmachung starker Sommerniederschläge. 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 357. In derselben ist die mittlere Monatstemperatur 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  $1^{\circ}\text{C}$ . haben; der Beginn der Schneeschmelze ward nach der Zeit, zu welcher  $+2,5^{\circ}\text{C}$ . 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 Auspumpen des Frühjahrshochwassers wird man im allgemeinen bei fallendem Wasser 14 Tage vor Ende der Schneeschmelze beginnen können. Das

Auspumpen 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° C.	— 0,6° C.	— 1,5° 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° C.	8,9° C.	7,6° 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 Frühjahrs-hochwasser 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 Temperaturen 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.

### § 24.

**Stärke der Schöpfwerke.** Die Stärke der Schöpfwerke richtet sich nach der Wassermenge und der Hubböhe. Da nach § 23 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 Fluß sei bis auf die Kronenhöhe der Deiche gefallen. Es wird dann sehr bald das Pumpen beginnen können, nämlich dann, wenn das Aufsenwasser 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 Aufsenwasser 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 Aufsenwasserstand anhält. Eine genaue Berechnung dieser Wassermenge ist unmöglich. Sie kann nur ungefähr nach der Durchlässigkeit des Bodens, der Höhe und Dauer der Aufsenwasserstände oder nach Beobachtungen über Steigen des Grundwassers in benachbarten künstlich entwässerten Niederungen geschätzt werden.

Von der so ermittelten Wassermenge sind diejenigen Verluste abzuziehen, 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 Schmieren 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 Kilogrammen dar.

Aus den Pegeltabellen des Aufsenwassers 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 sogen. „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 den 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 sogen. „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 "	" größeren Hubhöhen.

## § 25.

**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. 373). 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, so daß ein sehr geringer Spielraum zwischen den Schraubenrändern und der Rinne verbleibt. Der Zwischenraum darf 5 mm nicht überschreiten. Durch Drehen der Schraube (in Fig. 373 vermittelt der Kegelhäder  $g$  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. dergl. gehoben werden können. Nachteilig ist dagegen der Umstand, daß die

Hubhöhe vom Unterwasserspiegel bis zum oberen Ausgufs reicht, also stets gröfser ist, als der Unterschied zwischen Ober- und Unterwasser.

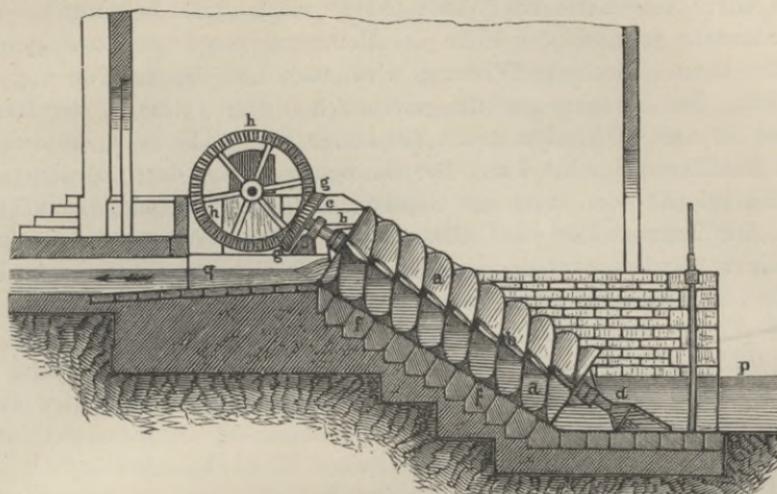


Fig. 373. Offene Wasserschraube.

2. Die *ummantelte Wasserschnecke* oder *Tonnenmühle* (Fig. 374). Wenn eine hölzerne Spindel (*W*) hölzerne oder eiserne Schraubengänge (*G*, *G*<sub>1</sub>, *G*<sub>2</sub>) erhält und diese durch einen Mantel (*M*) fest umschlossen werden, so wird

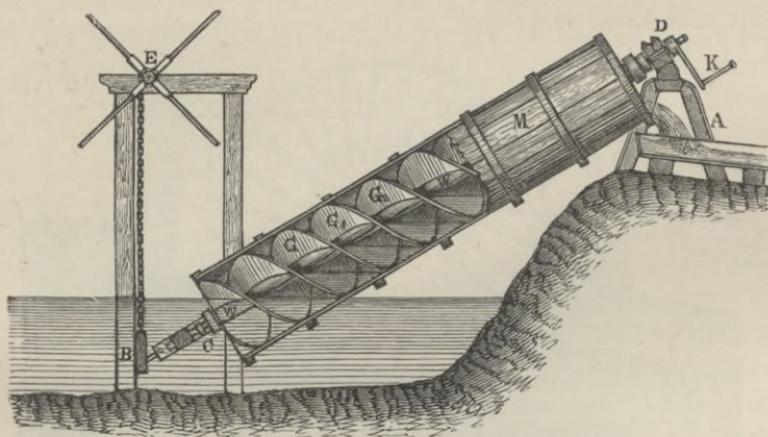


Fig. 374. Ummantelte Wasserschnecke oder Tonnenmühle.

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 im 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, so daß 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 Durchmesser 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 ebensowenig 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. Wasserschnecken werden gebaut von der Aktien-Gesellschaft Eckert in Berlin NO., von Fr. Haake in Berlin NW., von Lange & Gehreckens in Altona-Otten- sen, von Fr. Jahn in Arnswalde (Neumark) u. a. Eiserne Schnecken liefern Fischer & Co. in Brandenburg a. H.

### § 26.

**Wurfräder und Pumpräder.** 1. *Das Wurfrad* (Fig. 375) wird in Holz oder Eisen ausgeführt, in Holz gewöhnlich sehr schmal, 0,45 bis

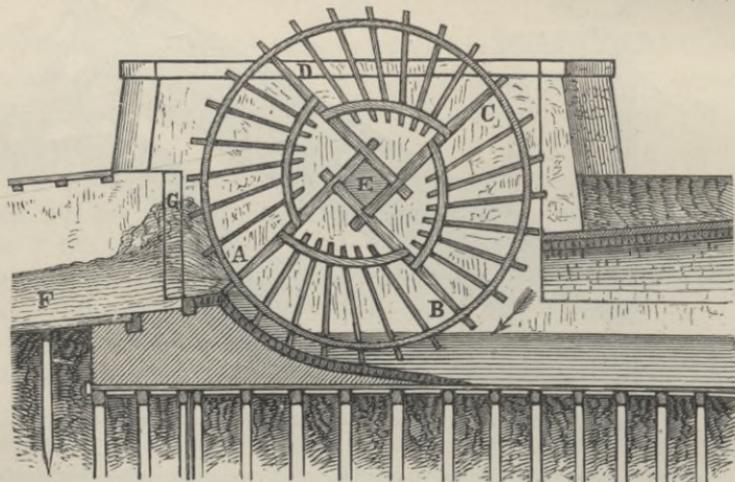


Fig. 375. Wurfrad.

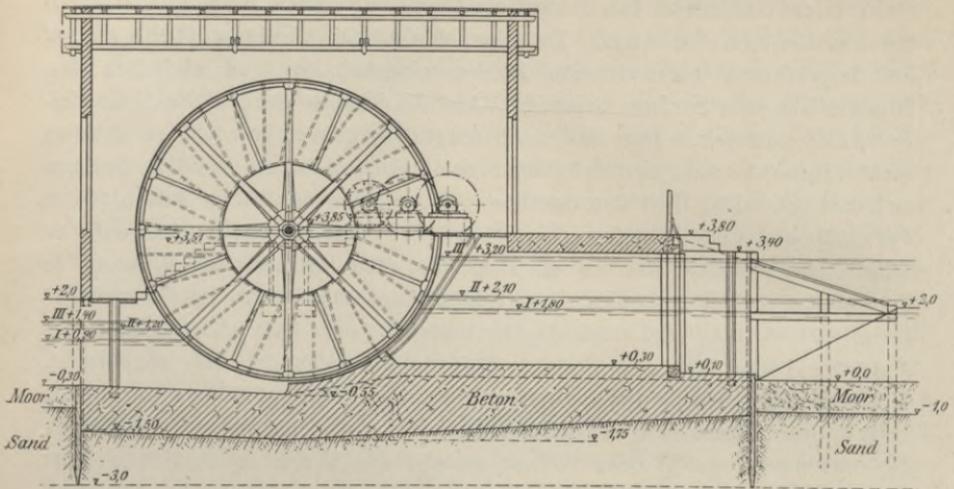
0,60 m breit, in Eisen breiter, bis 2,25 m. Die Höhe beträgt 5—6 m bei hölzernen, sie steigt bis 8 m bei eisernen Rädern.

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, so daß 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, heißt *Aufleiter*. Er muß so lang sein, daß 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 *Wachtür* (*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 Stemmtor bei breiten Wurfrädern angelegt. Bei größeren Anlagen tritt an die Stelle des Geschlinges ein eiserner Stern. Als Beispiel wird ein Wurfrad für die Entwässerung des Memeldeltas in Fig. 376 *a* und *b*, Längenschnitt und Grundriß, mitgeteilt.<sup>1)</sup> Hier ist der Aufleiter wie das ganze Gerinne des Wurfrades massiv aus Beton hergestellt. Das Wurfrad wird durch elektrische Kraftübertragung von einer Dynamomaschine getrieben.

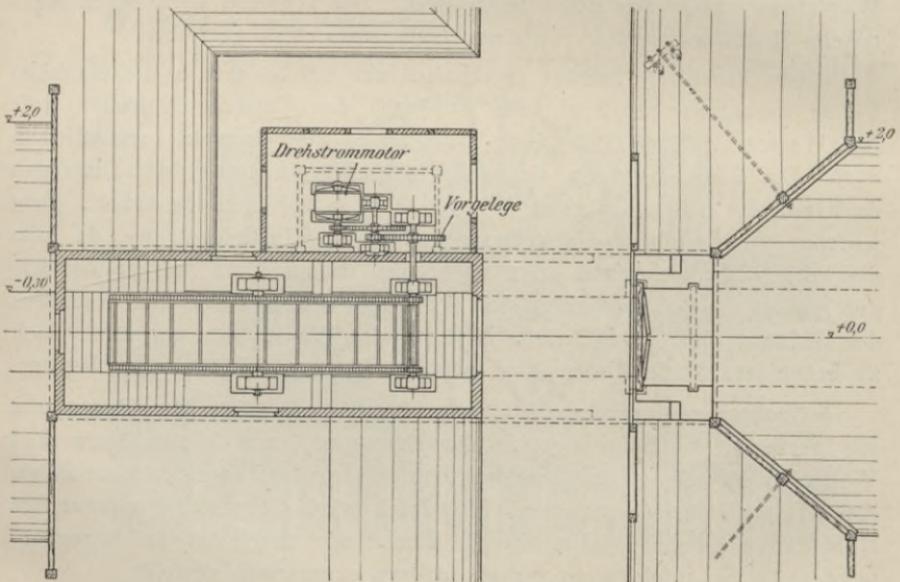
Die Tauchtiefe beträgt gewöhnlich nur 0,6 bis 0,9 m, die Hubhöhe 1,5 m, ausnahmsweise 2 m. Sie ist durch den Umstand begrenzt, daß das Wasser von dem Oberwasser nicht hinter die Schaufeln zurückfließen darf. Die Räder bewegen sich sehr langsam; ein Punkt des Umfanges darf nur die Geschwindigkeit 0,65 bis 2 m in der Sekunde haben. Ihre Vorzüge sind einfache Herstellung und leichte Instandsetzung, da man die schadhafte Schaufeln stets nach oben drehen kann; ferner der aus der geringen Geschwindigkeit sich ergebende sichere Gang und besonders der Umstand, daß bei richtiger Wirkung das Wasser nur gerade so hoch zu heben ist, 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 notwendige Hubhöhe vergrößert. Um diesem Übelstande möglichst zu begegnen, werden die Schaufeln nicht radial, sondern exzentrisch gestellt.

<sup>1)</sup> Vergl.: Die Eindeichung und Entwässerung des Memeldeltas von Danckwerts, Matz und Hagens; Zeitschr. f. Bauwesen 1902, S. 35.



a Längenschnitt.



b Grundriss.

Fig. 376. Wurfrad für die Entwässerung des Memeldeltas.

2. Das *Pumprad* von Overmars (Fig. 377). 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 unerhebliche Vergrößerung der Hubhöhe. Es ist nicht nötig, daß die Trommel vollkommen geschlossen ist, sie kann in der Mitte nahe der Welle offen sein. 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 bis 3 und 6 m steigen. Die Geschwindigkeit des Umfanges darf nur 1 bis 1,5 m

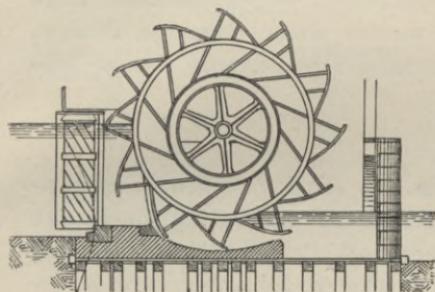


Fig. 377. Pumprad von Overmars.

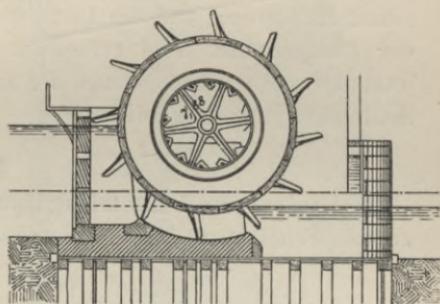


Fig. 378. Pumprad von Rijk.

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. 378) hat dieselbe hohle, eiserne Trommel wie das Overmarssche 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.

## § 27.

**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 horizontale Scheidewand abgetrennten oberen Raum der Pumpenkammer, welcher mit dem Oberwasser in Verbindung steht. (Pumpwerk des Haarlemer Meeres bei Cruquius.)

In derselben Weise wirkt die Fijnesehe *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 schadhafte 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.

## § 28.

**Kreisel- und Zentrifugalpumpen.** 1. *Kreisel.* Wenn eine horizontale Scheibe, die an der Unterseite gekrümmte Rippen hat, durch eine

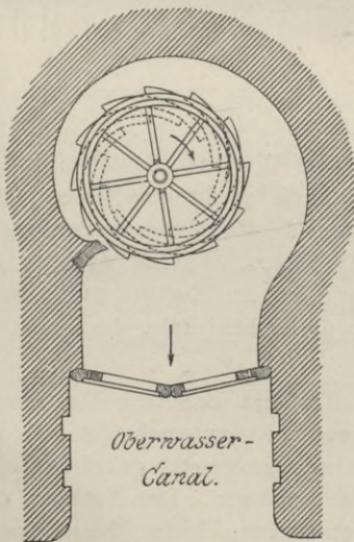


Fig. 379. Grundriss der Kreiselpumpe.

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 eisernen 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. 379). Hierdurch erreicht man eine gute Nutzwirkung. 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. 380). 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. 381) hat in der Peripherie einen Blechmantel

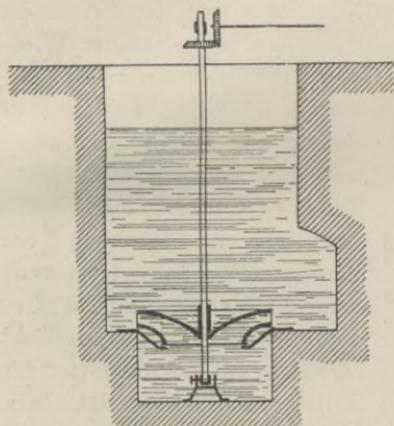


Fig. 380. Kreisel mit Spurzapfen.

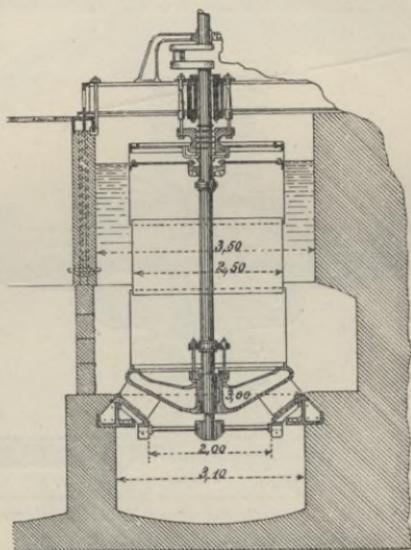


Fig. 381. Neukirchscher Kreisel.

erhalten, welcher sich mit dem Kreisel dreht. Der Mantel ist oben offen. Er vergrößert den Auftrieb des Kreisels so sehr, daß dieser gleichsam im 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,

dafs das geworfene Wasser schneckenartig um die sich 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. 382).

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 aufserhalb des Wassers im Trocknen stehen; doch darf die Saughöhe in der Regel 5 bis 6 m nicht überschreiten. Eine sehr schnelle Bewegung ist erforderlich.

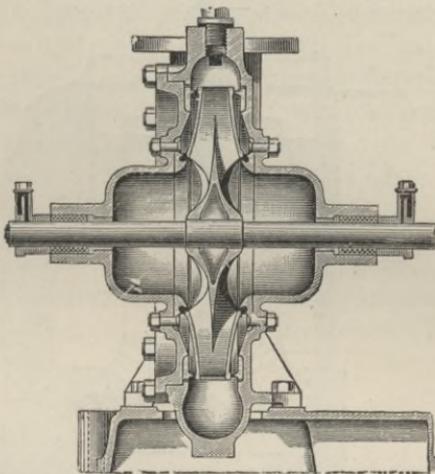


Fig. 382. Querschnitt einer Zentrifugalpumpe von Brodnitz & Seydel in Berlin.

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. 383). Durch den Exhaustor wird die Luft ausgetrieben, das Wasser angesaugt und damit die Zentrifugalpumpe gefüllt.

4. *Die Zentrifugalpumpe mit stehender Welle* wird gewöhnlich so tief gelagert, dafs 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 aufserhalb des Wassers im Trocknen aufgestellt. Ein Saugrohr, welches vor der Pumpe

<sup>1)</sup> Vergl. die Abbildung der Zentrifugalpumpe mit stehender Welle des Lunow-Stolper Bruches auf S. 527 der II. Auflage dieses Werkes.

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

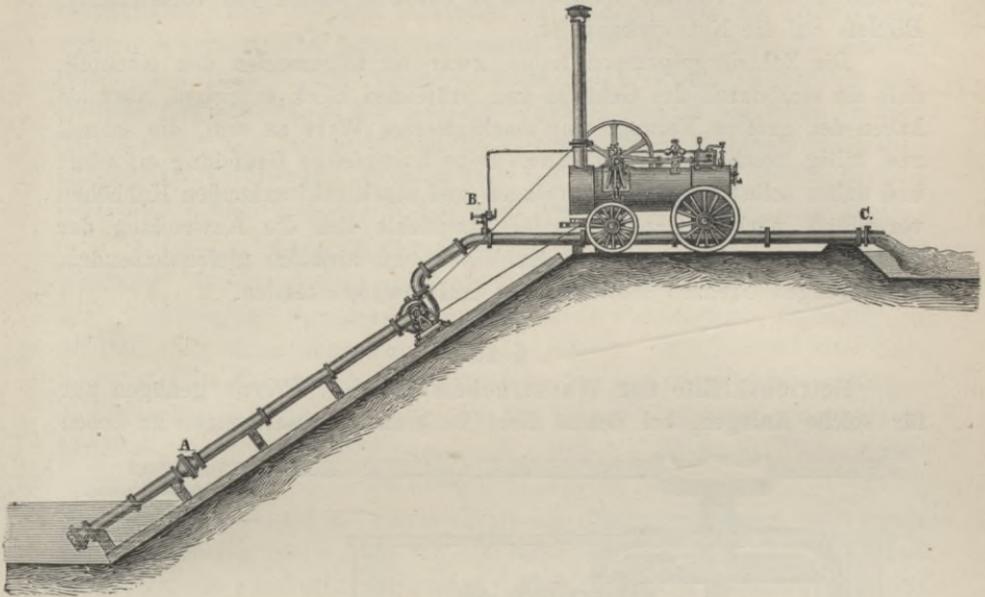


Fig. 383. Zentrifugalpumpe mit Lokomobile.

eine heberartige Verbindung vom Unter- bis zum Oberwasser und der große Vorteil, daß nur der Unterschied zwischen beiden Wasserspiegeln als Druckhöhe von der Maschine zu überwinden ist. Derartige Anlagen

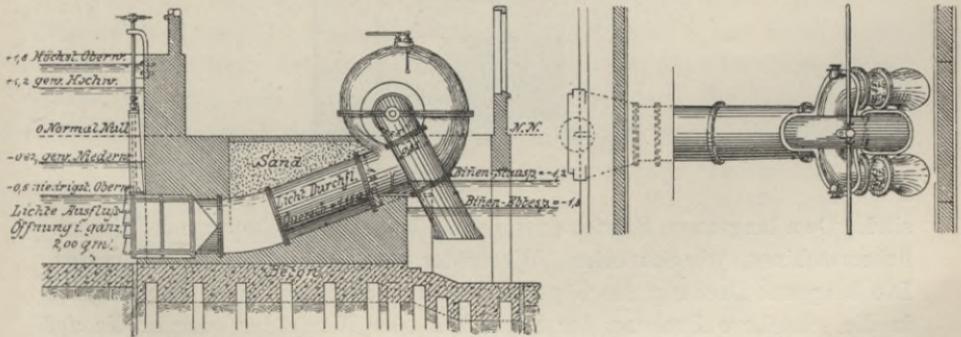


Fig. 384.

Fig. 385.

Heber-Zentrifugalpumpe des Schöpfwerkes Neuland-Engelschoff.

wirken unter allen Umständen vorteilhaft. Man nennt sie *Heber-Zentrifugalpumpen*. Fig. 383 zeigt eine Anlage einer Zentrifugalpumpe für zeitweisen Gebrauch unter Benutzung einer Lokomobile, Fig 384 und 385

die Heber-Zentrifugalpumpe des Schöpfwerkes 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 gleichbleibenden, nur in engen Grenzen schwankenden Aufsenwasserständen.

### § 29.

**Betriebskräfte der Wasserhebwerke.** 1. *Pferde* genügen nur für solche Anlagen, bei denen nicht zu große Wassermengen zu heben

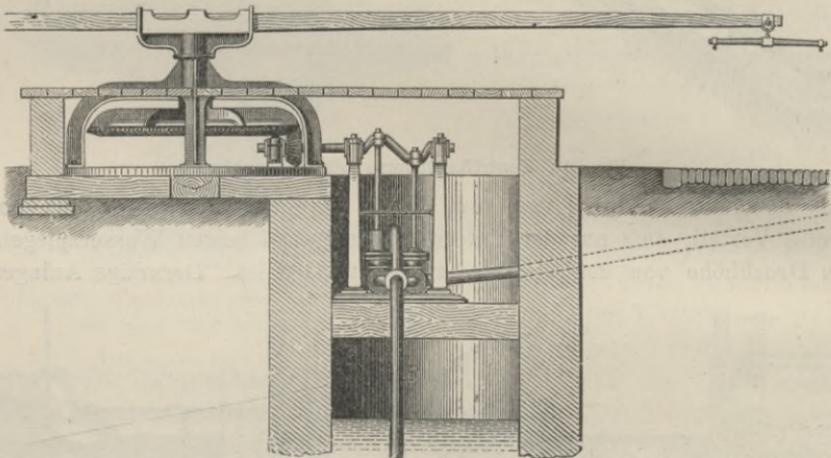


Fig. 386. Göpelwerk.

sind. Dem langsamen Betrieb entsprechen langsam sich bewegende Wasserhebemaschinen, wie Schnecken, Wurfräder oder Kolbenpumpen, am besten. Die langsame Drehung des Göpelwerkes muß durch geeignete Übertragung in die schnellere Drehung der Schnecken oder Wurfräder oder in die auf und nieder gehende Bewegung der Pumpen umgewandelt werden. (Vergl. das Göpelwerk, Fig. 386).

2. *Wind* war vor Erfindung der Dampfmaschinen die wichtigste Betriebskraft für Entwässerungsanlagen. Sie war billig und stand in unbeschränktem Maße zur Verfügung. Seitdem aber die mangelhaft gebauten

Windmühlen der alten Zeit durch die Dampfmaschinen überholt worden waren, nahm die Benutzung des Windes als Betriebskraft ab. Erst in den letzten Jahrzehnten vollzieht sich wiederum eine Wandlung zugunsten des Windes. Dies ist dem Umstande zu danken, daß die alten Windmühlen ersetzt werden durch die neueren sogen. Windräder. Zu den allgemeinen Vorzügen dieser Räder — hohe Nutzwirkung, selbsttätige Einstellung und selbsttätige Regulierung — gesellt sich der besondere Vorzug, daß ihr Bau sich gerade in Deutschland sehr vervollkommen hat. Ihre zunehmende Verbreitung ist daher wohl begründet, und wir werden deshalb ihre Einrichtung im § 30, S. 373 besonders behandeln.

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 feststehende Dampfmaschinen in Gebrauch. Die beweglichen Maschinen dienen hauptsächlich für kleinere oder zeitweise erforderliche Entwässerungsanlagen. 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 Kesselhause wie von dem Pumpenhouse getrennt, da dann die Wartung und Unterhaltung der Maschinen mit größerer Sorgfalt stattfindet (Fig. 387).

5. *Benzin-, Petroleum- oder Spiritus-Motore* werden für Entwässerungsanlagen bisher noch wenig benutzt. Sie würden zwar die Vorteile haben, schnell in Betrieb gesetzt werden zu können und bei geringem Eigengewicht eine leichte und wohlfeile Gründung zu ermöglichen; ihrer Anwendung für Entwässerungen stehen aber die hohen Betriebskosten entgegen.

6. *Elektrizität* wird neuerdings mehr und mehr benutzt. Ihre Anwendung ist vorteilhaft besonders für die Entwässerung ausgedehnter Niederungen, bei denen es wegen der schwachen Gefällverhältnisse nicht möglich ist, die Vorflut nach einem einzigen Punkte zu lenken, wo sonach mehrere Vorfluter und mehrere Schöpfwerke an verschiedenen Stellen der

Niederung angelegt und auch zu gleicher Zeit in Betrieb gesetzt werden müssen. Wenn dann an einer günstig belegenen Stelle, welche durch gute Wasserverbindung leicht und wohlfeil mit Kohlen und anderen Betriebsmitteln versorgt werden kann, eine elektrische Zentrale angelegt wird, so kann die Übertragung der erforderlichen Betriebskraft auf elektrischem Wege nach den verschiedenen Schöpfwerken vorteilhafter sein als die Anlage einer größeren Zahl von Einzelschöpfwerken mit besonderen Kraftanlagen. So werden in dem Memel-Delta, einer Niederung von

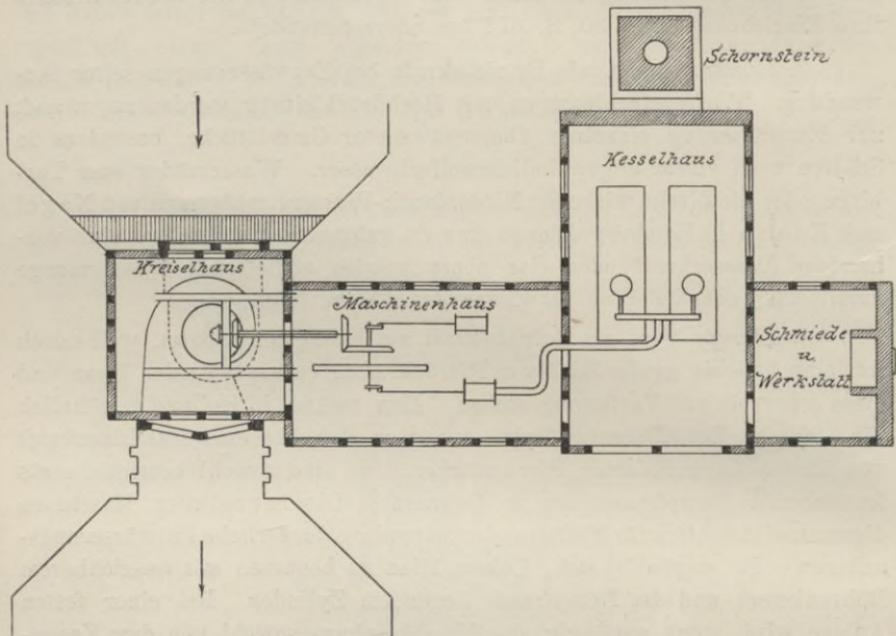


Fig. 387. Hebewerk-Schnecken in der Linkuhnen-Seckenburger Niederung (Ostprensen).

18000 ha Gröfse, nach dem Entwurf des Regierungs- und Baurats Prof. Danckwerts und der Bauausführung durch die Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin sechs Schöpfwerke von der Zentrale bei Tramischen betrieben.<sup>1)</sup> Auch in Holland wird eine 11000 ha große Niederung in Nord-Brabant, die sich aus Poldern verschiedener Gröfse zusammensetzt, nach dem Entwurf von M. C. E. Bongaerts von einer Zentralstelle aus entwässert.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> S. Elektrotechnische Zeitschr. 1897, Heft 39 und Zeitschr. f. Bauwesen 1902, S. 35.

<sup>2)</sup> S. De Ingenieur 1905, S. 324.

## § 30.

**Windräder.** Die Windräder müssen möglichst hoch und frei aufgestellt werden. Die Unterkante des Rades muß um etwa 2 m über die in einem Umkreise von 300 m sich befindenden Häuser, Anhöhen, Baumgruppen u. dergl. emporragen. Ein einzelnes Windrad wird selten mehr als 40 bis 50 Pferdestärken entwickeln können. Bei größeren Anforderungen sind daher mehrere Windräder an verschiedenen Stellen erforderlich. Die von Amerika eingeführten Windräder sind in Deutschland we-



Fig. 388. Flügel-Windrad (Halladay-Windrad).

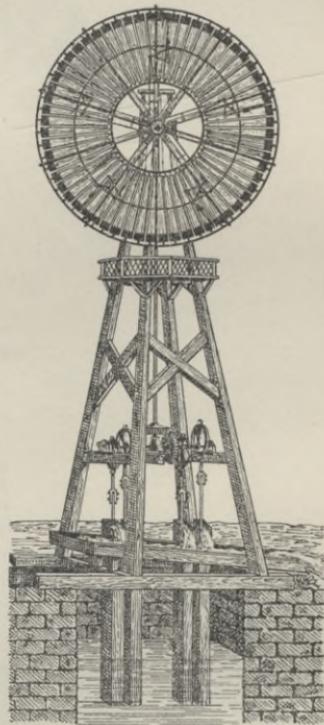


Fig. 389. Ringrad (Ultra-Standard-Windrad).

sentlich umgestaltet und vervollkommnet worden. Wir haben jetzt vier Hauptarten von Windrädern, die sich sämtlich gut bewährt haben. Allen ist gemeinsam, daß sie möglichst wenig Reibung erzeugen, daß die Einstellung, d. i. die Fähigkeit, sich immer gegen den Wind zu stellen, selbsttätig erfolgt, und daß die Regulierung oder die Fähigkeit, die dem Winde ausgesetzte Fläche nach der Stärke des Windes zu verkleinern oder zu vergrößern, selbsttätig eintritt.

1. *Flügelwindräder (Halladay-Windräder)* (Fig. 388). Sie bestehen aus einer größeren Zahl von schmalen, schräg gestellten Brettchen, die zu trapezförmigen Tafeln zusammengesetzt sind. Diese Tafeln drehen



Fig. 390. Ausweichrad von Brauns.

sich um Achsen, deren Lager in einem um die Nabe des Rades befestigten mehrarmigen Stern sich befinden. Eine Windfahne stellt das Rad stets gegen den Wind. Durch eine geschickte Vereinigung von Hebeln und Gegengewichten wird erreicht, daß mit zunehmendem Winde die Flügel-tafeln sich aus dem Winde drehen und mit abnehmendem Winde sich

wieder in den Wind selbsttätig zurückstellen. Lieferanten für Flügelwindräder sind Adolf Pieper in Mörs a. Rh. und Carl Reinsch in Dresden A.

2. Ringräder (*Ultra-Standard-Räder* oder *Reinsch-Windräder*) (Fig. 389) werden vorzugsweise von Carl Reinsch in Dresden A. ge-

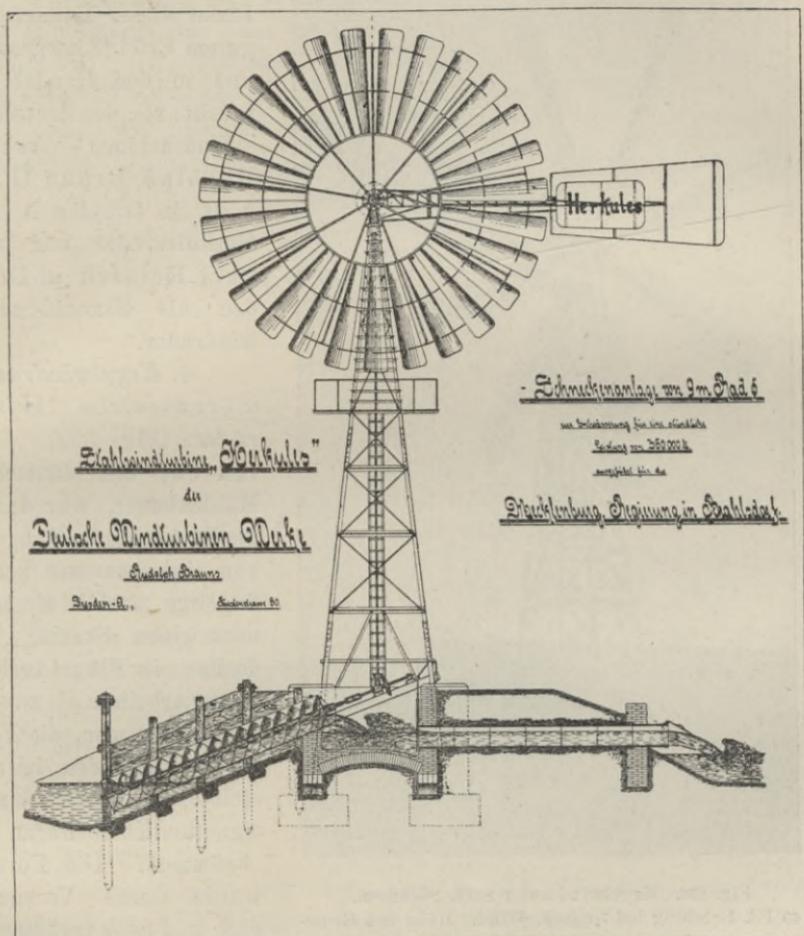


Fig. 391.

baut. Jede Flügelbleiste ist für sich drehbar und dazu in einem inneren und einem äußeren Ringe gelagert. Die selbsttätige Regulierung erfolgt durch ein Gewicht, welches beim Überschreiten einer bestimmten Geschwindigkeit sich nach außen bewegt und durch diese Bewegung mittels Hebelverbindung die Schaufeln aus dem Winde dreht. Die Einstellung erfolgt durch eine Windfahne oder Rosette.

3. *Ausweichräder (Eklipse-Windräder)* (Fig. 390 und 391). Ein festes Rad wird mit zunehmendem Winde durch eine seitlich angebrachte Fahne je nach der Stärke des Windes mehr oder weniger aus dem Winde gedreht. Es wurde zuerst von Corcoran in New-York erbaut. In



Fig. 392. Kegelwindmotor nach Sörensen.  
40 PS. Leistung bei 7 m/sek. Wind. Höhe des Eisenturmes 20,75 m. Rückansicht.

Deutschland werden jetzt Räder dieser Bauart mit gutem Erfolge hergestellt und in den Handel gebracht: von den deutschen Windturbinen - Werken Rudolph Braun G. m. b. H. in Dresden A. als Herkulesräder und von Carl Reinsch in Dresden als Saxonia-Stahlwindräder.

4. *Kegelwindräder (Sörensensche Windräder)* (Fig. 392). Sörensen, ein dänischer Mühlenbauer, war durch die Beobachtung, dafs der von ihm benutzte zehinflügelige alte Windmotor nach einem Sturme, bei dem er vier Flügel verlor, besser arbeitete als zuvor, dazu gekommen, die Flügel in Abständen herzustellen, sie aber in einer eigentümlichen Form zu krümmen. Die Form wurde durch Versuche nach und nach verbessert. Sie ist durch Patent ge-

schützt. Die Erklärung für die gröfsere Krafterleistung wird darin gefunden, dafs der Wind zwischen den Flügeln hindurchstreicht, dadurch die Luft hinter den Flügeln mit sich reißt, so dafs auf die Rückseite der Flügel gleichsam eine Zugwirkung ausgeübt wird und der Druck, welcher auf die Vorderseite der Flügel wirkt, durch einen Zug auf der Rückseite unterstützt wird. Die Selbstregulierung erfolgt dadurch, dafs die Flügelklappen sich bei zunehmender Schnelligkeit aus dem Winde drehen, die selbst-

tätige Einstellung geschieht durch eine Steuerfahne. Die Kegelwindräder werden von J. Otto Roosen-Runge in Neumühlen-Dietrichsdorf bei Kiel hergestellt.

§ 31.

**Berechnung der Windräder.** Bei der großen Bedeutung, welche die Windräder von Jahr zu Jahr zufolge ihrer Vervollkommnung und wohlfeilen Arbeit gewinnen, ist es für den Kulturtechniker nötig, die Stärke und Größe des Motors selbst bestimmen zu können.

Nach der Beaufortschen Skala beträgt bei:

Windstärke	1 d. Windgeschwindigk.	4— 5 m/Sek.	u. d. Winddruck	2,7 kg/qm.
" 2 "	" "	6— 7	" " "	5 "
" 3 "	" "	8— 9	" " "	8 "
" 4 "	" "	10—11	" " "	13 "
" 5 "	" "	12—14	" " "	19 "
" 6 "	" "	15—16	" " "	27 "
" 7 "	" "	17—19	" " "	40 "
" 8 "	" "	20—23	" " "	56 "
" 9 "	" "	24—28	" " "	76 "
" 10 "	" "	29—33	" " "	103 "
" 11 "	" "	34—38	" " "	137 "
" 12 "	" "	40	" " "	195 "

Nach der neueren Koeppenschen Skala haben

die Windstärken . . . . .	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
nur die Windgeschwindigkeiten	2,5	4	5,5	7	8,5	10	11,5	13,5	15,5	19	25	30 m.

Die durchschnittlichen Windgeschwindigkeiten betragen nach den Angaben der deutschen Seewarte

für Berlin	im Jahresmittel	4,4 m,	im Monatsmittel	3,3—5,8 m	} Binnenland
" Erfurt	" "	4,4 " "	" "	3,9—5,3 "	
" Magdeburg	" "	4,1 " "	" "	3,3—5,4 "	
" Bremen	" "	5,1 " "	" "	4,3—6,3 "	
" Hamburg	" "	6,0 " "	" "	4,9—6,9 "	} Küste.
" Swinemünde	" "	5,6 " "	" "	4,1—6,8 "	

Hieraus ergibt sich, daß man an den Seeplätzen mit größerer Windgeschwindigkeit rechnen kann als im Binnenlande. Hier, im Binnenlande, weht nach statistischen Aufzeichnungen täglich während 6 bis 10 Stunden ein Wind

von	3—4 m	5 m	6 m	7 m	Geschwindigkeit in der Sekunde
etwa	250—300,	170—180,	110—120,	60—70	Tage im Jahr.

Es ist deshalb bedenklich, im Binnenlande Windräder nach zu hohen Geschwindigkeiten zu erbauen; es ist betriebssicherer, hier nur eine beschränkte Windgeschwindigkeit zugrunde zu legen. Andererseits aber bietet wieder die Berechnung des Rades nach einer möglichst großen

Windgeschwindigkeit den sehr schätzenswerten Vorteil, daß dadurch das Rad und die Anlage wohlfeiler werden. Dies beruht darauf, daß die Kraft des Motors in der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit zunimmt. Will man demnach betriebssicher und wohlfeil zu gleicher Zeit bauen, so kommt es darauf an, diejenige Windgeschwindigkeit zu ermitteln und beim Entwerfen des Motors zugrunde zu legen, welche zwar möglichst groß ist, aber nach den örtlichen Verhältnissen, dem Standort des Motors, der Zeit der Entwässerung und der geforderten Leistung volle Betriebsicherheit gewährt.

Die Berechnung der Windräder geschieht gewöhnlich nach der Coulombschen Formel  $N = K \cdot F \cdot v^3$ , worin  $N$  die Anzahl der Pferdestärken,  $K$  einen Koeffizienten, der bei Windrädern = 0,0005 ist,  $F$  die dem Winde ausgesetzte Fläche in Quadratmetern und  $v$  die Geschwindigkeit des Windes in der Sekunde nach Metern bedeutet. Ist  $d$  der äußere Durchmesser des Windrades, so ist die Windfläche  $F$  gewöhnlich =  $0,7 d^2$ , weil der innere Kreis von etwa  $\frac{1}{3} d$  im allgemeinen frei von Flügelleisten bleibt. Hieraus folgt für Windräder die Formel:

$$N = 0,0005 \cdot 0,7 d^2 v^3 = 0,00035 d^2 v^3.$$

Für  $v =$  4 m    4,5 m    5 m    5,5 m    6 m    6,5 m    7 m  
 wird  $N = 0,0224 d^2, 0,0319 d^2, 0,0437 d^2, 0,0582 d^2, 0,0756 d^2, 0,0961 d^2, 0,1200 d^2$   
 und  $d = 6,68 \sqrt{N}, 5,50 \sqrt{N}, 4,79 \sqrt{N}, 4,15 \sqrt{N}, 3,64 \sqrt{N}, 3,23 \sqrt{N}, 2,89 \sqrt{N}$ .

Um ein Urteil über diejenige Betriebsdauer des Rades zu gewinnen, auf welche man im deutschen Binnenlande mit einiger Sicherheit rechnen darf, hat Verfasser nach siebenjährigen Beobachtungen der Wetterwarte in Magdeburg eine Statistik der Geschwindigkeiten des Windes zusammengestellt (vergl. die Tabelle S. 379). Dabei wurde auf die Richtung des Windes keine Rücksicht genommen, weil diese bei dem Windrade gleichgültig ist. Es wurde aber die Zeitdauer der Windstärken nicht etwa nach den Mittelwerten der Tage angegeben, sondern nach den von der Wetterwarte verzeichneten Mittelwerten der Stunden. Hierdurch hat die Genauigkeit der Tabelle erheblich zugenommen, denn der Wind ist in 24 Stunden häufigem Wechsel unterworfen.

Wenn das Rad die geforderte Arbeit bei einer bestimmten Windgeschwindigkeit zu leisten vermag, so kann es dieselbe Leistung bei größerer Windgeschwindigkeit gleichfalls erfüllen, denn das Rad verringert seine Angriffsfläche nach der Stärke des Windes, um vor Beschädigungen geschützt zu sein, arbeitet aber mit der vollen Kraft weiter. Bei schwächeren Winden dagegen nimmt die Leistung ab; dann wird die volle Arbeit nicht mehr erfüllt: deshalb sind alle schwächeren Winde in der Tabelle S. 379 außer acht geblieben. Aber da die schwächeren

Winde noch immer einen Teil der geforderten Kraft hervorrufen können, so liegt hierin eine gewisse Sicherheit bei Benutzung der Tabelle.

*Tabelle über die im deutschen Binnenlande anzunehmende betriebsfähige Zeit eines Windrades in Stunden nach der Statistik der Magdeburger Wetterwarte.<sup>1)</sup>*

Windgeschwindigkeit m. a. d. Sek. u. darüber	Januar		Februar		März		April		Mai		Juni		Juli		August		September		Oktober		November		Dezember		
	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	Std.	
4 m	422	398	472	210	204	231	201	373	377	343	328	480	445	484											
4,5 "	370	327	406	175	174	198	160	314	313	286	264	417	381	414											
5 "	329	281	355	151	154	171	135	263	264	264	212	352	333	362											
5,5 "	286	233	298	125	133	142	110	215	214	221	171	295	286	307											
6 "	249	197	256	104	113	120	89	180	179	190	138	252	242	266											
6,5 "	215	160	214	82	92	99	72	142	138	157	110	210	194	219											
7 "	186	136	176	65	73	81	59	117	114	134	89	175	161	186											

Soll z. B. zur Entwässerung einer Niederung, bei der 72000 cbm Wasser auf durchschnittlich 1,2 m zu heben sind, ein Windmotor aufgestellt werden, und wird hierbei die Bedingung gestellt, daß die Entwässerung in der ersten Hälfte des Mai erfolgen soll, so würde für diesen Motor, wenn wir zunächst annehmen, daß er die volle Kraft erst bei 6 m Windgeschwindigkeit und darüber leisten soll, nur auf eine betriebsfähige Zeit von 120 Stunden in der Zeit vom 1. bis 15. Mai gerechnet werden können (vergl. die Tabelle oben). Das ergibt bei  $120 \cdot 60 \cdot 60 =$

432000 Sekunden Betriebszeit die Hebung von durchschnittlich  $\frac{72000}{432000} =$

0,167 cbm Wasser in der Sekunde oder bei 1,2 m Hubhöhe eine Nutz-

leistung von  $\frac{0,167 \cdot 1000 \cdot 1,2}{75} = 2,67$  Wasserpferdestärken (s. S. 359).

Bei 0,7 Nutzwirkung der Pumpe ist  $N = \frac{2,67}{0,7} = 3,81$ , und der Durchmesser des Rades muß betragen nach der Formel  $d = 3,64 \sqrt{N}$  (vergl. die Tabelle oben),  $d = 3,64 \sqrt{3,81} = 7,1$  m.

Soll das Rad schon bei 4 m Windgeschwindigkeit die volle Leistung erfüllen, so würde nicht auf 120, sondern auf 231 Betriebsstunden in der Zeit vom 1. bis 15. Mai gerechnet werden können (vergl. die Tabelle oben). Es braucht dann der Motor, wenn die Rechnung wie oben angegeben,

<sup>1)</sup> Vergl. Gerhardt, „Zur Berechnung der Windräder“ im Zentralblatt der Bau-Verwaltung 1896, S. 221.

durchgeführt wird, nur 0,087 cbm Wasser in der Sekunde zu heben und eine Nutzleistung von 1,98 effektiven Pferdestärken zu entwickeln. Da aber die Kraft des Rades mit der geringeren Geschwindigkeit des Windes abnimmt, so muß der Durchmesser  $d = 6,68 \sqrt{1,98} = 9,4$  m betragen. — Eine ähnliche Rechnung würde für 5 m Windgeschwindigkeit ein Rad von 7,8 m, für 7 m Geschwindigkeit von 6,9 m Durchmesser ergeben.

Dies Beispiel zeigt, daß es nicht nötig ist, das Windrad nach der mittleren Windgeschwindigkeit von 4 m mit 9,4 m Durchmesser zu erbauen; ein Rad von 7,4 m — entsprechend der Windgeschwindigkeit 5,5 m — vielleicht auch ein solches von 7 m — entsprechend 6,5 m — würde genügen. Neben der Größe sind auch die Kosten des Rades und des Gerüsts, die von dem Maße der Beanspruchung abhängen, zu berücksichtigen. So wenig man Windstärken von 7 m annehmen darf, wie man früher in Amerika getan hatte, so wenig ist man berechtigt, allgemein 4 bis 5 m als mittlere Windgeschwindigkeit für die Berechnung von Windmotoren vorzuschreiben. Diese Vorschrift würde oft zu unwirtschaftlichen und unberechtigt kostspieligen Anlagen führen; es ist vielmehr auf der Grundlage mehrerer Vergleichsberechnungen der wirtschaftlich vorteilhafteste Raddurchmesser auszuwählen.

### § 32.

**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 dieser das Wasser entziehen und mit Gefälle dem Hauptvorfluter zuführen. So entsteht ein System von Gräben, welche wie die Äste eines Baumes sich verzweigen (vergl. Fig. 372). 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. Letztere nennt man Damm- oder Beetgräben, weil sie gleichgerichtet sind, und daher die zwischen ihnen befindlichen Acker- 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 Trieb sand 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. In lehmigen Böden genügt 1:1,5 bis 1:2 und in Ton- oder Lehmböden 1:1,25 bis 1:1,5. 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 Zuflußgebiet 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.

Die Herstellung der Gräben erfolgt in der Regel unter Wasserhaltung mittels Spaten und Schubkarre von unten nach oben. Maschinen kommen selten zur Anwendung. Ein von Fowler erbauter Dampfplug soll Gräben von ungefähr 0,8 m Tiefe, 0,3 m Sohlenbreite und 0,9 m oberer Breite herstellen lassen,<sup>1)</sup> aber ein von Direktor H. Kalt der Prüfungsstation für landwirtschaftliche Maschinen und Geräte in Münster i. W. hergestellter, für den Betrieb durch ein Pferd eingerichteter Scheibenplug mit Sohlensauger hat bis jetzt noch nicht vollkommen befriedigende Ergebnisse geliefert.

*Furchen* nennt man die Entwässerungsrinnen, die auf Äckern mit schwerem, undurchlässigem 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.

### § 33.

**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. *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.

<sup>1)</sup> Scientific American 1904, S. 177.

Der früher den Gräben zugeschriebene Vorteil der besseren Durchlüftung des Bodens muß nach neueren Erfahrungen zurückgezogen werden. Bei richtiger Strangentfernung und guter Vorflut wird der Boden durch Drains ebensogut durchlüftet wie durch Gräben (vergl. § 91).

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.

6. Die *Verteilung des Wassers in der entwässerten Schicht* ist bei Gräben weniger günstig für das Wachstum der Pflanzen als bei Drains; die Gräben trocknen durch den lebhaften Luftzug, der in ihnen herrscht, den Boden an den Grabenrändern stark aus. Dadurch wird aus den nächst benachbarten Bodengebieten verhältnismäßig viel Wasser nach den Grabenrändern geleitet und damit die oberste Schicht bei der Entwässerung durch Gräben verhältnismäßig stärker ausgetrocknet, als es bei Drains der Fall ist. Die Gräben üben sonach einen ungünstigeren Einfluß auf die Feuchtigkeit der Bodenoberfläche aus als die Drains. Die Verteilung des in der obersten entwässerten Schicht noch vorhandenen Wassers ist bei Drains günstiger als bei offenen Gräben. Dies ist besonders bedeutungsvoll für unbesandete Moore.

## Kapitel III.

### Drainage.

#### § 34.

**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 achtzehnten 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.

## § 35.

**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.
„ 0,30 „ „ . . . . .	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. 393 stellt in der Folge *a, b, c* die Umgebung desselben Drains in Zuständen fortschreitender

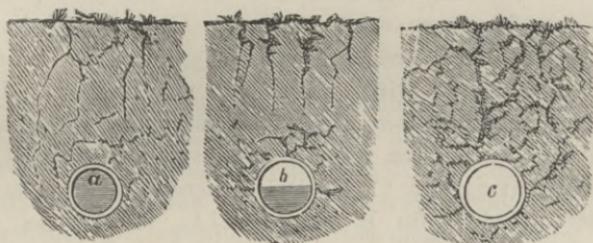


Fig. 393. Bodenquerschnitte; Wirkung der Drainage.

Entwässerung dar. Spätere Regengüsse sickern in Fäden durch den Boden bis zu den Drains hindurch und tragen dadurch zur Erweiterung 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. Nicht allein reichere Ernten werden erzielt, sondern auch *bessere* Erträge. Auch der Dünger kommt mehr zur Geltung, da er sich im Boden wirksamer 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, mitunter sogar um 4 Wochen 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. Niederschläge während der Bestellzeit hindern den Fortschritt der landwirtschaftlichen Arbeiten bei weitem nicht mehr so wie früher. Die Bewirtschaftung des Gutes kann besser ausgebildet und zuverlässiger betrieben werden. Viele Früchte können gezogen werden, an deren Anbau früher nicht zu denken war.

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. Der auf nassen Grundstücken oft vorkommende Wurzelbrand einiger Gewächse tritt nach der Drainierung äußerst selten ein.

Aus diesen Vorzügen ergibt sich die *Rentabilität* der Drainage. Sie ist allerorten so auffallend aufgetreten, daß der Nutzen der Drainage nirgends mehr bezweifelt wird. Nach den von Prof. Dr. Luedcke-Breslau<sup>1)</sup> zusammengestellten vergleichenden Ernteergebnissen nasser Jahrgänge derselben Grundstücke vor der Drainage und nach der Drainage hat sich ein Mehrertrag von 41 bis 136 % herausgestellt, nämlich 41 bis 46 % für Gerste, 44 % für Hafer, 56—81 % für Weizen, 100 % für Klee, 119 % für Mischfrucht und 120—136 % für Rüben. Auch in trocknen Jahren stellten sich die Erfolge ein, wengleich von anderer Seite auch behauptet wird,<sup>2)</sup> daß übermäßig starkes Drainieren durch zu große Trockenlegung des Untergrundes mitunter nachteilig wirken kann.

Die *Dauer* der Drainagen ist bei guter Ausführung und guter Beschaffenheit der Röhren fast unbegrenzt. Man rechnet gewöhnlich bei Drainagen auf mineralischen Böden mit einer Dauer von mindestens 40 Jahren.

### § 36.

**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 hindurchfallen konnte (Fig. 394). Derartige Drains waren nur ausführbar

<sup>1)</sup> Der Kulturtechniker 1903, S. 3.

<sup>2)</sup> Prof. Dr. Gerlach-Bromberg in „Wasserwirtschaft und Wasserrecht“, 1906, S. 39.

in schwerem Ton und Torf. Der Erfolg war gering; besonders die Tonwände weichten zufolge der Wasserführung 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.

*Erdklappdrains* werden auf der Kolonie Freistatt bei Varrel in der Provinz Hannover seit einigen Jahren in zähem, faserigem Hochmoorboden ausgeführt und haben sich dort gut bewährt.<sup>1)</sup> In einem 20 bis 50 cm tiefen, 90 cm breiten Erdschnitt wird ein 80 cm tiefer und 30 cm breiter Draingraben mit lotrechten Wänden ausgehoben, dessen Ecken nach Fig. 395 a auf etwa 20 cm Höhe abgeschrägt werden.

Dann wird mit Hilfe von scharfen Torfmessern der Boden auf beiden Seiten eingeschnitten und vermittels keilförmiger Bretter von 1,5 bis 2 m Länge zusammengedrückt. Es entsteht auf diese Weise nach Fig. 395 b ein zusammenhängender Hohlraum, der als Erddrain wirkt. Der Graben wird mit den Aushubmassen verfüllt. Die nach diesem Verfahren hergestellten

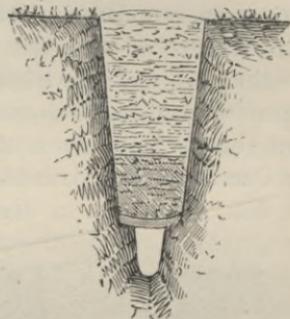


Fig. 394. Erddrain.

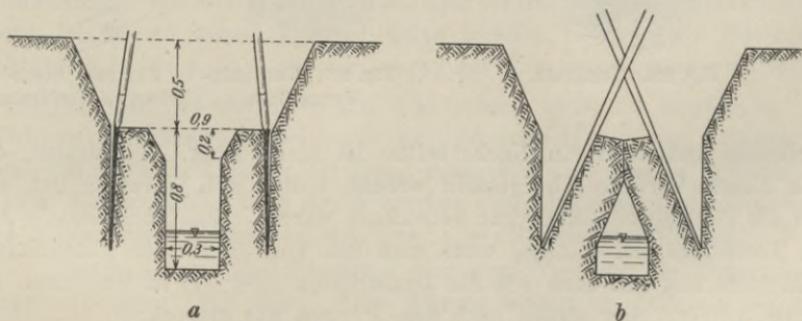


Fig. 395. Freistatter Klappdrains.

Drains haben sich in dem zähen Hochmoor bisher gut gehalten. In anderen Bodenarten würde das Verfahren nicht anwendbar sein, weil die Klappen leicht brechen würden.

*Torfdrains* werden aus viereckigen, getrockneten Torfstücken hergestellt, welche wie Ziegel zu einer Rinne zusammengebaut werden

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1904, S. 175 und 1905, S. 101.

(Fig. 396), so daß ein hohler Raum von etwa 10 cm Höhe und 10 cm Weite entsteht. Um diesem Raum die für den Wasserabfluß erforderliche gleichmäßige Gestalt zu geben, wird eine etwa 1 m lange Lehre von dem gewünschten Querschnitt auf die Sohle gelegt und mit der vorschreitenden Verpackung vorgezogen. 1904 beobachtete Dr. Saalfeld an einer im Jahre 1901 in solcher Art ausgeführten Torfdrainage, daß sie den Einwirkungen von Druck und Wasser gut widerstanden hatte. Nur Maulwürfe hatten sie an vielen Stellen zerstört, so daß demnach die Drainage verschlammte und unwirksam geworden war.<sup>1)</sup> Eine andere Art Torfdrains wird mittels besonders geformter Torfstücke hergestellt (Fig. 397). Man gewinnt diese Formstücke mit Hilfe des Stecheisens (Fig. 398). Da die Oberfläche der Grundfläche entspricht, so entsteht bei dem Ausstechen in dem Torfstich kein Verlust an

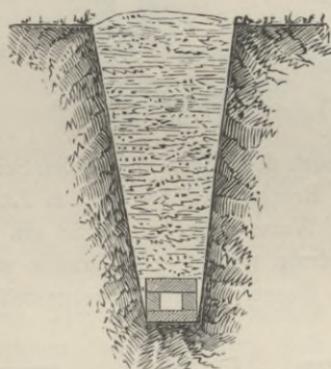


Fig. 396. Torfdrain.

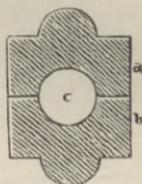


Fig. 397. Torfdrain-Formstücke.



Fig. 398. Stecheisen zu Torfdrains.

Torfmasse und auch ein Nacharbeiten ist nicht nötig. Torfdrains, die nach diesem Verfahren hergestellt werden, halten sich jahrelang gut, sofern die Torfstücke vorher gut getrocknet waren. Eine noch bessere Art von Torfdrains erhält man, wenn man den Torf in Mühlen gleichmäßig zerkleinert und ihn dann wie die Drainröhren (s. § 77) 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. 397 oder mit den runden, durch die Presse hergestellten Röhren geschehen.

### § 37.

**Faschinen- oder Strauchdrains.** Faschinendrains werden hergestellt aus Eichen-, Ellern-, Birken- oder Haselsträuchern. Weidenholz

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 103.

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 Kiefernstrauchwerk oder Sphagnumrasen bedeckte. Bei Gysinge am Dalelf im nördlichen Schweden hat man aus Stangen und Bretterschwarten 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.

Man stellt die gewöhnlichen Faschinendrains 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, so daß 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, lockere Stelle kann durch starkes Verschlammen oder Nachstürzen des Bodens die Wirksamkeit der Drainage vollständig aufheben.

Besser ist es, die Faschinen vor dem Verlegen zu Würsten zusammenzubinden (Fig 399). Die Würste werden gewöhnlich ungefähr 4 m lang hergestellt und entweder derart gebunden, daß Zopf- und Stammenden der Reiser abwechseln, so daß 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 ineinandergesteckt. Auch hierbei kann die Wurst fast überall die gleiche Stärke erhalten.

<sup>1)</sup> S. Mitteilungen d. Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche 1900, S. 65.

Nur das eine Ende ist als Stammende glatt, das andere ist ein büschelförmiges Zopfende. Beim Verlegen solcher Faschinen wird der büschelartige Zopf gut auseinandergespreizt 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 Stamm-

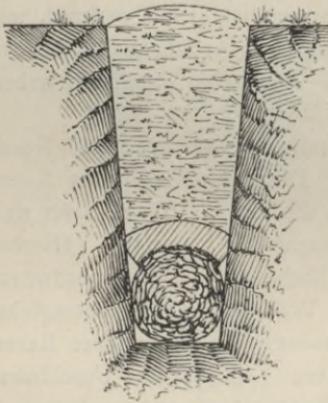


Fig. 399. Faschinendrain.

enden 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 aneinandergestoßen oder ineinandergesteckt 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. Als Länge der Faschinendrainen wird gewöhnlich 100 m gewählt, ausnahmsweise bei gutem Gefälle auch bis 150 m. Das Gefälle kann 0,1 bis 0,2 ‰ betragen. Der Durchmesser der gebundenen Faschinendrainen 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. Es muß aber im allgemeinen empfohlen werden, Abzweigungen bei Faschinendrainen tunlichst zu vermeiden.

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 unzuweckmäßig derartige Doppel- oder dreifache Drains bei der Röhrendrainage sind (vergl. § 67), bei Faschinendrainen 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. 400 so verlegt, daß man auf der Sohle des Draingrabens kurze Brettchen wie Querschwellen 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. 401. Die stärkere Faschine wird auf der Sohle des Grabens, die beiden schwächeren werden darüber nebeneinander gestreckt. Auch hier entsteht ein dreieck-

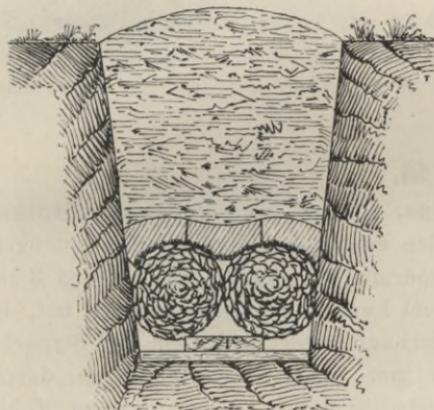


Fig. 400.

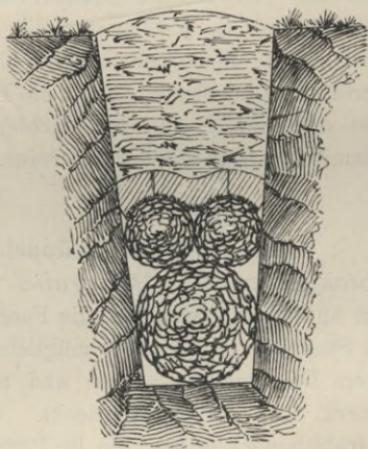


Fig. 401.

Faschinendrain.

förmiger 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, wengleich die Breite des Aushubs geringer ist. Da nun überall da, wo die Anlage von Faschinendrainen 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. 400 der Anlage von dreifachen Drains vorzuziehen.

Von der größten Wichtigkeit bei Faschinendrainen 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 Faschinendrainen

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. Nach Oberförster Kraher<sup>1)</sup> waren z. B. Faschinendrains nach 40jähriger Dauer noch gut erhalten.

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. § 11), 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.

### § 38.

#### **Stangen- oder Knüppeldrains, Latten- und Schwartendrains.**

*Stangen- oder Knüppeldrains* werden aus dünnen Durchforstungsstangen in ähnlicher Weise wie die Faschinendrains hergestellt. Es werden 3 bis 5 Stangen, denen man möglichst viel kurze Astansätze belassen hat, in dem Draingraben neben- und aufeinander gelegt und dann mit Strauchwerk oder Rasen abgedeckt. Oder man bindet 4 bis 6 Stangen durch Drahtumwicklungen, die in 1 m Entfernung angebracht werden, zu 20 bis 25 cm starken Bündeln zusammen und verlegt diese von oben beginnend mit den Stammenden nach oben in dem Graben. An den Verbindungsstellen werden die Zopfenden auseinandergespreizt und über die Stammenden geschoben. Auf diese Stangenbündel werden umgekehrte Rasenstücke verlegt, um das Hineinfallen des losen Bodens in die Hohlräume zu verhüten. Derartige Drains haben sich besonders in eisenschüssigem Moorboden gut bewährt.

*Lattendrains* sind vom Forstmeister Storp aus Saumlatten, d. h. den beim Säumen der Bretter gewonnenen abgeschnittenen Waldkanten in der Art hergestellt worden, daß in die Draingräben Lagen derartiger Saumlatten neben- und übereinander gelegt wurden. Die einzelnen übereinander gebrachten Lagen wurden durch kurze Lattenstücke auseinander gehalten. Diese Drains haben sich gut bewährt.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 108.

<sup>2)</sup> Ebenda S. 100.

*Schwartendrain*s wurden gebildet, indem man die Abfallschwarten zu dreieckigem Querschnitt zusammenlegte. Sie haben nach Regierungs- und Baurat Krüger im Marcardmoor gute Dienste getan.<sup>1)</sup>

Bei Gysinge am Dalelf im nördlichen Schweden hat man aus Stangen und Bretterschwarten 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.

### § 39.

**Steindrains** werden in einfachster Weise aus *Lesesteinen* hergestellt, entweder mit Überdeckung der Steinschicht durch Rasenstücke (Fig. 402),

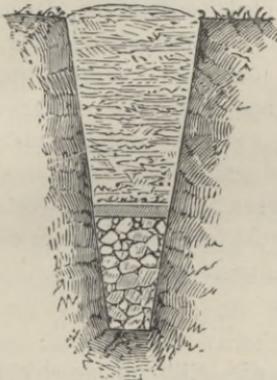


Fig. 402.

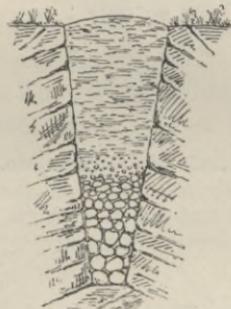


Fig. 403

Steindrains aus Lesesteinen.

eine Bauart, die in Schweden üblich ist, oder besser ohne solche Überdeckung dadurch, daß nach Fig. 403 die Steine sortiert und so in den Graben geworfen werden, daß der Durchmesser der Steine mit der 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. 404 für die Steindrains zu verwenden. Auch *Ziegel* sind zu gleichem Zweck benutzt worden. Man hat aus ihnen

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 103.

viereckige unterirdische Kanäle nach Art der Torfdrains (Fig. 396) 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 teurer werden, als diejenigen aus runden Tonröhren; denn die Herstellung der runden Drainröhren ist mit der Zeit sehr wohlfeil geworden.

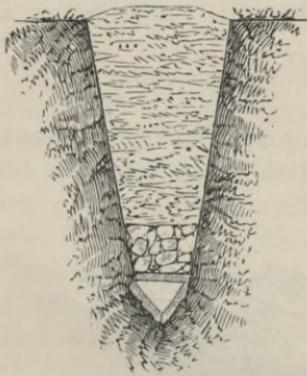


Fig. 404.  
Steindrain aus Bruchsteinen.

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 zugunsten 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.

#### § 40.

**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 aneinandergestossen. 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 Krümmung dieser Abdachung ist abhängig von der Durchlässigkeit des Bodens und von der Zeit. Je durchlässiger der Boden ist, um so flacher wird die Krümmung, um so tiefer neigt sich der Wasserspiegel (Fig. 405). Denselben Einfluß übt die Zeit aus: je länger die Drainage wirkt, ohne daß neue Regengüsse oder neue Zuflüsse eintreten, um so mehr senkt sich der Grundwasserspiegel in die flache Krümmung. Im allgemeinen liegt die größte Erhebung des Grundwassers in niederschlagsarmen Zeiten und

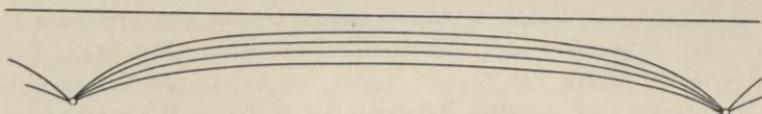


Fig. 405. Grundwasserkurven zwischen 2 Drains.

bei gewöhnlichen Bodenverhältnissen 0,3 bis 0,4 m über der Drainsohle. Die Form des Grundwasserspiegels unterscheidet sich bei steigendem Grundwasser nicht wesentlich von der bei fallendem.

Beim Auftreten von Regengüssen oder zur Zeit der Frühjahrschmelze wird der Boden von neuem mit Wasser durchtränkt. Dann tritt das Wasser von oben, von den Seiten und anfänglich auch von unten in die Röhren. Die Ansicht, daß die Wassertropfen, auf der Oberfläche des Grundwassers gleichsam rollend, in die Drainfugen gelangen, trifft nicht zu; denn dann müßte die Entwässerung des Drainfeldes erheblich lange Zeit in Anspruch nehmen. Die Sickerbewegung des Wassers in dem Boden ist naturgemäß lotrecht von oben nach unten gerichtet; aber diese abwärts gerichtete Bewegung der Wassertropfen wird nach dem Drain hin abgelenkt. Denn der Wassertropfen im Boden geht überall dahin, wo er den geringsten Widerstand findet. Ist der Drain leer, so wird ein Tropfen, der dicht unter einer Drainfuge sich befindet, nicht nach unten in das Grundwasser, sondern nach oben in den Drain entweichen. Erst dann, wenn der Drain sich teilweise mit Wasser füllt, hört das Eindringen der Wassertropfen an der Sohle der Drainfuge auf, weil dann der Gegendruck des im Drain fließenden Wassers stärker ist als der sehr schwache Druck des durch viele Reibungswiderstände beeinflussten Grundwassers. Dann tritt das Wasser an den Seiten der Drainfuge nur bis zu solcher Tiefe ein, wo der Druck des Wassers im Drain von dem eindringenden Grundwasser noch überwunden werden kann (Fig. 406).

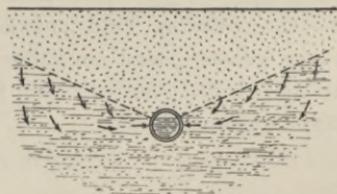


Fig. 406. Eindringen des Wassers in die Drainröhren.

Der Abzug der Frühjahrsschmelze dauert gewöhnlich bei kleinen Systemen und trockenem Wetter bis Ende Mai, bei großen Systemen und nassem Wetter bis Ende Juni.

### § 41.

**Systematische Drainage.** Man unterscheidet systematische oder Paralleldrainage von Einzeldrainage oder partieller Drainage. Bei der systematischen Drainage wird das ganze Feld überzogen mit gleichgerichteten Drains von kleinerem Durchmesser — den *Saugern* oder *Saugedrains* —, die das Wasser dem Boden entziehen und in Drains von größerem Durchmesser die *Sammler* oder *Sammelldrains* leiten (Fig. 419, S. 426). 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.

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.

### § 42.

**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 im allgemeinen nicht genügte. Die Röhren lagen nicht immer vollkommen frostfrei, sie waren daher Beschädigungen durch Frost ausgesetzt. Ferner war die Gefahr sehr groß, daß die Wurzeln vieler Kulturgewächse in die Röhren eindrangen und zu Verstopfungen führten. Und endlich erstreckte sich die Wirkung der Drainage auf ein zu schmales Gebiet. Denn da das Grundwasser sich zwischen zwei Drainsträngen nach Fig. 405 gewölbartig einstellt, so wird bei gleicher Zeitdauer der Wirkung und gleicher Bodenbeschaffenheit die Draintiefe, die Strangentfernung und die Absenkung des Grundwassers inmitten zweier Drains in einem bestimmten Abhängigkeitsverhältnis zueinander stehen. Bei gleicher Draintiefe wird mit der Zunahme der Strangentfernung nach Fig. 407a die Senkung des Grund-

wasserspiegels abnehmen. Soll in einer bestimmten Zeit inmitten der Drains die für die Kulturpflanzen erforderliche Grundwasserabsenkung gewonnen werden, so müssen die Drains nach Fig. 407 b bei geringerer Tiefe eine kleinere Entfernung haben; es sind also mehr Drains auf demselben Grundstück erforderlich, die Drainage wird teurer als bei gröfserer Draintiefe. Je gröfser andererseits die Draintiefe gewählt wird, um so gröfser darf die Strangentfernung sein, um so wohlfeiler wird die Drainage.

Einer zu grofsen 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.

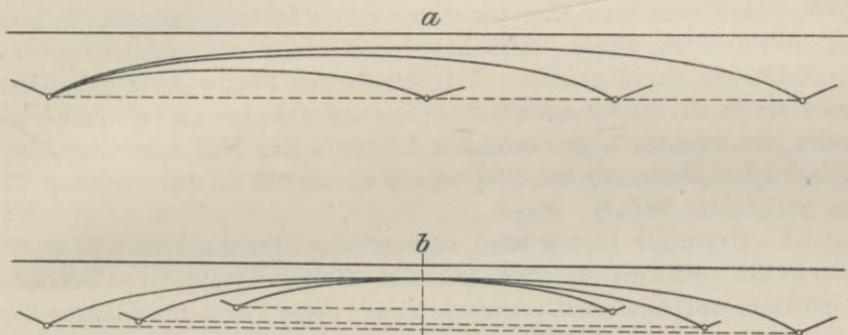


Fig. 407. *a* Grundwasserkurven zwischen Drains verschiedener Strangweite bei gleicher Tiefe. *b* Gleiche Grundwasser senkung bei Drains mit verschiedenen Strangweiten und verschiedenen Tiefen.

Smith of Deanstone hielt 0,9 m Tiefe für genügend, während Parkers als geringstes Mafs 1,4 m bezeichnete.

Gegenwärtig wird allgemein als zweckmässigste *Tiefe der Saugedrainen* 1,25 m anerkannt. Die Sammeldrains sind entsprechend tiefer zu legen. Bei dieser Tiefenlage gleichen sich die Vorteile und Nachteile der zu flachen und zu tiefen Drainlage im allgemeinen gut aus. Insbesondere stehen bei gewöhnlichen Boden- und Kulturverhältnissen die Kosten des Verlegens der Drains im guten Verhältnis zu den Kosten, welche die Strangentfernung verursachen.

Die *Sammler* werden gewöhnlich in 1,30 m Tiefe verlegt. Sie wirken wie Sauer zur Aufnahme des Wassers aus dem Boden, müssen daher mindestens 1,25 m tief liegen. Aber bei der gewöhnlich ausgeführten Verbindung durch Überdeckung der Saugedrainen (s. § 59) ist eine etwas gröfsere Tiefe, nämlich 1,3 m nötig. Erfordert dagegen die Wasserableitung und das den Sammlern zu gebende Gefälle eine noch gröfsere Tiefe, so mufs solche stets zur Ausführung kommen.

### § 43.

**Abweichungen von der Draintiefe 1,25 m.** Die Tiefenlage 1,25 m für Saugedrains darf aber nicht zu schablonenmässig angewandt werden. Es können die besonderen Kulturen der landwirtschaftlichen Gewächse, für welche das Drainagefeld vorzugsweise bestimmt ist, ferner Boden- und Grundwasserverhältnisse des Drainagefeldes und endlich gewisse örtliche Verhältnisse des Drainageplanes bestimmend dafür sein, die Draintiefe geringer oder gröfser als 1,25 m zu wählen.

Eine flachere Draintiefe als 1,25 m ist z. B. geboten bei Wiesen und Weiden, sowie bei Kleefeldern. Hier ist für das Wachstum der Pflanzen ein nicht zu tiefer und gleichmässiger Grundwasserstand erforderlich. Wiesen und Weiden sind daher flach zu drainieren, etwa in 1 m Tiefe. Aber auch beim Klee hat man die Beobachtung gemacht, dafs er auf undrainiertem Boden öfters besser gedeiht als auf drainiertem, und die Erklärung darin gefunden, dafs die langen Pfahlwurzeln des Klees besonders in dürren Sommern leichter auf undrainierten als auf drainierten Böden die feuchten Lagen erreichen können. Man hält daher auf Kleefeldern 1,1 m Draintiefe bei entsprechend geringerer Strangentfernung für das geeignetste Mafs.<sup>1)</sup>

Im Gegensatz hierzu wird eine gröfsere Draintiefe als 1,25 m für erforderlich gehalten da, wo intensive Zuckerrübenkultur, Gersten-, Hopfenbau und Ähnliches getrieben wird. Diese Pflanzen verlangen für ihr Gedeihen ein tiefes Wurzelgebiet. Es ist auch zweckmässig, die Drainage hier zu vertiefen, weil dadurch dem Verwachsen der Drainstränge besser begegnet wird. Man wählt für Zuckerrüben 1,35 bis 1,50 m Draintiefe, durchschnittlich 1,40 m. Eine noch tiefere Drainierung verlangt die Hopfenkultur, nämlich 1,80 m.<sup>2)</sup>

Die besonderen Bodenverhältnisse machen bei sehr schwerem, undurchlässigen Grunde eine Abweichung von der gewöhnlichen Draintiefe empfehlenswert. In solchem Boden geht nämlich die Absickerung des Wassers sehr langsam vonstatten. Hat das Sickerwasser erst den Drain erreicht, so findet es hier gute Vorflut und wird schnell genug abgeführt. Um die Entwässerung zu fördern, kommt es daher darauf an, das Durchsickern im Boden zu beschleunigen. Je tiefer die Drains liegen, um so länger dauert es, bis das Sickerwasser den Drain und damit die gute Vorflut erreicht. Schwer durchlässige Böden gebrauchen daher zu ihrer Trockenlegung im Frühjahr bei tiefer Drainlage viel längere Zeit als bei flacher Drainlage. Sind solche Böden für gewöhnlichen Getreidebau bestimmt, so mufs hier eine flachere Draintiefe als 1,25 m empfohlen werden,

<sup>1)</sup> Wasserwirtschaft und Wasserrecht, 1907, S. 170.

<sup>2)</sup> Der Kulturtechniker 1908, S. 12.

etwa 1,1 oder gar 1,0 m. Zum Ausgleich ist behufs Erzielung der erforderlichen Trockenlegung eine entsprechend engere Strangentfernung zu wählen.

Andrerseits ist bei tiefgründigen, diluvialen Böden, besonders bei kalkreichen, drainagebedürftigen Böden, eine gröfsere Draintiefe — 1,30 bis 1,50 m — für die Sauger zweckmäfsig. Es wird dann eine stärkere Erdschicht den Pflanzenwurzeln zugänglich gemacht, also der Kalkgehalt des Untergrundes besser ausgenutzt.

Auch die Grundwasserverhältnisse sind von Einfluss auf die Wahl der Draintiefe. Hat man vorzugsweise mit Tagwasser zu tun, so kann eine flache Drainage wirksam sein, während bei Grundwasser eine tiefere Drainierung am Platze ist.<sup>1)</sup> Auch das Vorhandensein von durchlässigen und undurchlässigen Schichten im Drainagefelde hat Einfluss auf die Draintiefe. Liegt z. B. unter einer durchlässigen Schicht in einer Tiefe von ungefähr 1 m eine undurchlässige Letten- oder Tonschicht, so bewegt sich das Wasser nach den Drains hauptsächlich auf der Oberfläche dieser undurchlässigen Schicht. Das Einschneiden der Drains in dieselbe würde dann keinen Erfolg für die Vergröfserung der Strangentfernung haben. Die Drains sind in solchen Fällen nur wenig tiefer als die Sohle der wasserführenden Schicht zu legen. Andrerseits kann bei dem Vorhandensein undurchlässiger Schichten eine tiefere Lage der Drains als 1,25 m dann von Wert sein, wenn diese dadurch in die wasserführende Schicht kommen.<sup>2)</sup>

Wenn es darauf ankommt, das Drainagefeld aufnahmefähig für grofse Mengen von Niederschlagswasser zu machen, so sind grofse Draintiefen am Platze. Es ist unbestritten, dafs drainierte Böden weit mehr Niederschläge aufnehmen können als undrainierte. Je gröfser die Draintiefe ist, ein um so gröfserer Erdkörper wird für die Aufnahme der Wassermengen gewonnen. Aus diesem Grunde werden in Rieselfeldern die Drains möglichst tief — 1,8 m — verlegt (s. § 11) und hat man in Württemberg bei sandigen Lehm Böden Draintiefen von 1,7 m angewandt. Bei 30 m Strangentfernung sind hiermit nach Koch<sup>3)</sup> fast ausschliesslich befriedigende Ergebnisse erzielt.

Die besonderen Verhältnisse des Drainageplanes können in zwei Fällen Ausnahmen von der sonst in demselben Plan festgehaltenen Regel der Draintiefe 1,25 m erfordern. Diese Umstände liegen entweder in dem oberen Teile des Drainageplanes oder in dem unteren. Wenn in dem *oberen* Teile der Drainage bei nahezu horizontaler Lage des Geländes

<sup>1)</sup> Der Kulturtechniker 1903, S. 299.

<sup>2)</sup> Seyfert in der Zeitschr. für Vermessungswesen 1903, S. 619.

<sup>3)</sup> Koch-Stuttgart im Kulturtechniker 1904, S. 92.

das für die Sauger erforderliche Gefälle gewonnen werden muß, so ist es notwendig und zulässig, die Tiefe unter dem Gelände zu verringern (Fig. 408). Die Drains nähern sich mehr und mehr der Erdoberfläche, doch pflegt man das Maß nicht geringer zu nehmen als 0,9 m. 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

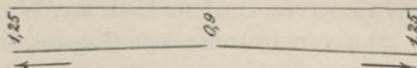


Fig. 408. Verringerung der Draintiefe im oberen Drainagefelde.

die Höhen gewöhnlich weniger drainagebedürftig sind als die Tiefen des Geländes, so hat dies in der Regel keine Nachteile im Gefolge.

Der zweite Fall tritt in dem *unteren* Teil des Drainagefeldes ein, wenn dort die Vorflut fehlt. Es kann dann eine Verringerung der Draintiefe geboten sein. Da man aus später erörterten Gründen (s. §§ 62 und 65) 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

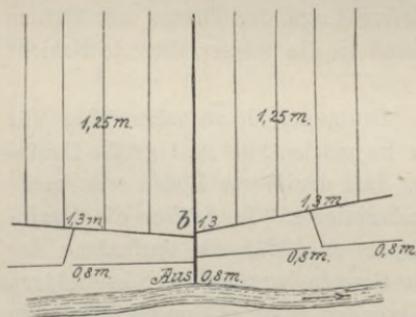


Fig. 409. Verringerung der Draintiefe im unteren Drainagefelde.

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 u. dergl., zu sichern. (Vergl. § 76.) 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. 409) in den Hauptdrain einmünden. Die tiefen Teile des Drainagefeldes 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.

#### § 44.

**Richtung der Sauger. Längs- und Querdrainage.** Die Sauger können entweder nach der Richtung des stärksten Gefälles oder quer gegen dieselbe angeordnet werden. Diese Bauweisen werden nach dem Vorschlage des Verfassers kurz mit Längs- und Querdrainage bezeichnet (Fig. 410 und 411).

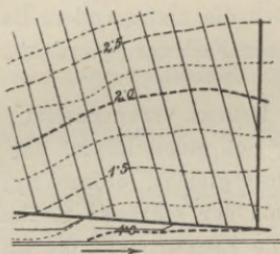


Fig. 410. Längsdrainage.

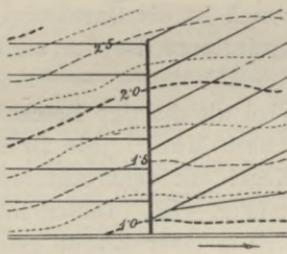


Fig. 411. Querdrainage.

Die ersten Drainagen der Römer waren nach dem Grundsatz der Querdrainage angelegt. Auch die Engländer hatten, als sie gegen Ende des achtzehnten Jahrhunderts die Drainage neu erfanden, die Saugdrains 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 Saugdrains 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 Saugdrains finden.

Sonach ist die Querdrainage tatsächlich die umfassendere Bauweise, die Längsdrainage ist nur als ein besonderer Fall der Querdrainage anzusehen (§ 45).

Wird gleichartige Beschaffenheit des Bodens vorausgesetzt, so entwässert nach Merl<sup>2)</sup> jede Drainfuge über sich einen Raum, der nahezu einem Kegel mit senkrecht stehender Achse gleicht, dessen Spitze die Fuge ist (Fig. 412). Dieser Kegel wird von der schrägen Geländefläche 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 aneinanderreihen muß. Mehrere Fugen, die zusammen die Stranglänge  $s$  ergeben, würden z. B. bei der Längsdrainage nach Fig. 413 die Fläche  $E + b \cdot s$ , bei der Querdrainage nach Fig. 414 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.

Dies nach der Merlschen Theorie gewonnene Ergebnis wird durch die Beobachtungen der Praxis ein wenig geändert. Der von einer Drainfuge entwässerte Körper bildet nicht einen geradlinigen Kegel, sondern einen trichterartigen Raum mit im Durchschnitt gekrümmten Linien.

<sup>1)</sup> Näheres siehe: Gerhardt, Umgestaltung der Drainagebauten von Längsdrainagen zu Querdrainagen. Berlin 1891, bei Wilhelm Ernst & Sohn. 1,60 Mark.

<sup>2)</sup> Merl, F., Neue Theorie der Boden-Entwässerung. Ansbach 1890.

Ferner ist der Boden nicht immer von so gleichartiger Beschaffenheit, daß die Form des Trichters sich regelrecht ausbildet. Endlich aber übt die Bewegung des Grundwassers einen Einfluß auf die Form des entwässerten Raumes aus. Denn da das Grundwasser — gleichartige Beschaffenheit des Bodens vorausgesetzt — im allgemeinen das Bestreben

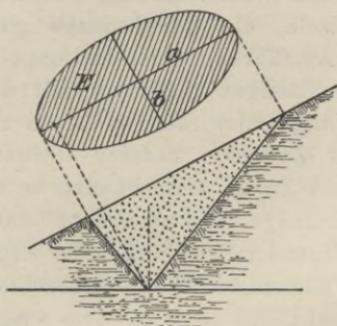


Fig. 412.

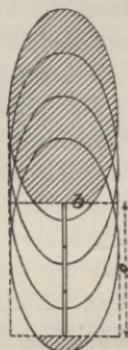


Fig. 413.

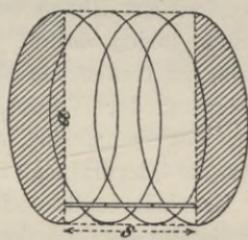


Fig. 414.

Fig. 412. Entwässerungsgebiet einer Drainfuge nach Merl. Fig. 413 und 414. Entwässerungsflächen mehrerer Drainfugen: Fig. 413 bei Längsdrainagen, Fig. 414 bei Querdrainagen.

hat, den unterirdischen Vorfluter zu erreichen, und dieser Vorfluter in der Regel in der Talmulde liegt, so wird das Grundwasser den Bergabhang abwärts fließen. Es verschiebt sich dadurch der Entwässerungstrichter der Drainfuge nach Fig. 415 talwärts. Die entwässerte Ellipse wird ein wenig abwärts geschoben und die große Achse wird ein wenig kleiner als die Ellipsenachse nach Merl. Hierdurch ist der Umstand erklärlich, daß bei Querdrainagen die Entwässerung oberhalb der Querdrains nicht so weit reicht, wie sie nach der Merl'schen Theorie reichen müßte.<sup>1)</sup> Immerhin bleibt trotz dieser bei praktischen Ausführungen beobachteten Abweichung die Tatsache bestehen, daß die von einer Drainfuge entwässerte Fläche ungefähr eine Ellipse ist, und daß deshalb die Entwässerung nach der Querdrainage wirksamer ist als die Entwässerung nach der Längsdrainage.

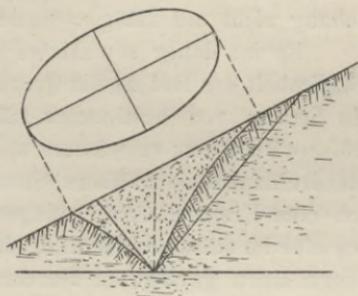


Fig. 415. Entwässerungsgebiet einer Drainfuge nach Ausführungen.

Nun ist aber der Boden nicht immer, wie Merl voraussetzt, von gleichartiger Beschaffenheit. Es wird daher die Zweckmäßigkeit der

<sup>1)</sup> Vergl. Beobachtungen in Livland; Kulturtechniker 1907, S. 243.

Querdrainage nach der Merl'schen Theorie nur zum Teil begründet. Bedeutungsvoller sind in dieser Hinsicht die folgenden Erwägungen, welche durch Beispiele aus der Praxis schon seit langer Zeit bestätigt sind. — Wir erwähnen nur die Drainagen von Lord Berners, v. Küster, Heinze, die Eifeldrainagen u. a. — Diese Erfahrungen lehren, daß gerade bei ungleichartiger Bodenbeschaffenheit, wenn wasserführende Schichten mit undurchlässigen, festen Bänken wechseln, die Querdrainage ganz besonders am Platze ist. Es kommt bei Ausführung einer Drainage in solchen Böden 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 Saugdrains 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 einigermaßen davor bewahren. Bei der Querdrainage, wo das günstige Gefälle nicht von den Saugern verbraucht wird, kommen derart gefährdete Stellen nicht so leicht vor.

### § 45.

#### **Geringste Gefälle und geringster Durchmesser der Drains.**

Die Gefällverhältnisse der Saug- und Sammeldrains sind so zu bestimmen, daß möglichst alle, auch die kleinsten Schlammteilchen, welche in die Röhren gelangen, fortgeführt werden; dies ist vollständig kaum durchzuführen. Denn da die Drains bald stärkere bald geringere Wasserführung haben, danach der Luftraum in den Röhren und die Kraft des Wassers zur Abführung der Sinkstoffe wechselt, so kann auf vollkommene und dauernde Reinhaltung der Röhren nicht gerechnet werden. Es werden sich immer Erdteile fest an die Röhrenwandungen legen. Der Grad der Verschlammung hängt ab von der Beschaffenheit des Bodens, der Feinheit seiner Bestandteile, seiner Neigung zu Eisen- und Kalkverbindungen, ferner von der Beschaffenheit der Röhren, besonders der Rauigkeit der inneren Wandungen, der Ungleichmäßigkeit der Form, den Brahmkanten usw., endlich auch von der Art des Verlegens der Röhren, dem Anschluß in den Stosfugen und den Verbindungsstellen zwischen Sammler und Sauger, der mehr oder weniger festen Lagerung auf weichem, mitunter teilweise aufgefülltem Untergrund mit größerer oder geringerer Gefahr des Versackens, der Art des Überdeckens der Röhren, ihrer Lage nach dem vorgeschriebenen Gefälle und diesem Gefälle selbst. Es ist erklärlich, daß bei so vielen mitwirkenden Umständen das Absetzen von Schlamm in den Röhren vorkommt; um so notwendiger ist es, wenigstens den schwerwiegenden Umständen zu begegnen, welche von der mehr oder weniger tadelnswerten Ausführung der Drainage veranlaßt werden.

Neben der Forderung tadellosen Materials und tadelloser Arbeit beim Verlegen der Röhren kommt es vornehmlich darauf an, den Drains richtige Weiten und richtige Gefälle zu geben, damit das in den Drains abgeführte Wasser nirgends auf dem Wege bis zur Ausmündung eine Ermäßigung seiner Geschwindigkeit erfahre und dadurch den Schlamm zum Absetzen bringe, daß vielmehr der Schlamm, wenn irgend möglich, bis zur Ausmündung gelange. Zur Erhaltung der gleichmäßigen Geschwindigkeit ist keineswegs ein gleichmäßiges Gefälle erforderlich. Mit zunehmendem Durchmesser kann vielmehr das Gefälle geringer werden, weil die Reibungswiderstände in einem weiten Rohr geringer sind als in einem engen.

Im allgemeinen ist zu empfehlen, die Drainagen so zu entwerfen und auszuführen, daß die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in den Röhren mindestens 0,16, besser 0,20 m in der Sekunde betrage, bei Triebssand minde-

stens 0,30 m. Diese Geschwindigkeiten werden dann erreicht, wenn für die verschiedenen Durchmesser die in nachfolgender Übersicht angegebenen Gefällverhältnisse als geringste Gefälle angesehen werden.

*Geringste Gefälle der Drains:*

	4	5	6,5	8	10	13	16 cm
bei einem Durchmesser von	4	5	6,5	8	10	13	16 cm
in gewöhnlichen Bodenarten	mindestens 0,4	0,28	0,18	0,15	0,15	0,15	0,15 ‰
	besser 0,6	0,45	0,28	0,20	0,15	0,15	0,15 „
in Triebssand	1,4	1,0	0,60	0,45	0,30	0,20	0,15 „

Gefälle unter 0,15 ‰ sind tunlichst grundsätzlich zu vermeiden, weil sie durch gewöhnliche Arbeiter mit gewöhnlichen Drainröhren schwer hergestellt werden können. Noch besser ist es, sich auf 0,2 ‰ als Mindestgefälle zu beschränken.<sup>1)</sup> Wie schwierig die Herstellung so schwacher Gefälle ist, schildert Oberlandmesser Seyfert zutreffend wie folgt:<sup>2)</sup> „Selbst wenn in der Wandung des herzustellenden Drains in gleichem Abstände von der herzustellenden Sohle in 5 bis 10 m Entfernung Pföcke durch Nivellement eingewogen werden und über dieselben eine Schnur gespannt wird, so daß der Drainarbeiter von der Schnur aus nur überall die gleiche Tiefe auszustechen braucht, bleibt die Sohle um Zentimeter uneben. Auch die folgende Bearbeitung mit der Sohlkelle schafft noch keine ganz glatte Sohle. Dieselbe wird auch durch das Einbringen von weichem Boden nicht vollständig erzielt. Eine vollständige Ausgleichung des Sohlgefälles ist eben nicht möglich. Der Unterschied zwischen schwachem und stärkerem Gefälle ist aber der, daß die unvermeidlichen kleinen Unregelmäßigkeiten der Sohle im zweiten Falle unschädlich bleiben, weil jedes Rohr immer noch im Gefälle liegt, während im ersten Falle einzelne Rohre im Gegengefälle liegen und Ursachen eintretender Verstopfung werden.“

Die Bestimmung, daß die 4 cm weiten Sauger mindestens ein Gefälle von  $0,4 ‰ = 1 : 250$  erhalten sollen, führt auf diejenigen Lagen der Drainpläne, in welchen der *Übergang von der Quer- zur Längsdrainage* stattfindet (Fig. 416).

Die Durchmesser der Drainrohre sollen nach langjährigen Erfahrungen nicht weniger als 4 cm betragen. Dies ist erforderlich, um die Bildung von Verstopfungen, besonders solche durch Algen, auszuschließen. Als wirksamstes Mittel hiergegen hat sich die Wahl größerer Querschnitte für die Drains, mindestens 4 cm, besser 5 cm, in gefährlichen Lagen auch

<sup>1)</sup> Dies Maß — 0,2 m — war in den früheren Auflagen dieses Werkes empfohlen. Mit Rücksicht auf die fortschreitende Technik ermäßigen wir das Mindestmaß jetzt auf 0,15 ‰.

<sup>2)</sup> Seyfert im „Kulturtechniker“ 1903, S. 298.

6,5 cm, bewährt (vergl. § 76). Auch aus einem anderen Grunde ist die Wahl größerer Querschnitte zweckmäßig:

Die Drainagen sollen nicht allein das schädliche Wasser abführen, sondern auch dafür sorgen, daß auf den vom Wasser verlassenem Wegen demnächst Luft in den Boden gelange, so daß durch die abwechselnde Wirkung von Wasser und Luft die Oxydation der Nährstoffe im Boden schnell und wirksam erfolge. Die Durchlüftung des Bodens wird durch die Drainage mit ihren weitverzweigten Luftgängen in hohem Maße begünstigt, und dies um so mehr, je weiter die Röhren sind. Aus diesem Grunde hat man z. B. in Böhmen sogar Drainröhren von 4 cm Weite ausgeschlossen und nur 5 cm weite Röhren als kleinste Drainröhren

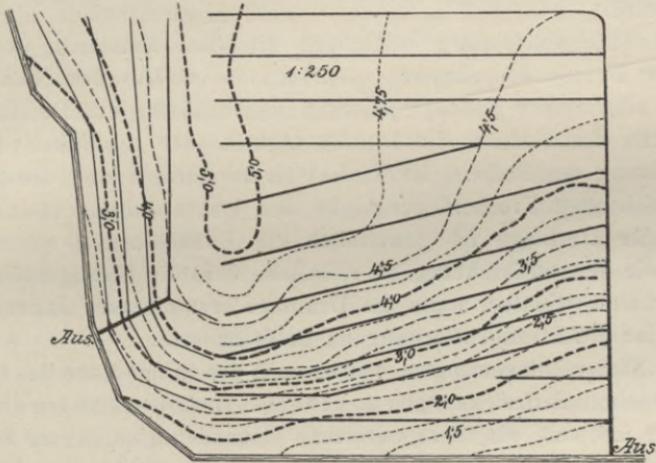


Fig. 416. Querdrainage mit Übergang in Längsdrainage.

erlaubt. Man hält den Preisunterschied zwischen Röhren von 4 und 5 cm Weite nicht für so groß, um diese Maßregel nicht zu rechtfertigen. Man will sogar die Beobachtung gemacht haben, daß die bessere Durchlüftung, welche durch die Drainage in dem Boden erreicht wird, mitunter die Anwendung der Drainage in einem sonst nach dem Wassergehalt nicht drainagebedürftigen Boden rechtfertige. So wurde nach Kopecky<sup>1)</sup> ein Zuckerrübenfeld drainiert, nur um zur besseren Entwicklung der Rüben mehr Luft dem Untergrunde zuzuführen. Der Erfolg soll sich eingestellt haben.

#### § 46.

**Strangentfernung.** Die Entfernung der gleichgerichteten Saugdrains ist von großem Einfluß auf die Wirksamkeit der Drainage. Je

<sup>1)</sup> Der Kulturtechniker 1908, S. 17.

näher die Drains liegen, um so schneller und um so erfolgreicher vollzieht sich die Entwässerung. Schneller, weil das Wasser zeitiger in die abführenden Röhren gelangt, und erfolgreicher, weil mehr Drains für die Entwässerung einer Flächeneinheit zur Verfügung stehen. Danach ist eine möglichst enge Strangentfernung vorteilhaft. Mit der engen Lage nehmen aber die Kosten zu, und es entsteht die Befürchtung, daß die Drainage unwirtschaftlich wird. Deshalb sind mit Rücksicht auf die Kosten und die Wirtschaftlichkeit der Anlage die Strangabstände möglichst groß zu wählen. Es kommt darauf an, beide Umstände in richtige Beziehungen zueinander zu bringen, der Wohlfeilheit wegen die Drainage möglichst weit, trotzdem aber so eng anzulegen, daß die beabsichtigte Wirkung erreicht wird.

Die Strangentfernung bestimmen dieselben Umstände, welche die Weite der Drains beeinflussen, nämlich: die Größe der Niederschläge nach den allgemeinen hydrographischen Verhältnissen des Drainagefeldes, die Neigung des Bodens, die Durchlässigkeit oder Bindigkeit desselben, die Schichtung des Bodens, die Tiefenlage der Drains und die Zeitdauer der beabsichtigten Trockenlegung. In den ersten Jahren nach der Ausführung der Drainage ist gewöhnlich die Entwässerung am stärksten, dann ist die Wasserabführung so reichlich, daß die Strangentfernung zu klein erscheint. Später, wenn die Drainage erst mehrere Jahre wirksam war, scheint die Strangentfernung zu groß zu sein.

Die Niederschlagsmengen, welche nach den in der Nähe des Drainagefeldes gemachten Aufzeichnungen zu erwarten sind, beeinflussen die Strangentfernung insoweit, als in regenreichen Gegenden eine engere Strangentfernung geboten ist als in regenärmeren, und als Felder, welche auf der Regenseite eines Höhenzuges liegen, enger drainiert werden müssen als andere auf der Regenschattenseite. Auch die Nähe von Wäldern, die Nähe von Seen und des Meeres, sowie Umstände, welche das Durchstreichen des Windes und damit die Verdunstung der auf das Drainagefeld fallenden Niederschlagsmassen beeinträchtigen, sind zu berücksichtigen. Ist das Drainagefeld Höhenwasser ausgesetzt oder Überflutungen von einem Flusse her, so daß es mit Wasser reichlich gesättigt wird, so ist eine engere Strangentfernung geboten als in Feldern mit dauernd trockener Lage. Auch ist zu untersuchen, ob etwa mehr Tag- oder mehr Grundwässer voraussichtlich durch die Drainage abzuführen sein werden. Da man bei Grundwasserabführung gern eine tiefe Drainlage wählt (s. § 43), so kann man in diesem Falle auch eine größere Strangentfernung zur Anwendung bringen, während bei der flachen Drainage für Tagwasser eine engere Strangentfernung geboten ist. Für Gebirgsgegenden mit schweren Böden, reichen Niederschlägen, langen Wintern und den entsprechend späten Frühjahren und kurzen Sommern können kurze Strangentfernungen mit

geringer Tiefenlage der Drains wirksamer sein als weite Stränge mit großer Tiefe, z. B. 8 m weite Drains in 1 m Tiefe wirksamer als 10 m weite Drains bei 1,25 m Tiefe.

Die Neigung des Geländes beeinflusst die Strangentfernung insoweit, als bei stark geneigtem Gelände der oberirdische Abfluss des Tagwassers größer ist als bei flacher Lage. Die versickernde und später durch die Drainage abzuführende Wassermenge ist bei flacher Lage größer, und darum verlangt diese eine engere Strangentfernung als ein stärker geneigter Hang.

Die Durchlässigkeit oder Bindigkeit des Bodens beeinflusst die Strangentfernung in hohem Maße. Je schwerer durchlässig der Boden ist, je mehr abschlämmbare Teile — seien es Ton- oder Kalkteile — er enthält, um so schwerer wird das Tagwasser in den Boden eindringen, aber um so schwerer wird das einmal eingedrungene Wasser auch aus dem Boden heraus in die Drainröhren treten. Für das Eindringen des Tagwassers stehen lange Wochen und Monate der Winterzeit zur Verfügung, das Wasser kommt daher trotz der schweren Durchlässigkeit doch in den Boden hinein; die Abführung durch die Drains soll dagegen in verhältnismäßig kurzer Zeit geschehen, sonach ist für die Entfernung der Drains die Bindigkeit des Bodens von ausschlaggebender Bedeutung, die Drains müssen um so enger liegen, je bindiger der Boden ist. Dies ergibt auch die Form der Grundwasserkurven (vergl. Fig. 405). 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 zu erzielen, in leichtem Boden die Strangentfernung größer sein darf als in schwerem.

Neben der Durchlässigkeit des Bodens übt auch die Beschaffenheit desselben einen Einfluss auf die Strangentfernung aus, wenn Kalk, Eisen oder Humus im Boden vorhanden sind. Kalk im Untergrunde gestattet eine Erweiterung der Strangentfernung gegenüber der in kalkarmen Böden. Denn in kalkreichen Böden tritt durch die Drainage eine wirksame Verwitterung des Bodens ein, diese vertieft die Vegetationsschicht und unterstützt die Wirkung der Drainage. Eisenverbindungen im Boden üben eine gerade entgegengesetzte Wirkung aus; sie verlangen eine engere Stranglage als in gleichen Böden ohne Eisengehalt. Denn die Eisenverbindungen vereinigen die lehmigen und tonigen, wie auch die sandigen Bodenteile zu einer festen Masse und drücken dadurch den Grad der Durchlässigkeit des Bodens wesentlich herab. Es erscheint notwendig, bei größerem Eisengehalt die Entfernung der Drainstränge um 1 bis 2 m zu verringern. Auch der Humusgehalt in nassen Bodenarten erschwert infolge seiner hohen Wasserkapazität den Luftwechsel im Boden und führt

deshalb zu einer engeren Strangentfernung als in Böden ohne Humusgehalt. Es kann vorkommen, daß sandige Böden, welche sonst nicht drainagebedürftig wären, bei einem Gehalt von Humus drainiert werden müssen, um die Entwicklung schädlicher Humussäuren zu verhindern.<sup>1)</sup>

Die Schichtung des Bodens hat einen großen Einfluß auf die Strangentfernung. Die Drainage muß sich nach denjenigen Schichten richten, in welche die Pflanzen ihre Wurzeln versenken. Die undurchlässigen Schichten des Untergrundes sind zu ermitteln, besonders die den Wasserabfluß etwa hindernden Rücken und Bänke, welche zur Abführung des Wassers vermittlems der Drainage durchstoehen werden müssen. Gleichzeitig sind diejenigen durchlässigen Schichten zu untersuchen, welche auf den undurchlässigen Schichten ruhen und welche durch die Anlage der Drainage Vorflut würden gewinnen können. Diese durchlässigen Schichten müssen für die Trockenlegung des Landes mitwirkend als natürliche Drainage herangezogen werden. Über ihre Lage wird man freilich von vornherein durch Bodenuntersuchungen keinen genügenden Aufschluß bekommen. Ihren Verlauf, den Grad der Durchlässigkeit, ihr Gefälle und ihre Verwendbarkeit als natürliche Drainage wird man erst dann erkennen, wenn das Drainagefeld mit Draingräben durchzogen wird. Dann erst ist die Wirkung der natürlichen Drainage zu beurteilen und die Strangentfernung danach angemessen abzuändern.

Die Tiefenlage, welche für die Drains gewählt wird, hat Einfluß auf die Strangentfernung. Die mannigfachen Umstände, welche bei der Tiefenlage der Drains mitwirken, sind bereits im § 43 erörtert. Je flacher die Drainage liegt, um so enger muß die Strangentfernung sein, wenn bei sonst gleichen Bodenverhältnissen dieselbe Wirkung erreicht werden soll wie bei einer tieferen Drainlage.

Für Drainagen im Gelände mit mittleren Niederschlagsmengen ohne besonders auffällige Umstände, welche auf die Versickerung oder Verdunstung von Einfluß sind und mit der mittleren Draintiefe 1,25 m unter Gelände kann man die Strangentfernung, soweit sie beeinflusst wird durch die Neigung, die Durchlässigkeit oder Bindigkeit des Bodens, seine Schichtung unter Einwirkung der natürlichen Drainage, ungefähr nach der Übersicht S. 411 beurteilen. — Hierbei ist die Neigung und die Schichtung des Bodens, seine natürliche Drainage berücksichtigt durch besondere Angaben für Längsdrainage und für Querdrainage. Die Querdrainage kann nur da zur Anwendung kommen, wo ein Gefälle von mehr als 1:250 vorhanden ist (vergl. § 45). Hieraus ergibt sich, daß die Geländeneigung 1:250 einen Grenzfall bildet für die Bestimmung der Strangentfernung.

<sup>1)</sup> S. die Ausführungen des Ingenieurs Josef Kopecky in Prag im „Kulturtechniker“ 1908, S. 14.

Entfernung der Sagedrains.

Boden-Arten:	I. In flachen Lagen bis 1 : 250 (Längsdrainage)		II. In mittleren und steilen Lagen von mehr als 1 : 250 (Querdrainage)	
	von—bis	Bemerkung	bei geringer bis größerer Neigung des Geländes	Bemerkung
In strengem Tonboden oder solchem mit über 75 % abschlümmbaren Teilen . . . . .	8—10 m		8—12 m	Strangentfernung zunehmend mit der natürlichen Drainage, außerdem mit der Neigung des Geländes bis zu derjenigen Grenze, bei der die lotrechte Entfernung 0,5 m betragen würde; doch selten weniger als 12 m, nie weniger als 8 m, selbst im steilsten Hang.
In gewöhnlichem Tonboden oder solchem mit 75 bis 50 % abschlümmbaren Teilen . . . . .	10—12 "		10—15 "	
In schwerem Lehm Boden oder solchem mit 50 bis 40 % abschlümmbaren Teilen . . . . .	12—14 "		12—18 "	
In gewöhnlichem Lehm Boden oder solchem mit 40 bis 30 % abschlümmbaren Teilen . . . . .	14—16 "	Erweiterung zulässig <sup>0</sup> beim Vorkommen	14—21 "	
In sandigem Lehm Boden oder solchem mit 30 bis 20 % abschlümmbaren Teilen . . . . .	16—20 "	naturaler Drainage	17—25 "	
In lehmigem Sand Boden oder solchem mit 20 bis 10 % abschlümmbaren Teilen . . . . .	20—24 "		21—30 "	
In mildem Sand Boden oder solchem mit 10—5 % abschlümmbaren Teilen <sup>1)</sup> . . . . .	24—30 "	Erweiterung zulässig <sup>0</sup>	25—35 "	

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

Der Grad der Durchlässigkeit wird ausgedrückt durch das Gewichtsverhältnis, in welchem sich die abschlämbbaren Teile — seien sie toniger oder kalkiger Art — im Erdboden befinden. Zur Ermittlung dieses Verhältnisses genügt für Drainagezwecke der Kühnsche Schlammzylinder oder die Bennigsensche Schlammflasche.

Die Querdrainage läßt nicht allein bei ungleichmäßiger Bodenbeschaffenheit, wenn die natürliche Drainage dienstbar gemacht werden kann, eine Erweiterung der Strangentfernung gegenüber der Längsdrainage zu, sondern auch bei gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit, 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. 412). 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 gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit hergeleitete Vorschrift in den besonderen Verhältnissen der natürlichen Drainage. Bei zu starker Neigung des Geländes treten die wasserführenden Schichten zutage, 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 benachbarter Saugdrains, 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 12 m auch in steilen Lagen selten, eine kleinere als 8 m selbst in den steilsten Hängen nie erforderlich ist.

Die in der Tabelle angegebenen Strangentfernungen liegen zwischen den Grenzen 8 m und 35 m. Diese Grenzen sind wohl begründet. Bei zu geringer Strangentfernung, weniger als 8 m, ist zu befürchten, daß die Herstellungskosten der Drainage zu groß werden, und bei zu großer Entfernung, mehr als 35 m, daß die Steigerung der Erträge nicht nach Wunsch eintritt. Doch sind Ausnahmen nach beiden Richtungen unter Umständen wohl am Platze (vergl. § 43). In den ersten Jahren wirkt die Drainage im wassergesättigten Boden kräftiger als später, wenn sie mehrere Jahre alt ist. Der Landwirt sieht daher in den ersten Jahren lieber eine enge Strangentfernung, später genügt ihm die weite. Wenn man für die Bestimmung der Strangentfernung absieht von den Wirkungen der ersten Jahre und die dauernde Wirkung im Auge behält, so wird

man gut tun, sich der Wohlfeilheit wegen mit größerer Strangentfernung zu begnügen, dafür aber in den ersten Jahren eine gewisse Verzögerung bei der Entwässerung in Kauf zu nehmen.

## § 47.

**Wöldickes ökonomische Drainage.** Dafs man es wohl wagen darf, auch mit weiter Strangentfernung unter gewissen Umständen zu drainieren, ohne ein Ausbleiben des Erfolges befürchten zu müssen, haben die seit dem Jahre 1885 von dem Landeskulturinspektor Wöldicke in Liv- und Estland ausgeführten Drainagen bewiesen. Wöldicke nannte diese „ökonomische Drainagen“. Sein Bestreben war, die Drainagen dadurch einzuführen, dafs er sie so wohlfeil wie möglich machte. Um das Grundwasser abzufangen, legte er die Drains als Querdrains an und bestimmte die Strangentfernung nicht nach dem horizontalen Abstände, sondern nach dem lotrechten Abstände der Drains. Er nahm dabei an, dafs jeder Drain ein Gebiet beherrsche, welches von der Horizontalebene ungefähr begrenzt werde, die durch ihn gelegt werden konnte. Dadurch erhielt er Drainstränge, welche nicht parallel, sondern in mannigfach gebrochenen Linien verliefen, und welche sehr große Entfernungen zeigten. Als Beispiel wird in Fig. 417 eine ökonomische Drainage aus Livland in Höhenplan und Grundrifs mitgeteilt.

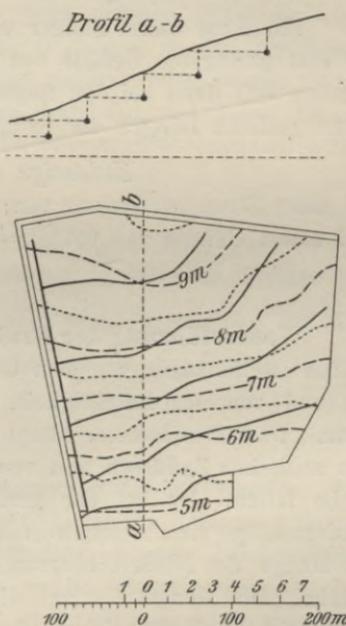


Fig. 417. Ökonomische Drainage in Neu-Woidoma nach Wöldicke.

Die Strangentfernung betrug im allgemeinen 25 bis 50 m, oft sogar 60 bis 100 m. Hierdurch wurden die Drainagen ungewöhnlich wohlfeil; sie genügten aber den Ansprüchen, die an sie gestellt wurden. Neben diesen ökonomischen Drainagen Wöldickes werden aber in Livland auch systematische Querdrainagen ausgeführt. Diesen gibt man je nach der Bodenbeschaffenheit Strangentfernungen von 15 bis 40 m.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrage des Kulturinspektors J. C. Johannsen über Grundwasserbewegung und Drainagetheorie im „Kulturtechniker“ 1907, S. 244.

## § 48.

**Zulässige Länge der Sauger.** Bei der Längsdrainage hat sich durch Erfahrung ergeben, dafs 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 Einflufs. Hier ist für die Länge der Sauger allein die Gröfse des entwässerten Feldes maßgebend.

Ein 4 cm weiter Sauger vermag unter sonst normalen Verhältnissen bei dem geringsten Gefälle von 0,4 ‰ ungefähr 31 a zu entwässern. Es ergeben sich dann bei den folgenden Strangentfernungen die nachbezeichneten grössten Längen der Sauger.

*Zulässige Länge der Sauger:*

bei einer Strangentfernung von: 12 m 14 m 16 m 20 m 24 m 30 m  
und einem Gefälle von 0,4 ‰ = 250 „ 220 „ 190 „ 150 „ 130 „ 100 „.

## § 49.

**Wasserführung der Drainröhren.** Die Wasserführung der Drainröhren ist abhängig von dem Grundwasser, welches im Boden vorhanden ist, und von der Leichtigkeit, mit der es den Drainröhren zuströmen kann. Das Grundwasser hängt ab, je nach der Schichtung des Bodens, von seitlichen Zuflüssen und von den Niederschlägen, welche auf die Oberfläche fallen. Da bei der geringen Ausdehnung der Drainagefelder die Niederschläge sich ziemlich gleichmäfsig über dieselben verteilen, so hängt die Menge des Niederschlagswassers ab von der Gröfse der entwässerten Fläche. Die Menge des auf die Flächeneinheit fallenden Wassers wird beeinflusst durch das Klima, durch die Jahreszeit und durch die Örtlichkeit. Die Nähe der See, die Lage des Drainagefeldes zur herrschenden Windrichtung und besonders zur Lage der das Klima beeinflussenden Gebirgszüge bedingen die Gröfse der Wasserabführung. Felder an der Regenschattenseite des Gebirges sind trockener als solche an der Regen-seite. Nach der Jahreszeit ist der Einflufs der Niederschläge am grössten entweder bei starkem Sommerregen oder bei Abführung der Schneeschmelze. Auch die Bodenbearbeitung, die künftige Benutzung des Geländes, selbst die Fruchtart beeinflussen die Wasserabführung der Drains. Wenn auf Land, welches in guter Kultur ist, lebhaft sich entwickelnde Pflanzen gezogen werden oder Pflanzen mit tiefer Bewurzelung, so entnehmen sie dem Boden viel Wasser, verbrauchen es zum eigenen Aufbau oder verdunsten es, lassen daher weniger Wasser in den Untergrund und in die Drains gelangen, als wenn das Land mit anderen minder üppig wachsenden

Pflanzen bestellt wird. In diesen Fällen ist die Wasserführung der Drains verhältnismäßig größer. Ganz erheblich wird die Wasserführung beeinflusst durch die Schnelligkeit, mit der das Wasser im Boden dem Grundwasser zufließen kann, durch das Sickerungsvermögen des Bodens, also die Bodenart und den Grad ihrer Durchlässigkeit. Endlich übt auch die für die Entwässerung zur Verfügung stehende Zeit einen Einfluss auf die Wassermenge aus, die man für die Berechnung der Drainage zugrunde zu legen hat. Drainagen in den östlichen Teilen von Deutschland, wo auf einen langen Winter ein kurzes Frühjahr folgt und für die Bestellung der Äcker nur kurze Zeit zur Verfügung steht, müssen imstande sein, das Land viel schneller trocken zu legen als Drainagen in den westlichen Teilen Deutschlands, in denen das Frühjahr zeitiger einsetzt und daher auch mehr Zeit für die Trockenlegung dem Landwirt verbleibt. Es ist daher im östlichen Deutschland mit größeren Wasserabführungszahlen für die Drainage zu rechnen als im westlichen Deutschland.

Vincent nahm 100 mm Regenhöhe für einen Monat an und setzte voraus, dass diese Wassermenge in einem halben Monat falle, ganz in die Drains gelange und zur Abführung kommen müsse. Daraus folgerte er, dass 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  $\frac{60 \cdot 1000}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,756$  l.

Leclerc rechnete mit 10 mm Niederschlag in 24 Stunden. Er nahm an, dass diese Wassermenge zu  $74\frac{1}{2}\%$  in die Drains gelange, dass aber ihr Abfluss durch den gewöhnlich schwer durchlässigen Drainageboden sich so verlangsamt, dass er 36 Stunden dauere. Er berechnete demnach seine Drains nach einer Wasserabführung von  $0,010 \cdot 10000 \cdot 74,5 \cdot 1000$   $\frac{36 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 100}{1000000} = 0,575$  l auf Hektar und Sekunde.

Hervé Mangon setzte gleichfalls 10 mm Niederschlag in 24 Stunden voraus, nahm aber nur an, dass  $50\%$  dieser Wassermenge in die Drains komme und gleichfalls 36 Stunden zum Abfluss gebrauche. Dies ergibt als Wasserführung der Drains auf Hektar und Sekunde  $0,01 \cdot 10000 \cdot 1000 \cdot 50$   $\frac{36 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 100}{1000000} = 0,368$  l.

Débauxe ging von der Voraussetzung aus, dass 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  $0,010 \cdot 10000 \cdot 1000$   $\frac{3 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{1000000} = 0,368$  l.

Dünkelberg rechnete für die norddeutsche Tiefebene mit einer mittleren monatlichen Regenhöhe von 60 mm und nahm an, daß diese in derselben Zeit vollständig durch die Drainage abgeführt werden solle.

Die Wasserabführung der Drains betrug alsdann  $\frac{0,060 \cdot 10000 \cdot 1000}{30 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 0,231$  l auf Hektar und Sekunde. — In gebirgigen Gegenden Norddeutschlands mit reicheren Niederschlägen rechnete er aber mit 100 mm monatlicher Regenhöhe, er erhielt dann als abzuführende Wassermenge 0,386 sek./l auf Hektar. — Für gröfsere Ebenen im Süden und Osten von Europa rechnete Dünkelberg mit der  $1\frac{1}{2}$  fachen Regenmenge und erhielt dortselbst 0,347 bzw. 0,579 sek./l; ausnahmsweise nahm er auch die doppelte Regenmenge an, dann erhielt er als abzuführende Wassermenge 0,462 bzw. 0,772 l auf Hektar und Sekunde.

Andere Kulturingenieure rechneten mit folgenden Zahlen: v. Möllendorf und Wäge für schweren Boden 0,331, für leichten Boden 0,468 l auf Hektar und Sekunde, Stephens 1,13 l, Stocken in Schweidnitz<sup>1)</sup> 0,35 l, Gropp in Isterbies<sup>1)</sup> 0,40 l, Schweder in Gr.-Lichterfelde für Tonboden 0,60 l, für leichte Böden 0,70 l, bei sehr vielem Grundwasser bis 1,00 l.

Friedrich<sup>2)</sup> empfiehlt für sehr schweren Tonboden in regenarmen Gegenden 0,31 bis 0,57 l, für schwere und mittlere Böden in flachem Lande 0,65 l, für durchlässige Böden und in Gegenden mit stärkeren Niederschlägen 0,75 l auf Hektar und Sekunde.

Luedecke<sup>3)</sup> hält bei gewöhnlichen Verhältnissen 0,40 l und bei zu erwartenden stärkeren oberirdischen oder unterirdischen Zuflüssen 0,50 l auf Hektar und Sekunde für ausreichend.

Klaas<sup>4)</sup> empfiehlt für Septarienton und Cyrenenmergel bei 2 m Strangtiefe und 25 bis 35 m Entfernung 0,60 bis 0,72 l, für mittleren Septarienton und Löfs bei 1,0 und 1,3 m Tiefe und 12 bis 20 m Entfernung bis 1,85 l auf Hektar und Sekunde.

Spöttle<sup>5)</sup> rechnet für sehr schwere Tonböden mit 0,35 bis 0,50 l, für gewöhnliche Drainageböden mit 0,50 bis 0,70 l und für durchlässige Böden mit 0,70 bis 2,10 l auf Hektar und Sekunde.

<sup>1)</sup> Kulturtechniker 1906, S. 124.

<sup>2)</sup> Friedrich, Kulturtechnischer Wasserbau, 1897, S. 236.

<sup>3)</sup> Prof. Dr. Luedecke-Breslau im Kulturtechniker 1906, S. 125 und 126.

<sup>4)</sup> Zeitschrift für die landwirtschaftlichen Vereine des Großherzogtums Hessen 1891, S. 118.

<sup>5)</sup> Prof. Dr. Spöttle-München im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften 7. Band, 1907, S. 144.

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 zugrunde gelegt, es betrug 0,65 l.

Diese Zahl, 0,65 l auf Hektar und Sekunde, hat sich von Schlesien über ganz Norddeutschland verbreitet. Sie hat sich überall da bewährt, wo nicht ungewöhnliche Regenverhältnisse vorhanden sind. Die Annahme Vincents, dass 100 mm Regenhöhe innerhalb eines halben Monats in die Drains gelange, erscheint nach den bisher gemachten Erfahrungen zu hoch; die von ihm ermittelte oben angegebene Zahl 0,756 l auf Hektar und Sekunde muss daher für eine Durchschnittszahl als zu groß bezeichnet werden. Viel eher ist es zulässig, unter Umständen eine noch geringere Zahl als die Zahl der Schlesischen General-Kommission 0,65 l anzunehmen. Diese Umstände sind da vorhanden, wo in regenarmen Gegenden, besonders im westlichen Deutschland, eine längere Zeit für die Entwässerung zur Verfügung steht und ein üppiger Pflanzenwuchs auf den Drainagefeldern zu erwarten ist. — Andererseits ist es bei regenreichen Gegenden, besonders in östl. Landesteilen, zu empfehlen, mit einer stärkeren sekundlichen Wasserabführung als 0,65 l auf Hektar und Sekunde zu rechnen. Im allgemeinen ist dies erst dann anzunehmen, wenn die jährliche Regenhöhe des Ortes

<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. Aufl. von 1884.)

900 mm übersteigt. An solchen Orten ist eine der Regenhöhe entsprechende Vergrößerung der Zahl 0,65 vorzunehmen.

### § 50.

**Geschwindigkeitsformeln und Koeffizienten-Bestimmung für die Wasserführung der Drains.** Ist die Wassermenge ermittelt, welche 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. Eine den besonderen Verhältnissen der Drainage gut angepaßte Geschwindigkeitsformel ist anzuwenden. Seitdem in den letzten beiden Jahrzehnten die Berechnung der Drainrohrweiten durch graphische Hilfsmittel erleichtert worden ist und dadurch die Anstellung solcher Berechnungen im praktischen Leben mehr und mehr zugenommen, sowie an Schnelligkeit und Zuverlässigkeit gewonnen hat, hat man auch die zur Anwendung gebrachten Formeln auf ihren praktischen Wert gerade für Drainagen genauer geprüft. Man kam dabei zu dem Ergebnis, daß die von Vincent angewandte und für Drainrohrleitungen eingerichtete Eytelwein-Pronysche Formel nicht ganz einwandfrei, und daß es vorzuziehen ist, die alte Eytelweinsche Geschwindigkeitsformel  $v = c \sqrt{R \cdot J}$  zu benutzen. Hierin bedeutet  $c$  einen Koeffizienten,  $R$  den hydraulischen Radius und  $J$  das relative Gefälle. Wird der hydraulische Radius  $R = \frac{F}{p}$ , d. i. Wasserquerschnitt : benetzten Umfang, durch den inneren Durchmesser der Röhren  $d$  unter entsprechender Änderung von  $c$  ausgedrückt, und wird  $J = \frac{h}{l}$ , d. i. Höhe : Länge gesetzt, so lautet die Eytelweinsche Formel für die Geschwindigkeit des Wassers in einer Rohrleitung:

$$v = k \sqrt{\frac{d h}{l}} \quad \dots \dots \dots (1)$$

Für den Faktor  $k$  hatte schon 1852 der Kulturtechniker Stocken in Schweidnitz als geeignet für die Berechnung von Drainagen die Zahl 20 angegeben, so daß danach seine Geschwindigkeitsformel allgemein

$v = 20 \sqrt{\frac{d h}{l}}$  lautete. Prof. Dr. Luedecke in Breslau bemerkt hierzu,<sup>1)</sup>

daß diese Formel die Geschwindigkeiten besonders für engere Röhren noch zu groß angibt. Die Formel wird aber trotzdem von manchen Ingenieuren für die Berechnung von Drainrohrweiten benutzt, so z. B. von Prof. Dr. Friedrich in Wien in seinem Kulturtechnischen Wasserbau, 2. Aufl., 1907, I. Bd., S. 303 und Prof. J. Kopp in seiner Anleitung zur Drainage, 1902.

<sup>1)</sup> Der Kulturtechniker 1906, S. 125.

Vincent hatte in dem Bestreben, den bei Drainröhren nach der Gröfse des Durchmessers verschiedenen Reibungswiderständen Rechnung zu tragen, den Faktor  $k$  veränderlich mit dem Durchmesser angenommen, so dafs für enge Röhren mit gröfseren Reibungswiderständen der Faktor  $k$  kleiner angesetzt und dadurch die Geschwindigkeit des Wassers geringer ermittelt wurde als bei weiten Röhren mit geringeren Reibungswiderständen. Er hatte nach der von ihm benutzten Geschwindigkeitsformel den Drainröhren für 1, 2, 3 und mehr Zoll Weite die Koeffizienten  $\frac{2}{3}$ ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{4}{5}$  usw. beigelegt. Umgerechnet für die oben angegebene Eytelweinsche Geschwindigkeitsformel würden diese Koeffizienten für Röhren von 4 bis 16 cm Weite die in der Tabelle S. 421 angegebenen Werte von 18,2 bis 22,3 ergeben.

Verfasser hatte in den ersten drei Auflagen dieses Werkes in der dort benutzten Eytelwein-Pronyschen Formel den Koeffizienten zunehmen lassen für Röhren von 3 bis 20 cm Weite von 0,61 bis 0,90. Diese Zahlen ergeben umgerechnet nach der alten Eytelweinschen Formel für Röhren von 4 bis 16 cm Weite die Werte 17,2 bis 22,7.

Frank<sup>1)</sup> empfiehlt für Drainröhren die Benutzung derjenigen Formel, welche er für unreine, d. h. mit gröfseren Widerständen behaftete gufseiserne Wasserleitungsröhren ermittelt hat. Die Formel, in der  $k = \frac{1}{\sqrt{0,000415 + \frac{0,000652}{\sqrt{d}}}}$  ist, gibt für Röhren von 4 bis 16 cm Weite die Koeffizienten 16,3 bis 21,5.

Merl in Speyer<sup>2)</sup> benutzt zur Berechnung der Drainrohrweiten die neuere Geschwindigkeitsformel von Bazin:  $v = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}} \sqrt{R J}$ .<sup>3)</sup> Diese Formel hat, wie die von Frank, den Vorzug, dafs bei der Umrechnung auf die Formel  $v = k \sqrt{\frac{d h}{l}}$  der Durchmesser  $d$  selbst zur Bestimmung von  $k$  herangezogen wird, dafs sonach  $k$  nicht einen gleichgrofsen Wert für alle Durchmesser annimmt, sondern um so kleiner wird, je kleiner der Durchmesser ist. Für Röhren vom Durchmesser  $d$  wird  $k = \frac{43,5}{1 + \frac{2\gamma}{\sqrt{d}}}$ .

<sup>1)</sup> Deutsche Bauzeitung 1889, S. 239.

<sup>2)</sup> F. Merl, Graphische Bestimmung von Grabenprofilen und Rohrweiten; Der Kulturtechniker 1902, S. 20.

<sup>3)</sup> H. Bazin, Etude d'une nouvelle formule pour calculer le débit des canaux découverts; Annales des ponts et chaussées 1897, IV.

Der Wert von  $\gamma$  soll nach Bazin sein: für sehr glatte Wände aus Zement oder gehobelten Brettern = 0,06, für glatte Wände aus Hausteinen oder Brettern = 0,16 und für gemauerte Wände = 0,46. Merl hat für seine Berechnungen  $\gamma = 0,19$  gesetzt, weil dann „die Ergebnisse den von Frank berechneten absoluten Wassermengen am nächsten kommen und dessen Koeffizienten seinen Anschauungen am besten entsprechen“. Die Koeffizienten werden dann in unserer Formel für Röhren von 4 bis 16 cm Weite = 15,0 bis 22,3.

Prof. Dr. Jos. Spöttle in München<sup>1)</sup> erwähnt bei seinen Untersuchungen zwar gleichfalls dieselbe Bazinsche Formel, legt ihr aber für Drainagen den Rauheitsgrad  $\gamma = 0,20$  bei, zieht jedoch die sogen. abgekürzte oder vereinfachte Kuttersche Formel vor:  $v = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}} \sqrt{R J}$ .<sup>2)</sup> Diese Formel hat denselben Vorzug wie die von Frank und Bazin, daß sie im Vergleich zur Formel  $v = k \sqrt{\frac{d h}{l}}$  den Wert des Durchmessers von  $d$  in den Faktor  $k$  hineinbringt, so daß  $k$  wiederum um so kleiner wird, je kleiner der Durchmesser ist. Auf unsere Eytelweinsche Formel gebracht, wird  $k = \frac{50 d}{2m + \sqrt{d}}$ . Der Wert von  $m$  soll nach Kutter sein: für Zementwandungen 0,12 bis 0,15, für Wände aus Backsteinen oder Quadern 0,20 bis 0,27 und für Wände aus Bruchsteinmauerwerk 0,35 bis 0,72. Spöttle hat nun  $m = 0,27$  angenommen und für Röhren von 4 bis 16 cm Weite die Werte von  $k = 13,5$  bis 21,3 erhalten.

Zur genauen Bestimmung der Werte von  $\gamma$  und  $m$  in der Bazinschen und Kutterschen Formel liegen leider Beobachtungen an ausgeführten Drainagen noch nicht vor. Die Versuche, welche v. Möllendorf angestellt hatte, wurden nur an 7,5 m langen Drainsträngen von 3,4 und 8,2 cm Durchmesser vorgenommen. Aus diesen Versuchen wurden nur Durchschnittszahlen für die Drainagen im allgemeinen abgeleitet. Es müssen Versuche im großen bei ausgeführten Drainagen vorgenommen werden, bei denen die Fehler und Nachlässigkeiten, wie sie bei der Bauausführung durchschnittlich vorzukommen pflegen, nicht außer acht bleiben, und bei denen auch die Rohrweiten berücksichtigt werden. Solange solche Versuche fehlen, sind wir mehr oder weniger auf Schätzungen angewiesen. Da nun der Faktor  $k = 20$  im allgemeinen für weite Drainröhren als ziemlich richtig anzusehen ist und es sich nicht empfiehlt, ihn für die gewöhnlichen Drainagen zu überschreiten, so werden wir eine ziemlich

<sup>1)</sup> Spöttle im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, III. Teil; Wasserbau 7. Bd.; Landwirtschaftlicher Wasserbau, 1907, S. 147.

<sup>2)</sup> Baumeister, Berechnung unterirdischer Kanäle; Zeitschr. für Baukunde 1884, S. 15 und 59.

richtige Wahl für  $\gamma$  und  $m$  dann treffen, wenn wir sie so wählen, daß für die im allgemeinen bei Drainagen vorkommenden größten Rohrweiten von 16 cm  $k$  in beiden Formeln = 20 wird. Dann muß in der Bazinschen Formel  $\gamma = 0,235$  und in der Kutterschen  $m = 0,30$  gesetzt werden. Wir erhalten dann für Rohrweiten von 4 bis 16 cm nach Bazin die Koeffizienten 13,0 bis 20 und nach Kutter die Werte 12,5 bis 20.

Die nach diesen Erwägungen ermittelten verschiedenen Werte für die Koeffizienten bei Drainröhren von 4 bis 16 cm Weite sind in der Tabelle übersichtlich zusammengestellt.

*Werte von  $k$  in der Geschwindigkeitsformel  $v = k \sqrt{\frac{dh}{l}}$ :*

	für $d =$ 4,0 5,0 6,5 8,0 10,0 13,0 16,0 cm							
nach Stocken, Friedrich, Kopp. . . . .	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
„ Vincent . . . . .	18,2	19,0	19,9	20,5	21,2	21,8	22,3	„
„ Gerhardt (1.—3. Aufl. d. Werkes) . . . . .	17,2	18,2	19,3	20,5	21,4	22,3	22,7	„
„ Frank . . . . .	16,3	17,3	18,1	19,0	19,9	20,8	21,5	„
„ Merl (Bazin $\gamma = 0,19$ ) . . . . .	15,0	16,1	17,5	18,6	19,7	20,2	22,3	„
„ Spöttle (Kutter $m = 0,27$ ) . . . . .	13,5	14,6	16,1	17,2	18,5	20,1	21,3	„
„ Bazin für $\gamma = 0,235$ . . . . .	13,0	14,0	15,3	16,4	17,5	18,9	20,0	„
„ Kutter für $m = 0,30$ . . . . .	12,5	13,6	14,9	16,0	17,3	18,8	20,0	„

Nun haben die Untersuchungen von Prof. Gravelius<sup>1)</sup> zwar ergeben, daß die Bazinsche Formel sehr großes Vertrauen verdient, da sie „bei größter Leichtigkeit der Anwendung und klarem rationellen Bau Ergebnisse liefert, welche sich für alle wirklichen praktischen Fälle innerhalb der zulässigen Genauigkeitsgrenzen halten“. Trotzdem sind wir geneigt, für Drainageberechnungen die abgekürzte Kuttersche Formel vorzuziehen, und zwar deshalb, weil diese Formel für die kleineren Rohrdurchmesser kleinere Ergebnisse liefert als die von Bazin oder die von Frank. Alle drei Formeln, von Kutter, Bazin und Frank, sind für Rohrleitungen aus verhältnismäßig gutem Material berechnet, die verhältnismäßig gut verlegt sind. Die Drainröhren sind dagegen nie gleichmäßig geformt; Unebenheiten, Brahmkanten, gedrückte Formen stören den Wasserabfluß. Dazu kommen die Unregelmäßigkeiten beim Verlegen der stumpf aneinandergestossenen Röhren. Gerade hierin liegt die Abweichung der Drainagen von Rohrverbindungen durch Muffen oder Flanschen. Die Drainröhren verschieben sich in den Rosten leicht seitlich oder lotrecht: seitlich, wenn die Draingräben zu weit und unregelmäßig hergestellt waren; lotrecht, wenn Unterfüllungen nötig geworden waren oder der Boden zu Sackungen Anlaß gibt. Diese Umstände wirken auf weite und enge Rohre um dasselbe Maß, sie üben daher im Verhältnis

<sup>1)</sup> H. Gravelius, Die Geschwindigkeitsformeln; Zeitschrift für Gewässerkunde 1898, S. 196.

zum Durchmesser einen unverhältnismäßig größeren Einfluss aus bei engen Röhren als bei weiten. Das Verschieben der Röhren in den Rosten ist bei kleinen Durchmessern viel gefährlicher für den Wasserabfluss als bei großen. So ist es begründet, dass man für Drainageberechnungen derjenigen Koeffizientenreihe den Vorzug geben muss, welche bei gleichen Werten für weite Röhren die geringsten Werte für enge Röhren gibt. Das sind die Kutterschen Zahlen für  $m = 0,30$ , welche in unserer Übersicht an letzter Stelle stehen. Sie werden unseren weiteren Berechnungen zugrunde gelegt.

### § 51.

**Berechnung der Drainröhren.** Die aus der Formel  $v = k \sqrt{\frac{dh}{l}}$ , in der  $k$  dem Durchmesser entsprechend bestimmt ist, ermittelte Geschwindigkeit des Wassers in den Drains muss in die Formel

$$Q = f \cdot v \dots \dots \dots (2)$$

eingesetzt werden, um die vom Drain geführte Wassermenge zu finden.  $f$  bedeutet den vom Wasser angefüllten Querschnitt der Drains. Der Bequemlichkeit der Rechnung wegen wird  $f = \frac{d^2 \pi}{4}$  gesetzt, d. h. es wird angenommen, dass die Drains voll gefüllt sind. In Wirklichkeit führen die Drains die größte Wassermenge bei einer kleineren Füllung, nämlich bei einer Füllhöhe von 94,5 % des inneren Durchmessers. Die Füllung des Restes von 5,5 % bietet wegen seiner flachen Segmentform weniger Vorteile durch die Vergrößerung des Querschnitts als vielmehr Nachteile durch die Vermehrung der Reibungswiderstände an den inneren Wandflächen der Röhren. Die größte Geschwindigkeit nimmt das Wasser in den Drains schon vorher an, nämlich bei einer Füllung von 81,1 % des inneren Durchmessers.

Das Gefälle  $\frac{h}{l}$  wird ausgedrückt durch das Gefälle der Drainstränge selbst — ohne Überdruck. Mit Überdruck wird bei Drainagen überhaupt nie gerechnet. Dies Wort, in Verbindung mit Drainagen gebracht, ist von manchen Ingenieuren so aufgefasst worden, als ob das durch die Fugen eindringende Wasser einen Überdruck auf das in dem Drain abfließende Wasser ausüben könnte. Das ist selbstverständlich nie der Fall, weil die Wassertropfen bei der Bewegung durch die engen Zwischenräume des Bodens zuviel Reibung erleiden, um einen Druck ausüben zu können, der für die Geschwindigkeit des Wassers in dem Drain von Bedeutung sein könnte.<sup>1)</sup> Es könnte höchstens ein Überdruck eintreten in ähnlicher Weise, wie er bei Strafenleitungen sich einstellt. Hier wird

<sup>1)</sup> Vergl. die Ausführungen im § 40.

stets mit Überdruck gerechnet. Denn da bei diesen in der Regel wasserdicht geschlossenen Rohrleitungen die Strafseneinlässe sich lotrecht anschließen und diese bei Regenwetter, wenn die Abzugskanäle ihre größte Beanspruchung erfahren, stets teilweise oder ganz gefüllt sind, so arbeiten die Strafsenkanäle bei stärkster Beanspruchung immer mit Überdruck. Man würde hier zu unverhältnismäßig großen Durchmessern kommen, wenn man den Überdruck bei der Berechnung vernachlässigen würde. Anders bei Drainagen. Hier haben die obersten Teile der Sauger oder Sammler fast niemals an der höchsten Stelle eine Verbindung mit Zuflüssen aus fremdem Gebiet, die Überdruck erzeugen könnten. Es ist daher für  $\frac{h}{l}$  nur das Gefälle des Rohrstranges selbst einzustellen.

Wird  $Q$  in Litern ausgedrückt, so ist die für  $Q$  ermittelte Zahl demnächst mit der Formel

$$Q = F \cdot 0,65 \dots \dots \dots (3)$$

zu verbinden, um bei einer Wasserführung von 0,65 l auf Hektar und Sekunde diejenige Fläche  $F$  zu finden, welche — in Hektaren ausgedrückt — von dem Drain entwässert werden kann.

Die Berechnung der Drains setzt sich sonach aus der Verbindung der drei Gleichungen (1), (2) und (3) (S. 418 und vorliegende) zusammen, unter Beachtung der Zahlen für  $k$  (S. 421).

Solche Berechnungen für jeden Fall anzustellen, ist weitläufig und zeitraubend. Sie werden erspart durch Ermittlung der Flächen für bestimmte Durchmesser und Gefällverhältnisse, sowie Zusammenstellung der Ergebnisse in tabellarischer Form. Derartige Tabellen sind in vielen Werken zu finden. Noch einfacher wird das Verfahren, wenn die Tabelle graphisch dargestellt wird. Dies zeigt die vom Verfasser aufgestellte Tafel (Fig. 418). Für jede Stelle eines Sammlers kann der Querschnitt nach Fläche und Gefälle mühelos bestimmt werden. Die Flächen wurden berechnet unter Zugrundelegung einer Wasserabführung von 0,65 l auf Hektar und Sekunde. Es kann die Tafel aber auch für jede andere Wasserabführung benutzt werden. Zu dem Zweck ist an der rechten Seite der Tafel die Wasserführung in Litern auf die Sekunde angegeben worden. Die Flächen werden aus dem Drainplan ermittelt durch Planimeter oder durch Multiplikation der summierten Stranglänge mit der Strangentfernung. Das Gefälle wurde in Prozenten an der unteren Seite vermerkt und durch senkrechte Linien auf die ganze Tafel übertragen. Am oberen Rande des Blattes ist außerdem das Gefälle nach dem Verhältnis 11 mal angegeben, so daß die Tafel auch dann benutzt werden kann, wenn diese Verhältniszahlen bekannt sind.

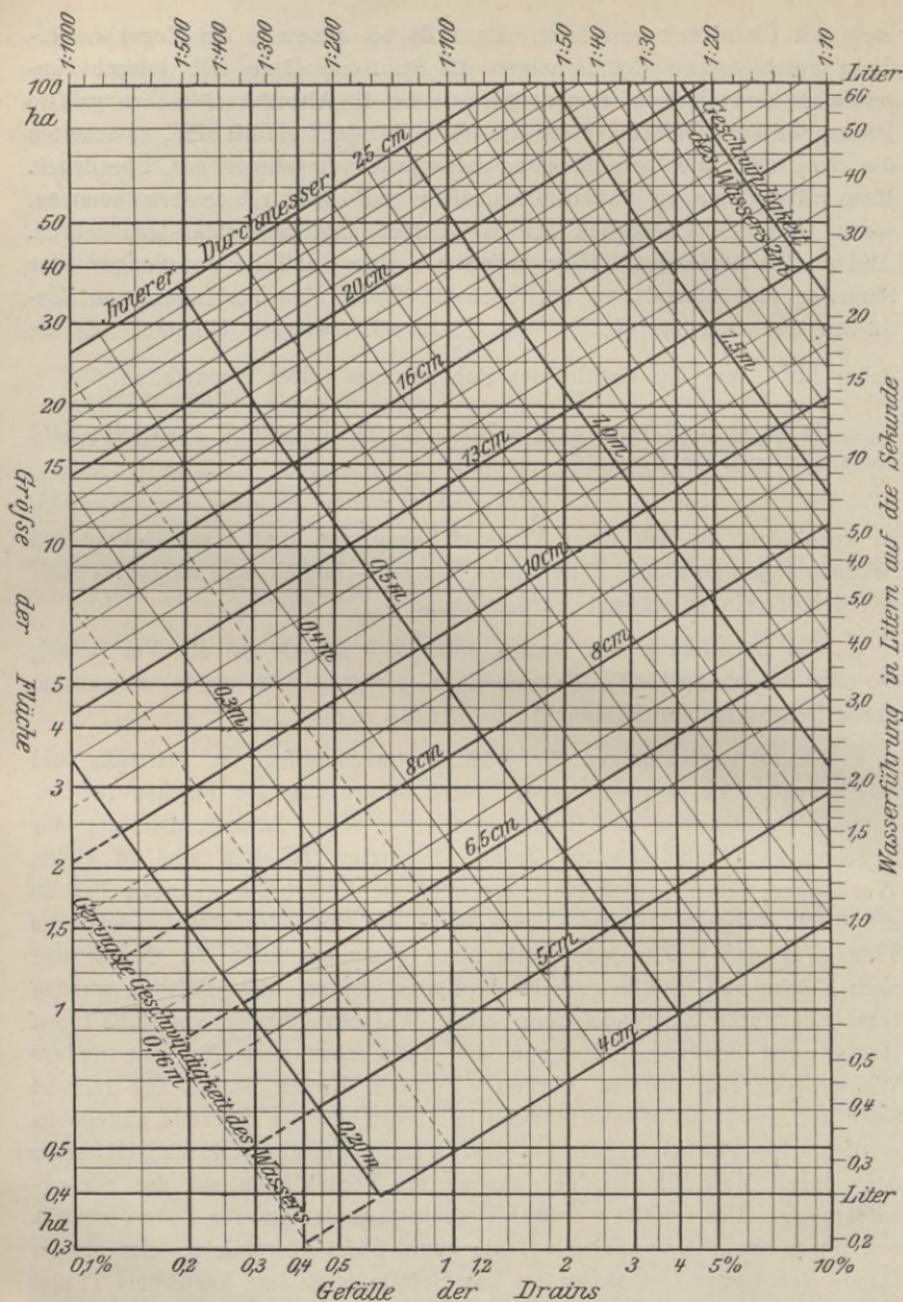


Fig. 418. Tafel zur Bestimmung der Drainrohrweiten nach der Wasserführung und dem Gefälle der Drains, sowie nach der Fläche bei einer Wasserabführung von 0,65 l auf Hektar und Sekunde.

Nachweis über die Richtigkeit der Drainrohrweite zum Drainplan  
(Fig. 419).

Sammler	Strecke	Fläche		Gefälle ‰	Durch- messer cm	Geschwin- digkeit des Wassers ungefähr m
		einzeln	gesamt			
		ha	ha			
a	oberhalb 6,50	Saugdrains		0,65	4	0,20
	von 6,50 bis 6,40	—	0,49	0,45	5	0,21
	„ 6,40 „ 6,33	0,53	1,02	0,3	6,5	0,22
	„ 6,33 „ 6,17	1,03	2,05	0,35	8	0,27
	„ 6,17 „ 5,93	0,74	2,79	0,6	8	0,36
	„ 5,93 „ 5,67	0,70	3,49	0,6	10	0,43
	„ 5,67 „ 5,54	0,47	3,96	0,6	10	0,43
	„ 5,54 „ 5,28	0,81	4,77	0,4	13	0,43
	„ 5,28 „ 4,75	0,36	5,13	0,75	13	0,58
	„ 4,75 „ 4,66	5,41	10,54	0,55	16	0,60
	„ 4,66 „ 4,30	0,59	11,13	0,55	16	0,60
„ 4,30 „ Aus	0,82	11,95	0,55	16	0,60	
b	oberhalb 5,83	Saugdrains		0,65	4	0,20
	von 5,83 bis 5,60	—	0,48	0,5	5	0,22
	„ 5,60 „ 5,16	0,97	1,45	0,65	6,5	0,31
	„ 5,16 „ 4,98	0,60	2,05	0,5	8	0,32
	„ 4,98 „ 4,85	0,53	2,58	0,35	10	0,32
	unter 4,85 (4,75)	Sammler a		0,55	16	0,60
c	oberhalb 7,20	Saugdrains		0,65	4	0,20
	von 7,20 bis 6,43	—	0,75	0,8	5	0,27
	„ 6,43 „ 5,46	1,13	1,88	1,1	6,5	0,40
	„ 5,46 „ 5,04	0,32	2,20	0,75	8	0,40
	„ 5,04 „ 4,76	0,63	2,83	0,52	10	0,40
	unter 4,76 (4,66)	Sammler a		0,55	16	0,60
d	oberhalb 5,05	Saugdrains		0,65	4	0,20
	von 5,05 bis 4,85	—	0,12	0,8	5	0,27
	„ 4,85 „ 4,55	0,10	0,22	1,2	5	0,30
	„ 4,55 „ 4,35	0,14	0,36	0,8	6,5	0,34
	unter 4,35 (4,30)	Sammler a		0,55	16	0,60

Aus der Tafel lassen sich auch die Geschwindigkeiten 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 Füllungsverhältnissen im System sich wahrscheinlich einstellt. Aber dies genügt, um das Entwerfen von

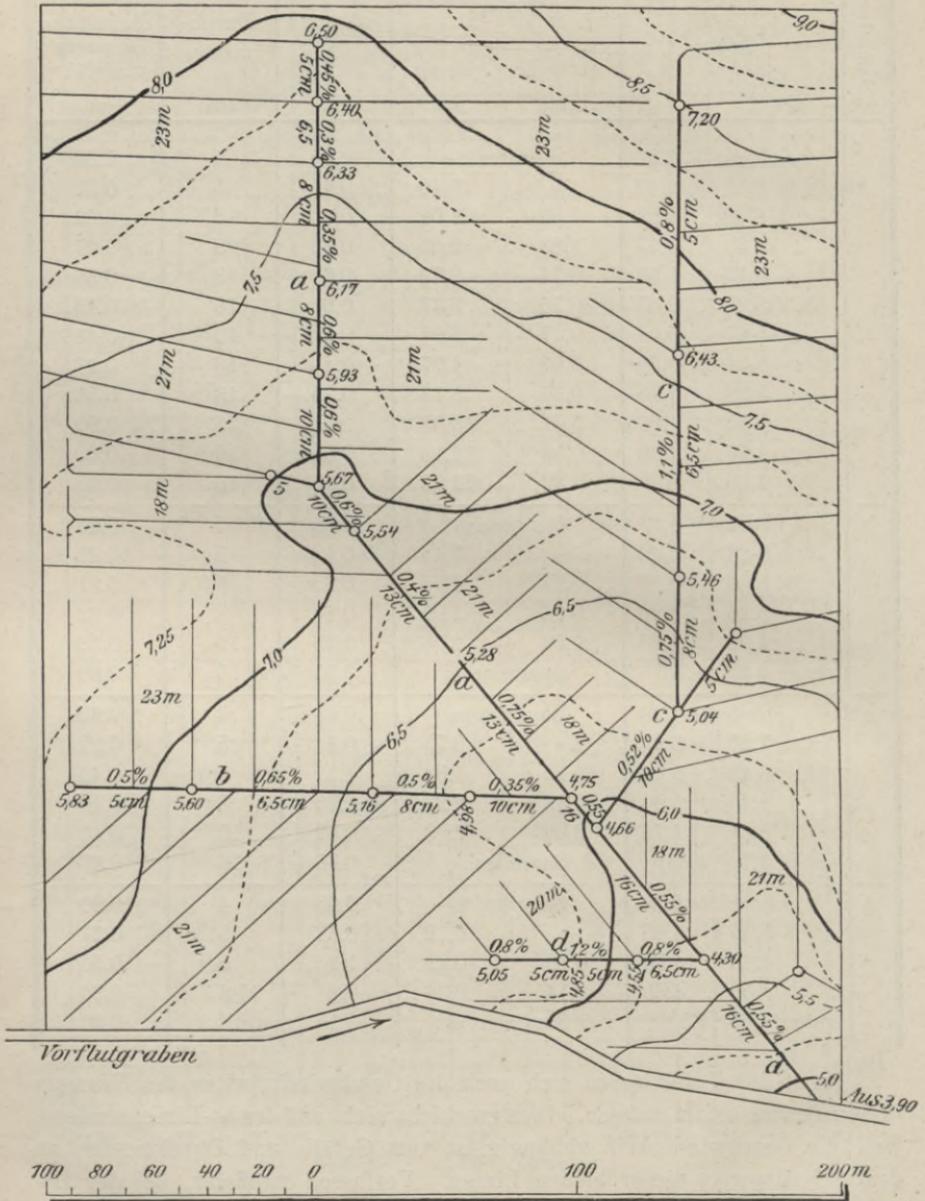


Fig. 419. Drainplan.

Strecken zu vermeiden, in welchen durch zu große 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 Schema zu einer solchen Tabelle mit beispielsweise Ausfüllung ist S. 425 mitgeteilt. Dasselbe bezieht sich auf den Drainplan (Fig. 419).

Die Höhenlagen der Sammeldrains werden am besten durch Ordinaten angegeben, welche sich entweder auf die oberen Aufsennlinien der Drains oder auf die Scheitellinien beziehen (vergl. § 84 und Fig. 519).

### § 52.

**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; zu enge Brücken und Durchlässe, die einen schädlichen Rückstau ausüben könnten, sind zu erweitern.

Bei größeren Vorflutern — das sind solche, die ein Sammelgebiet von mehr als 1,5 qkm besitzen — ist der Nachweis über das Vorhandensein 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.*

Vorfluter	Nieder- schlags- gebiet qkm	Abzu- führende 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 0,8	0,4 0,5	207 326	0,37 0,42	0,8 0,43	

Hierbei werden die Kutterschen Tabellen über die Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen benutzt (s. Fußnote 1, S. 349), und für die Berechnung wird ein geringes Sommerhochwasser (65 bis 200 l auf Quadratkilometer und Sekunde) zugrunde gelegt. Die Untersuchung mehrerer Wasserstände (Mittelwasser und Sommerhochwasser), die für die Regulierung anderer Vorfluter nötig ist (vergl. das Schema S. 346 und 347), 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

<sup>1)</sup> Dies Schema ist auch von der General-Kommission für Schlesien angenommen und vorgeschrieben worden.

Sommerhochwasser. Dies ist nach dem Niederschlagsgebiet zu ermitteln, unter der Annahme, daß im ebenen Gelände 65 bis 110 l, im hügeligen 110 bis 200 l 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 durchschnittlichen Sommerhochwasserspiegels und die Höhenlagen der Ausmündungen klar hervorgehen.

### § 53.

**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

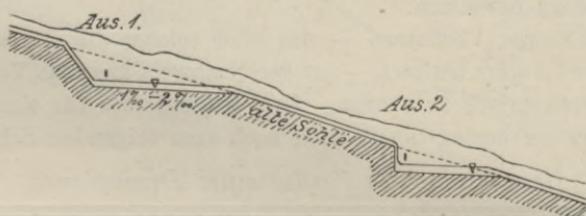


Fig. 420. Regulierung eines Drainage-Vorfluters.

gesorgt wird — in treppenförmigen Absätzen entworfen werden, so daß in der Nähe jeder Ausmündung eine Stufe sich befindet. Die Strecken unmittelbar unterhalb der Ausmündungen können sehr schwaches Gefälle (etwa 1 bis  $2\text{‰}$ ) erhalten (Fig. 420).

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.

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. 421); bei einer Neigung 1 : 8 kann eine Steinschüttung oder Pflaster angewendet werden (Fig. 422), bei steilerer Anlage der Absätze ist aber eine starke Steinschüttung oder besser eine Steinpackung möglichst mit dem Einlegen sehr großer Steine geboten (Fig. 423).

Die Böschungen am Absturz und an den Ausmündungen sind besonders sorgfältig gegen Auswaschungen zu sichern. Auch empfiehlt es sich — besonders bei genossenschaftlichen Drainagen —, die vorschrifts-

mäßige 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 Sohlhöhe angibt (Fig. 421 und 422), bei breiten Vorflutgräben durch Einlegen einer Sohlenschwelle, die an zwei Grundpfählen befestigt ist (Fig. 423).

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.

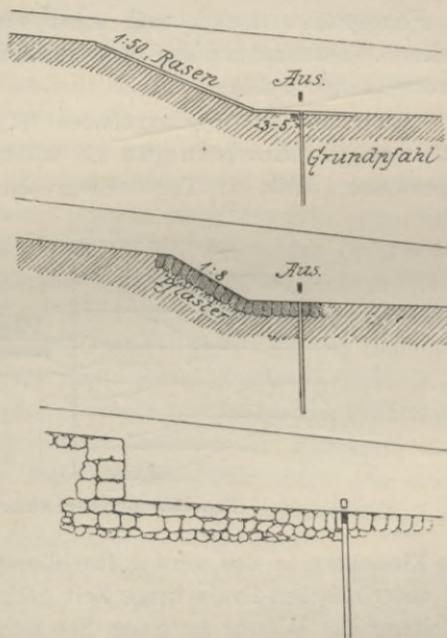


Fig. 421 bis 423. Befestigung der Vorfluter an den Abstürzen.

§ 54.

**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

mufs aber davor gewarnt werden, dies 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. § 13).

Innerhalb des Drainagefeldes ist besondere Aufmerksamkeit den *muldenartigen Einsenkungen* zu widmen. Hier ist zum Abflufs des Regenwassers *stets* ein Tagwassergraben geboten. Denn da das Wasser

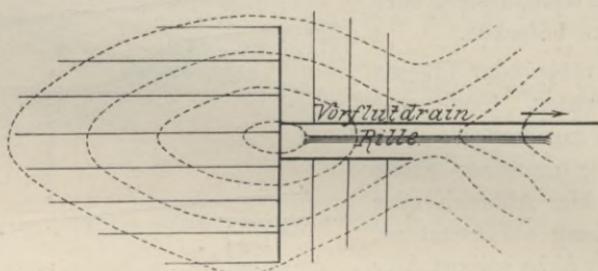


Fig. 424. Drainage einer flachen Mulde.

zum Einsickern in den schwer durchlässigen Boden und zum Abflufs 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, dafs 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. 424). Eine solche Rille mit ihren flachen Böschungen wird bei der Bestellung des Landes durchackert; sie beschränkt also die Tätigkeit des Landwirts nicht, verhütet aber, dafs 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 seit-

wärts neben ihr. Auch ist es nicht zulässig, sie mit Saugdrains zu kreuzen. Denn bei der mitunter starken Wasserführung in der Rille würden die unterhalb liegenden Drainteile gefährdet sein.

### § 55.

**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 Sauger nivelliert, die schwaches Gefälle haben. (S. die Nivellements-pfähle *a* in Fig. 425 und 426.) 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. § 56) und in dem so hergestellten niedrigen begehbaren Graben, möglichst nahe neben jedem Nivellements-pfahl, ein zweiter Pfahl (*Beipfahl*) geschlagen (Pfähle *b* in Fig. 425 und 426). 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 abgezogen. Das Maß, um welches diese Differenz das Stichmaß überschreitet, ist maßgebend für die Tiefe der Beipfähle unter dem ersten Pfahlkopf. Nach diesem Maß wird unter Benutzung von Meterstock, Latte und Wasserwage der Beipfahl eingeschlagen (s. Fig. 426).

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. 425). 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. 425 und 427) und die nur um ein geringes Maß hervortretenden Köpfe dieser Pflocke durch eine *Schnur* verbunden (*e* in Fig. 425 und 427). 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

Fig. 425.

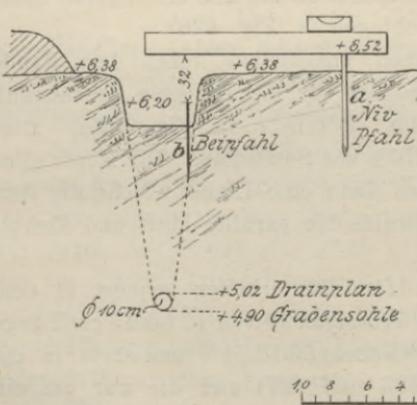
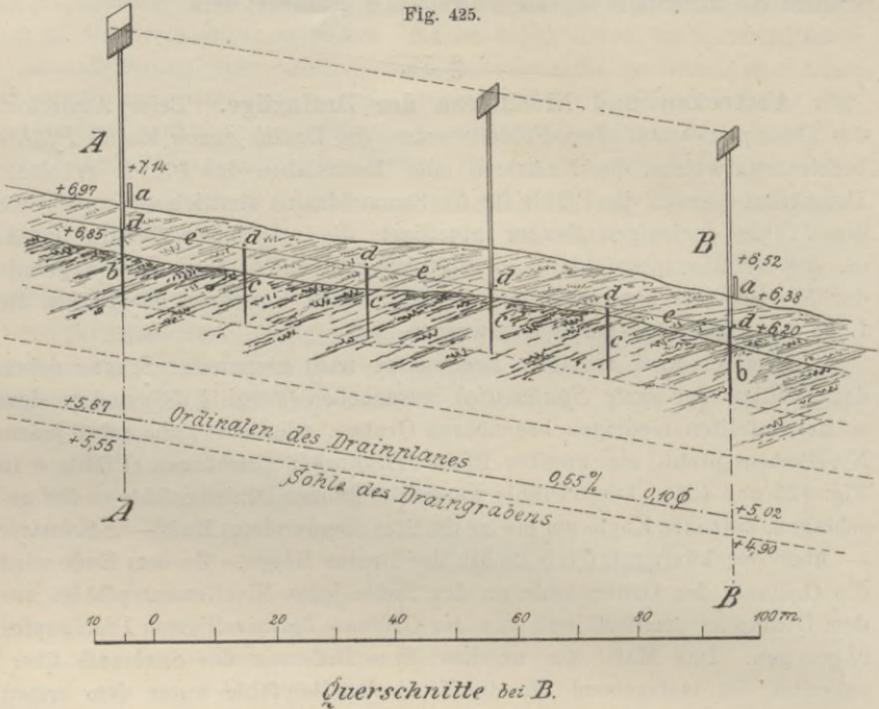


Fig. 426.

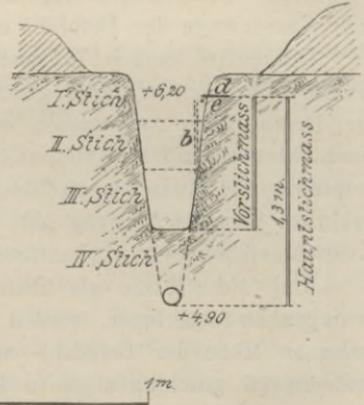


Fig. 427.

Fig. 425 bis 427. Nivellieren der Drainzüge.

der Höhe des letzten Drainspatens entspricht. Um dies zu erleichtern, empfiehlt es sich, den Arbeitern für die Ausführung des vorletzten Spaten-

stiches ein *Vorstichmafs* (s. Fig. 427) an die Hand zu geben. Bei Aushebung des letzten sehr schmalen und hohen Spatenstiches (s. § 56) sind Stiche ungleicher Tiefe zum Gewinnen der Drainsohle nur sehr schwer auszuführen. Sie müssen daher vermieden werden. Der Drainspaten wird tief und gleichmäfsig geführt: die erreichte Sohle entspricht dann der vorgeschriebenen Sohle des Draingrabens.

Die Figuren 425 bis 427 werden vorstehendes erläutern. Ein Sammeldrain von 10 cm Weite soll mit 0,65 ‰ Gefälle verlegt werden (vergl. Sammler *a* in Fig. 419). An der Stelle *A* in Fig. 425 hatte das Gelände 6,97 m, der Kopf des Nivellementsprofahles 7,14 m Höhe; an der Stelle *B*, 100 m abwärts, war die Höhe des Geländes 6,38 m, die Höhe des Nivellementsprofahlkopfes 6,52 m.

Nach dem Entwurf soll der Drain so verlegt werden, dafs sein Scheitel bei *A* auf + 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 Stichmafes soll 1,30 m betragen. Es mufs 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 mufs der Beipfahl bei *A* um  $7,14 - 6,85 = 0,29$  m, der bei *B* um  $6,52 - 6,20 = 0,32$  m tiefer eingeschlagen werden, als der Kopf des benachbarten Nivellementsprofahles sich befindet. Das Einschlagen der Pfähle auf diese Höhe geschieht nach Fig. 426 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, dafs sie überall gleich grofs ist. Die Benutzung der Setztafeln, mit deren Hilfe die Pfähle auf die erforderliche Tiefe eingetrieben werden, veranschaulicht Fig. 425. Es wird über die Setztafel bei *B* hinweg nach der bei *A* visiert und jeder Zwischenpfahl (*c*) solange 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, dafs 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, dafs 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 Vorstichmafes bestimmt und die Arbeit so geleitet, dafs die ungleich-

mäßigen Erhöhungen des Geländes mit dem vorletzten Spatenstich ausgeglichen sind.

### § 56.

**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 Saugdrains, 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 Saugdrains.

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. Man hat, um diese Arbeit auszuführen, Pflüge und Baggermaschinen erbaut, die durch Pferde oder eine mechanische Kraft in Bewegung gesetzt werden. So rührt von Fowler ein Dampf pflug zum Grabenziehen her,<sup>1)</sup> von Buckeye eine durch Dampf betriebene Trockenbaggermaschine,<sup>2)</sup> von der Firma van Buren Heck & Marwin Co. in Findley-Ohio, ein mechanischer Grabenzieher, bestehend aus einem Baggerrad mit Dampfmaschine und Kessel,<sup>3)</sup> von dem Gutsbesitzer L. Elten in Wilhelmstal bei Eckernförde ein von Pferden gezogener Drainagepflug<sup>4)</sup> u. a. m. Alle diese Maschinen haben sich wohl in gleichmäßigen, aber nicht in ungleichmäßigem Gelände bewährt. Und das ist erklärlich. Denn die Maschinen arbeiten von der Geländehöhe aus in

<sup>1)</sup> Abbildung bei Spöttle, Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften 1907, 7. Bd., S. 117.

<sup>2)</sup> The Buckeye Traction Dilcher im Scientific Amerikan 1904, S. 177.

<sup>3)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1906, S. 175; Abbildung im „Kulturtechniker“ 1908, S. 179.

<sup>4)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 390.

gleichmäßigen Tiefen; sie vermögen daher nur Gräben herzustellen, deren Sohlen dem Gelände parallel verlaufen. Das genügt aber für Drainagen nicht. Hier muß der Graben ohne Rücksicht auf die Erhöhungen oder Vertiefungen des Geländes ein bestimmt vorgeschriebenes, gleichmäßig durchlaufendes Gefälle erhalten. Diese Aufgabe haben die Maschinen bisher noch nicht zu lösen vermocht.

Man ist daher bei Herstellung der Draingräben noch immer auf die Handarbeit angewiesen. Man benutzt dazu ein sogen. *Drainbesteck*. Es ist dies eine Reihe Spaten verschiedener Breite und Höhe (Fig. 428 bis 431), die nacheinander benutzt werden, je nachdem der oben breit

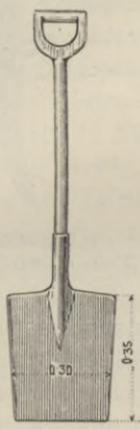


Fig. 428.

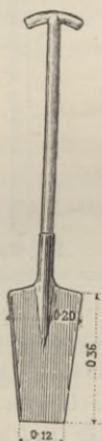


Fig. 429.



Fig. 430.

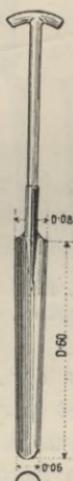


Fig. 431.

Drainspaten (Drainbesteck).

angelegte Graben in der Tiefe schmaler wird. Um beim Arbeiten ein Brechen des Stieles zu verhüten, empfiehlt es sich, nach Fig. 432 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. 428); 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. 430). Fig. 431 stellt einen sehr hohen Stichspaten mit gekrümmtem Blatt dar.

Beim Ausheben wird die Ackerkrume auf die eine, der Untergrund auf die andere Seite des Grabens geworfen. Es empfiehlt sich, die Stiche unter spitzem Winkel gegen den Grabenrand zu führen, da dann am leichtesten glatte Wandungen entstehen. Man bemüht sich, beim Fort-

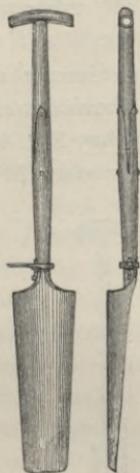


Fig. 432.  
Drainspaten.

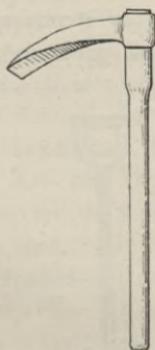


Fig. 433.  
Rodehacke.

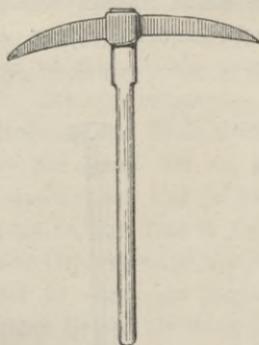


Fig. 434.  
Picke od. Spitzhaue.

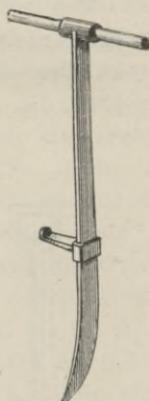


Fig. 435.  
Fufs- od. Stofspickel.

schreiten der Arbeit die Sohle des Aushubgrabens so auszubilden, dafs sie möglichst parallel der künftigen Drainsohle wird. Bei dem vorletzten Stiche müssen die Ungleichheiten des Geländes ausgeglichen sein, so dafs man den letzten Spaten nur gleichmäfsig tief zu führen braucht, um die vorgeschriebene Sohlenlage zu erhalten.

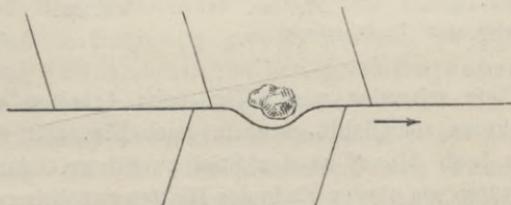


Fig. 436. Umgehen von grossen Steinen.

Zum Ausheben von Wurzeln und Steinen, zum Lockern von festen oder steinigen Böden, sowie für andere Arbeiten zur Beseitigung von Hindernissen sind Rodehacken

(Fig. 433), Picken oder Spitzhauen (Fig. 434) und Fufs- oder Stofspickel (Fig. 435) 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 hergestellte Seitengruben zu versenken oder endlich durch eine bogenförmige Führung des Drainstranges zu umgehen (Fig. 436).

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 6 bis 12 Pfg. für das Meter, bei 1,50 m Tiefe 9 bis 18 Pfg., bei 2 m 13 bis 25 Pfg., je nach Tagelohn der Arbeiter und Schwere des Bodens. Die tägliche Leistung eines Arbeiters bei 10 stündiger 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 „

### § 57.

**Verlegen der Drainröhren.** Nach Herstellung der Draingräben sind die Röhren von den Lagerplätzen längs der Gräben zu *verteilen*. 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. 437 und 438). Die Hohlkelle wird vorwärtsgehend geführt, der Schwanenhals beim Rückwärtsgehen. 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 *Sohlenstamper* gebraucht, ein halbkreisförmig ausgearbeitetes Stück Holz von ungefähr 0,5 m Länge mit lotrecht befestigtem langen Stiel (Fig. 439). Nach der Bearbeitung mit diesen Geräten muß die Grabensohle wie ge-

hobelt 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

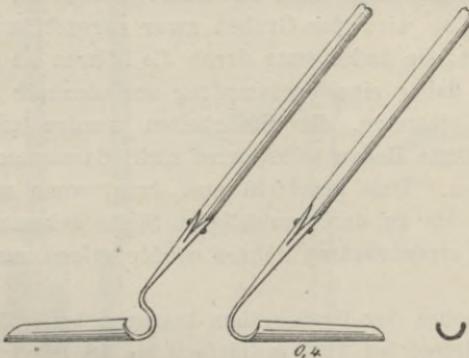


Fig. 437.  
Hohlkelle.

Fig. 438.  
Schwanenhals.



Fig. 439.  
Sohlenstampfer.

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 Verschlammlung hervorrufen.

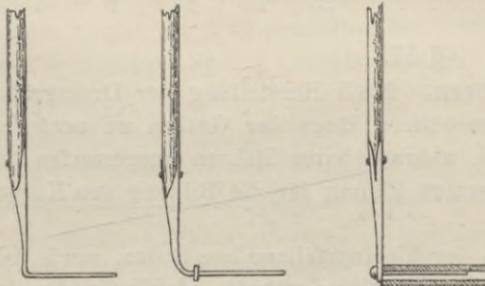


Fig. 440.

Fig. 441.  
Legehaken.

Fig. 442.

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. 440 bis 442). Das Eisen muß kürzer sein als die aufgesteckte Röhre (vergl. Fig. 442), 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. 443) so zu drehen, daß die Krümmung nie oben oder unten, sondern stets

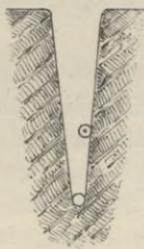


Fig. 443.

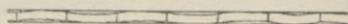


Fig. 444.

Verlegen der Drainröhren mittels des Legehakens.

an einer Seite sich befindet, und zwar in abwechselnder Folge, bald rechts, bald links (vergl. Fig. 444). 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.

War der Graben richtig abgesteckt und nivelliert worden, so gewinnt der Drainstrang bei diesem Verfahren eine sehr genaue Lage; die Benutzung anderer Hilfsmittel, wie Wasserröhre oder dergl., ist nicht nötig. Bei *Unterbrechungen*

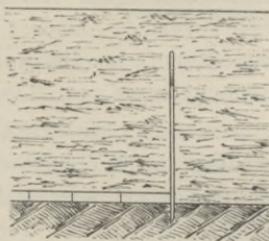


Fig. 445.

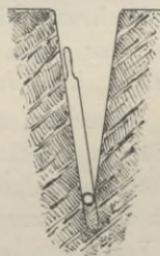


Fig. 446.

Sperrbrettchen bei Unterbrechungen der Arbeit.

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 (s. Fig. 445 und 446). Vor dem Einschieben in die letzte Fuge muß gewarnt werden, weil es leicht vorkommt, daß dann beim Wiederaufnehmen der Arbeit die Beseitigung des Verschlussstückes von den Arbeitern vergessen wird!

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 Graben-Arbeitern folgen; die Leistung in einer Stunde beträgt durchschnittlich 25 m, der Kostenaufwand für das Meter Grabenlänge ungefähr 1 bis 1,5 Pf.

### § 58.

**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 „Verstecken“. 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.<sup>1)</sup> Andere Bedeckungen von Ton, Lehm, Kies oder Lohe, in ungefähr 15 cm Stärke, sind nur bei Trieb sand angebracht, um Verschlämmungen 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, so daß nach dem Setzen des Bodens eine ebene Oberfläche entsteht. Die Kosten des Verfüllens betragen gewöhnlich  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{6}$  der Aushubkosten.

### § 59.

**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.

<sup>1)</sup> Vergl. die Erörterungen hierüber im „Kulturtechniker“ 1902, S. 4 ff.

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. § 60), so kann man nach folgendem bewährten Verfahren die Verbindung mit Dachstein- und Drainrohrstücken in Zement mauern lassen.

Zwischen zwei Sammelröhren wird das Saugrohr 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

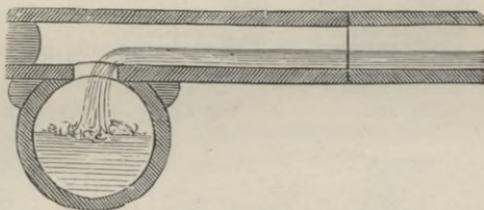


Fig. 447. Verbindung zweier Drains durch Überdeckung ohne Formsteine.

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 Saugdrain geschlagen. Sie müssen, aufeinandergelegt, gut passen. Die Fuge wird dann (nach Fig. 447) mit einem Tonwulst verklebt, und das Ende des Saugdrains durch ein passend bearbeitetes, in Ton gebettetes Dachsteinstück geschlossen. Dieser Abschluß ist nötig, um Auswaschungen des Bodens durch den Wasserstofs zu vermeiden.

Bei Ausführung der Drainrohrverbindungen im allgemeinen werden folgende *praktische Winke* empfohlen: Das letzte Stück des Saugdrains muß stets auf gewachsenem Boden ruhen (s. Fig. 448). Nur dann findet es ein gutes Auflager und ist der Schluß der Verbindung gesichert. War der Draingraben an der Verbindungsstelle zu breit oder zu tief ausgehoben, so daß das Saugrohr auf dem Sammeldrain zwar sicher, mit dem anderen

Ende auf eingefülltem Boden aber unsicher ruht (Fig. 449), so wird es sich hier setzen und die Verbindung lockern. Es darf daher die Verbindung zweier Drains nie nach Fig. 449, sondern nur nach Fig. 448 geschehen. Ferner: eine zu spitze Verbindung der beiden Drains ist zu vermeiden. Denn dann hat das Saugrohr nie eine sichere und ruhige Lage (s. Fig. 451). Spitzwinklig den Sammler treffende Sauger sind vorher zur Vergrößerung des Winkels bogenförmig zu führen (vergl. Fig. 450). Endlich sind bei Verbindungen mit Überdeckung die Arbeiter darin zu üben, daß sie die Grabensohle für die Sauger stets höher anstehen lassen,

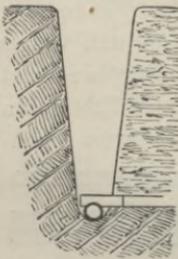


Fig. 448.

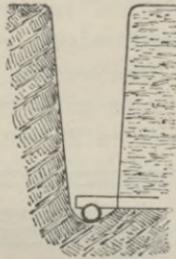


Fig. 449.

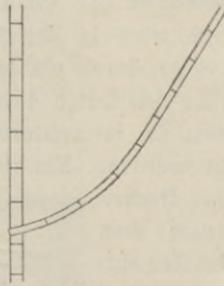


Fig. 450.

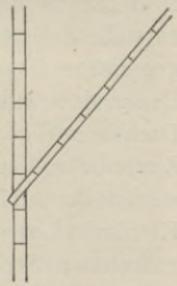


Fig. 451.

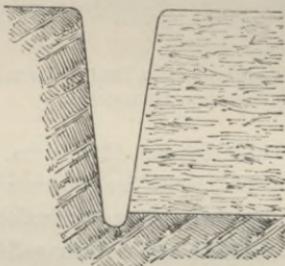


Fig. 452.

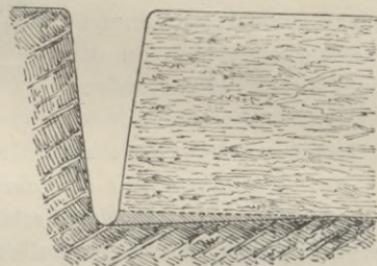


Fig. 453.

Fig. 448 bis 453. Fehler bei Ausführung von Rohrverbindungen und ihre Berichtigung.

als die Sohle des Sammlers (s. Fig. 452). 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. 453, 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.

### § 60.

**Formstücke zur Verbindung der Drains.** Um die Verbindung der Drainröhren zu erleichtern, hat man entweder besondere Formstücke

zwischen die Drains eingeschaltet oder den zu verbindenden Drainröhren besondere Formen gegeben. Besondere Formstücke wurden von Weigmann und Wodicka erfunden. Beide stellen dazu aus Beton einen Kunststein her, der neben einer durchgehenden Öffnung für den Sammel-drain eine Seitenöffnung zur Aufnahme des Saugdrains enthält. Dieser Stein wird an der Verbindungsstelle in die Drainage eingebettet. Die nächsten Röhren des Sammlers sowohl wie des Saugers finden ihr Auflager in dem Stein selbst. Fig. 454 stellt den Formstein von Weigmann dar. Die Auflager für die Drainröhren werden dadurch gewonnen, daß der Stein hier erweiterte Öffnungen erhalten hat. Diese Öffnungen sind von Weigmann kugelförmig ausgebildet. Sie ermöglichen durch ihre Erweiterungen, daß Drainröhren von verschiedenen Durchmessern passend eingeschoben werden können. Nach der Weite der Drainröhren sind auch Betonsteine von verschiedenen Größen erforderlich. Gewöhnlich genügen 6 Größen für alle vorkommenden Verbindungen. Die Steine

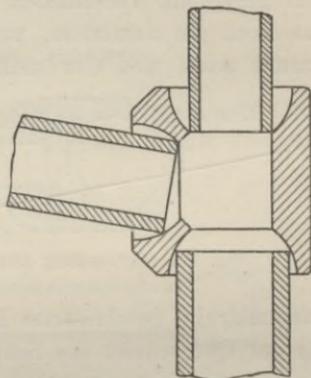


Fig. 454. Formstück nach Weigmann.

erhalten eine horizontale Fuge, bestehen daher aus einer unteren und einer oberen Hälfte, die einander genau gleich sind und beim Versetzen aufeinander gelegt werden. Zur Herstellung der Steine genügen daher eiserne Formen, welche für jeden Stein die innere Gestalt der Hälfte ausdrücken. In diese Formen wird der Beton nach dem Mischungsverhältnis 1 Teil Zement + 5 Teile Sand fest eingestampft. Die Weigmannschen Steine (D. R.-P. 155078) werden von den Vereinigten Dampfziegeleien A.-G. in Ingolstadt hergestellt. Die Wodickaschen Formsteine unterscheiden sich von denen Weigmanns nur dadurch, daß die Anschlußöffnungen nicht kugelförmig, sondern kegelförmig ausgebildet sind. Wir sind geneigt, den kugelförmigen Anschlüssen den Vorzug zu geben, weil sie bei schräger Einführung der Drainröhren eine dichtere Verbindung gewährleisten als die kegelförmigen Anschlüsse.

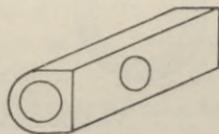


Fig. 455 D-förmiges Formstück zur Verbindung der Drains.

Besonders geformte Drainröhren zur Erleichterung der Verbindung zweier Drainstränge gewinnt man dadurch, daß man in die Drainrohrpresse (s. Fig. 501 bis 506, S. 473 und 474) ein Mundstück einlegt, welches statt eines vollkommen runden, ein im Querschnitt **D**-förmig gestaltetes Drainrohr ergibt. In dies Rohr schneidet man von der Seite,

solange das Rohr grün, d. h. noch nicht ganz getrocknet ist, ein Loch von der Größe der Saugerweite oder der Weite des anschließenden Sammlers. Man erhält dann ein Drainrohr nach Fig. 455. Für die Sauger sind besondere Formstücke nicht nötig, sobald die Verbindung in gleicher Höhe ausgeführt werden soll. Sie sind dann nur (nach Fig. 456 durch Lehmverstrich in ihrer Lage zu erhalten. Größere Sicherheit 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 Saugrohr umfaßt. Das in den

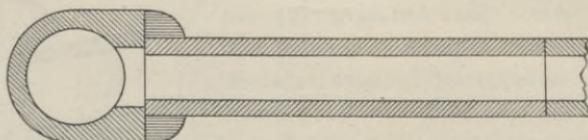


Fig. 456. Verbindung zweier Drains in gleicher Höhe durch Formsteine.

Sammeldrain geschnittene Loch darf wohl größer, nie aber kleiner sein, als der Querschnitt des Saugrohres.

Derselbe Sammeldrain-Formstein läßt sich auch zur Verbindung *mit Überdeckung* verwenden. Es sind dann aber ähnliche D-förmige Stücke auch für die Saugdrains nötig. Diese werden an dem einen Ende geschlossen und neben dem Abschluß mit einem in der geraden Seitenwand

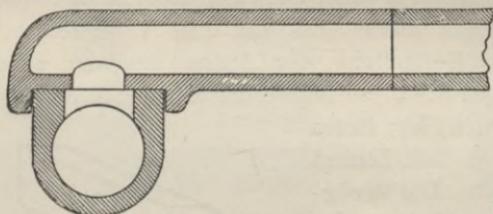


Fig. 457.

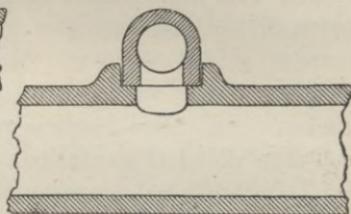


Fig. 458.

Verbindung zweier Drains durch Formsteine mit Überdeckung.

grün eingeschnittenen Loch ausgestattet. Dem Verschieben der Röhren wird durch je zwei Nasen auf den geraden Außenflächen begegnet (Fig. 457 und 458).

Die nach den Angaben des städtischen Drainage-Ingenieurs Esser in Berlin von der Firma Specht in Sorau N.-L. hergestellten Loch- und Hakenröhren sind nach demselben Grundsatz gebildet. Die Lochröhre (Fig. 459) wird aus einer gewöhnlichen Drainröhre gewonnen, indem ein Seitenloch in die grüne Röhre eingeschnitten und der Rand des Loches durch einen Wulst umkleidet wird, den man in etwa 1 cm Höhe glatt und eben abschneidet. Zur Bildung der Hakenröhre (Fig. 460) wird ein Saugrohr gleichfalls im grünen Zustande an einem Ende geschlossen und

daneben eine Seitenöffnung eingeschnitten, die wiederum eine 15 cm hohe wulstartige Umkleidung erhält. Derartige Röhren haben sich gut bewährt und finden immer mehr Anerkennung und Verwendung. Die Hakenröhren

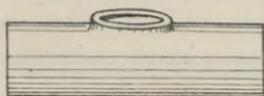


Fig. 459. Lochröhre.

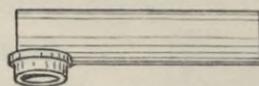


Fig. 460. Hakenröhre.

der Schmiedeberger Tonwerke G. R. Frohne in Schmiedeberg (Bez. Halle) haben an den Enden die trichterförmige Ausbildung nach Fig. 461.

Die Übergänge von einem engen Sammelstrang in einen weiteren werden gewöhnlich durch stumpfen Stofs ausgeführt. Es empfiehlt sich,

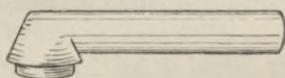


Fig. 461. Hakenröhre  
(zum Einmünden in obenstehende Lochröhre).

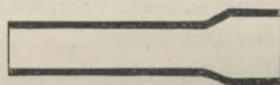


Fig. 462. Übergangsröhre.

auch hier die besonders geformten Übergangsröhren (Fig. 462) zu verwenden, welche sowohl von Specht, wie von Frohne hergestellt werden.

## § 61.

**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 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. 463 und 464. 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. § 64), so

mufs das innere Breitenmafs des Kastens erheblich gröfser sein; es empfiehlt sich, es gleich dem äufseren Durchmesser des Sammeldrains zu wählen. Kleine Leisten an den inneren Seitenwänden des Kastens vermitteln den Stofs mit dem Drainrohr (Fig. 465 und 466). Um das Verlegen des Kastens genau in Höhe der inneren Sohle des Drainrohres sicherzustellen,

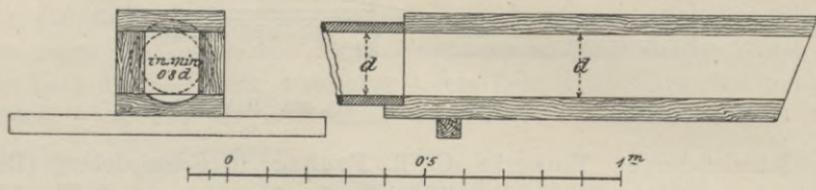


Fig. 463.

Fig. 464.

Hölzerne Ausmündungskästen ohne Gitter.

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 eine gröfsere Länge erforderlich, unter Umständen bis 5 und 6 m. Am

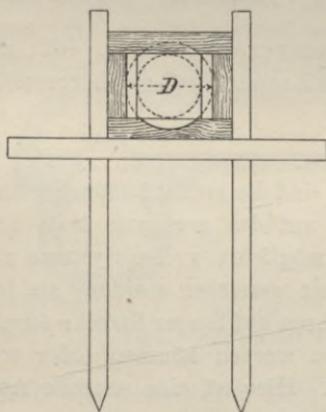


Fig. 465.

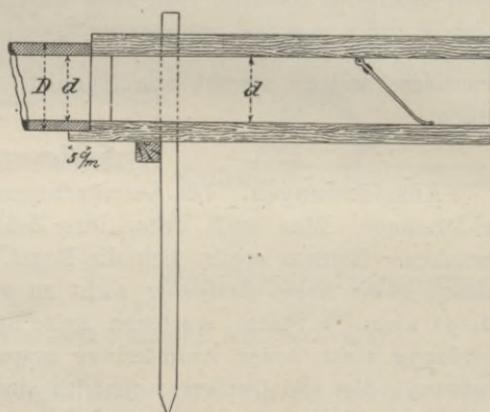


Fig. 466.

Hölzerne Ausmündungskästen mit Gitter.

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. 463 und 464). Will man noch gröfsere Sicherheit in dieser Hinsicht erreichen, so schlägt man vor der Querleiste zwei Pfähle ein (Fig. 465 und 466).

*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 wurden deshalb früher hauptsächlich da angewandt, wo man verstand, die Röhren an Ort und Stelle zu fertigen. Die Ausbildung jedoch, welche der Zementbau in den letzten Jahren gefunden hat, hat auch dazu geführt, Ausmündungen aus Zement mehr anzuwenden als bisher. Fig. 467 zeigt die von Kulturingenieur R. Breitenbach in Königsberg i. Pr. entworfene Ausmündung. Sie ist nicht rund wie gewöhnliche Zementröhren, sondern viereckig geformt wie hölzerne Drainkasten. An der Rückseite enthält sie eine Muffe zur Aufnahme des Drainrohres und an der Vorderseite ein um horizontale Achse drehbares Gitter. Zur Aufnahme dieses Gitters und zum Ausgleich der von den Gitterstäben veranlafsten

Querschnittsverengung wird die Sohle der Ausmündung vertieft. Für Drainagen, welche unter Rückstau leiden, stellt Breitenbach statt des Gitters eine Rückstauklappe ein, deren Gewicht durch ein unter  $70^{\circ}$  geneig-

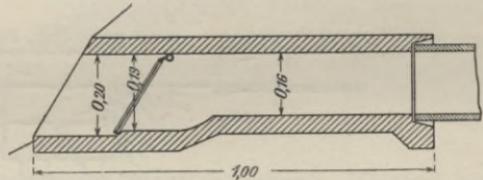


Fig. 467. Zement-Ausmündung von Breitenbach.

tes Gitter teilweise ausgeglichen ist.<sup>1)</sup> Die Länge der Zementausmündungen beträgt 0,8 bis 1 m. Sie werden hergestellt von der Zementwarenfabrik B. Liebold & Co., A.-G. in Holzminden in Weiten von 8 bis 21 cm. Ein 16 cm weiter Kasten mit einfachem Gitter kostet 7,40 M.

Der Breitenbachschen Form sehr ähnlich ist der Bendersche Drainausflussskasten aus Beton mit Klappengitter, welcher von der Zementwarenfabrik Windschild & Langelott in Cossebaude bei Dresden gleichfalls in Weiten von 8 bis 20 cm hergestellt wird.<sup>2)</sup> Er unterscheidet sich von dem Breitenbachschen dadurch, daß die Mündung nur um soviel vergrößert wird, als zum Anschlag des Gitters erforderlich ist. Alle Kästen müssen zuverlässig gelagert werden, weil sonst die Gefahr vorliegt, daß die Zementkästen wegen ihrer Schwere tiefer absacken, als die leichten Drainrohre, und dann die Querschnitte am Rost verengt werden. Der Preis eines 16 cm weiten Ausmündungsstückes beträgt 6,40 M.

<sup>1)</sup> Abbildung im „Kulturtechniker“ 1903, S. 293.

<sup>2)</sup> Abbildung s. Spöttle, Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften, III. Teil, 7. Bd., 1907, S. 177.

*Ausmündungen aus Eisen* sind sehr gebräuchlich und haben sich im allgemeinen 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. 468).

Ein Nachteil der gußeisernen Röhren ist die Zerbrechlichkeit der verhältnismäßig dünnen Röhren während der Beförderung und der Umstand, daß sie oft mutwillig an den frei vor der Grabenböschung vortretenden Enden zerstört werden. Man hat deshalb vorgeschlagen, die Ausmündungen aus *Mannesmann-Stahlrohren* herzustellen, einem Material, welches bei größter Leichtigkeit viel größere Festigkeit besitzt als Guß-

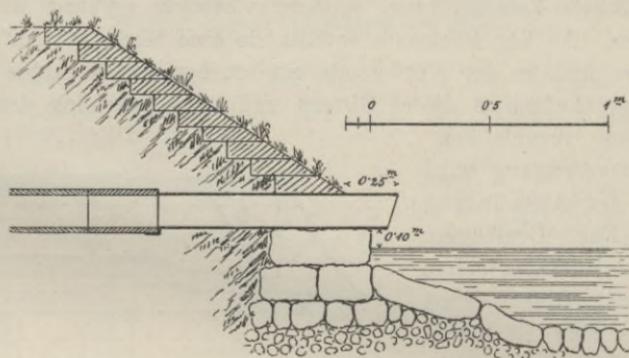


Fig. 468. Eiserne Ausmündung ohne Gitter.

eisen, und welches sich deshalb sowohl für den Versand, wie für das Verlegen gut eignet. Es muß wie das Gußrohr asphaltiert werden.

## § 62.

**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 (§§ 63 bis 65).

Die Unterhaltung der Ausmündungen verlangt besondere Sorgfalt. Denn hier, wo die Drainage zutage tritt, kommen Beschädigungen am leichtesten vor, und diese Beschädigungen haben eine weitreichende Wirkung, weil die Ausmündung die Vorflut für das ganze Drainsystem bildet. Es ist deshalb nötig, die Drainage-Ausmündungen und die benachbarten Teile der Vorflutgräben im Auge zu behalten und gut zu unterhalten. Der Vorschlag des Kulturingenieurs Kallinke in Lissa (Kulturtechniker 1903 S. 88), über jedem Ausflufs an dem Grabenrand einen Stein zu setzen und diesen jedes Frühjahr frisch kalken zu lassen, verdient Beachtung. Selbstverständlich mufs mit der Kalkung eine genaue Besichtigung des Ausflusses und des Vorfluters und nach Erfordernis die Instandsetzung beider stattfinden.

### § 63.

**Sicherung der Ausmündungen durch Klappen.** Klappen vor den Ausmündungen haben den Vorzug, dafs sie die Drainagen nach aufsen

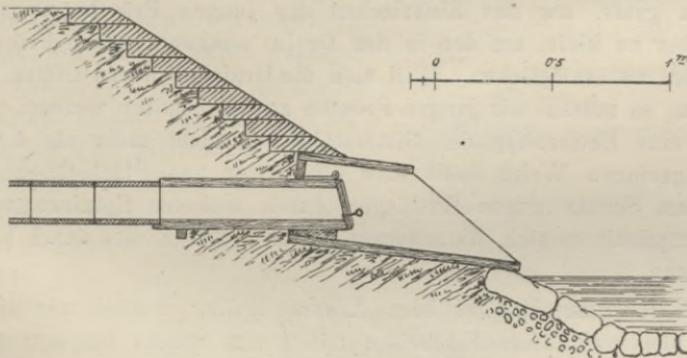


Fig. 469. Ausmündung mit Klappe.

ganz verschliessen. Sie sind deshalb da angebracht, wo das Hochwasser des Vorfluters nachteilig auf die Drainage wirken könnte. Um manchen anderen Übelständen zu begegnen, haben sie aber folgende Bedingungen zu erfüllen (Fig. 469):

1. Die Klappen dürfen nicht zu schräg hängen, sonst bieten sie dem Austritt des Wassers zu grossen Widerstand, sie verursachen einen Druck-

höhenverlust. 2. Das Scharnier muß so befestigt sein, daß die Klappe sich ohne zu klemmen, abheben kann. 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, so daß 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 Vorsichtsmaßregeln besteht immer noch der Nachteil, daß 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.

### § 64.

**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 Eisenverbindungen oder Algen neigt. Die früher gebräuchlichen Verschlüsse durch Drahtstäbe, gebogenen Draht, gelochte Bleche, fertige Gitter, gelochte gußeiserne 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 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, daß 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 Draintechniker Mannskopf in Ratibor herrührenden Vorschlage, wie Fig. 470 und 471 zeigen,

hergestellt werden. Die flachen Stäbe haben 4 mm Entfernung, die Drehachse wird durch Löcher in den Seitenwänden des Kastens gezogen.

4. *Sohlengitter* 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 (Fig. 472). Unterhalb des Bleches setzt sich die Ausmündung in einer zweiten, vorn offenen Kammer 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 sich gut bewährt. Sie hat den Vorteil, daß

das Gitter auf der Sohle des Kastens beliebig lang ausgedehnt werden kann, so lang, daß eine völlige Verstopfung des Gitters durch den überlagerten Sand so gut wie ausgeschlossen ist; denn der Sand wird durch die Bewegung des Wassers nach vorn getrieben, und der hintere Teil des Gitters bleibt in einer für den Wasserabfluß genügenden Ausdehnung frei. Die Ausmündung ist für solche Verhältnisse gut geeignet, wo der Wasserstand in den Vorflutgräben genügend tief liegt. Fehlt dagegen die Vorflut in den Gräben, so macht sich bei der Bauart der Nachteil bemerkbar, daß die Tiefenlage der Ausmündung um die Höhe des unteren Kastenteils vermehrt wird.

5. Durch *Seitengitter* (Fig. 473 bis 481) wird dieser zuletzt erwähnte Übelstand vermieden, dennoch aber der beim Sohlengitter erwähnte Vorteil gewahrt, das Gitter beliebig groß ausdehnen zu können und es dadurch vor Versandungen zu schützen. Die Gitter werden 4 mm weit aus verzinktem Eisen hergestellt und an einer oder an beiden Seiten des Ausmündungskastens angebracht. Dementsprechend hat die Ausmündung eine oder zwei kurze Seitenkammern. Diese Seitenkammern sind vorn offen, die mittlere Hauptkammer aber wird durch eine, in Scharnieren schräg hängende, eiserne oder hölzerne Klappe geschlossen. Das Eindringen von Fröschen ist ausgeschlossen, die Sinkstoffe lagern sich am Ende des Kastens unmittelbar vor der Klappe nieder und können von

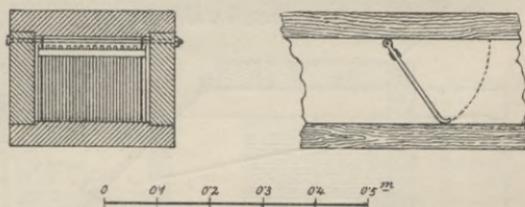


Fig. 470.

Fig. 471.

Drehbares Gitter nach Manskopf.

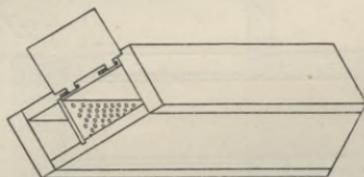


Fig. 472. Sohlengitter von Schlote.

Zeit zu Zeit leicht entfernt werden. Die Gitter können eine beliebige Ausdehnung erhalten, so daß selbst bei starker Schlammablagerung der Querschnitt der Ausmündung nicht beeinträchtigt wird; eine Senkung der Sohle des Vorflutgrabens ist nicht nötig.

Die Fig. 473 bis 475 zeigen den vorderen Teil eines Ausmündungskastens mit zwei Seitengittern, die Fig. 476 bis 481 den vollständigen Ausmündungskasten in einfacher Bauweise mit einseitigem Seitengitter für

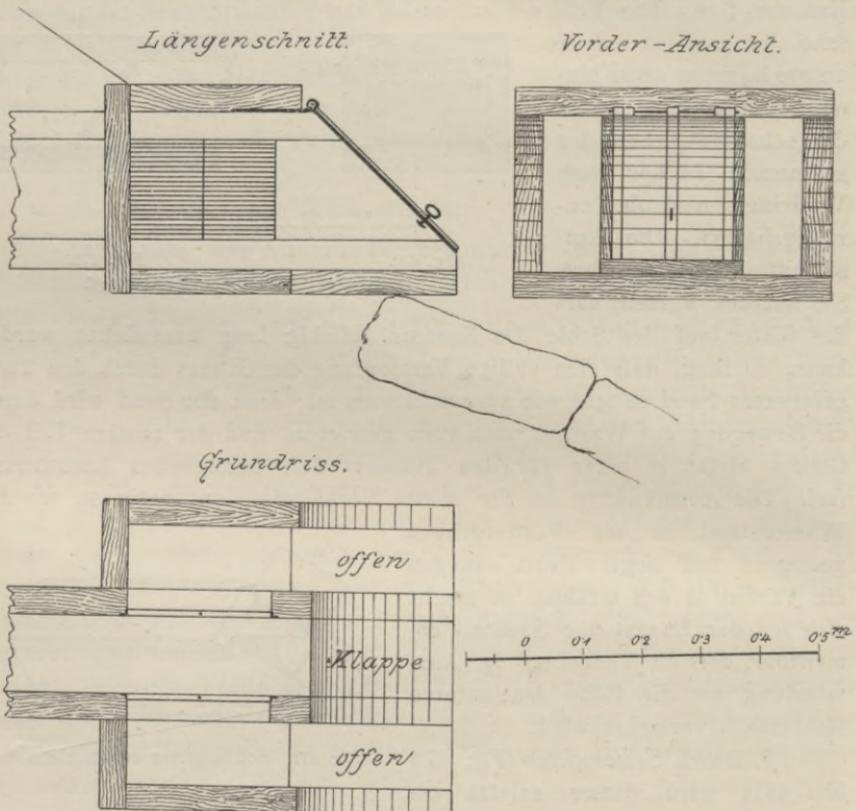


Fig. 473 bis 475. Ausmündung mit zwei Seitengittern. (Nach Gerhardt.)

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. 476 und 481 zeigen, daß der Raum hinter der

Klappe große Sinkstoffmengen aufnehmen kann, also die Gefahr der Verstopfung der Gitter, selbst bei seltener Reinigung, nicht besteht.

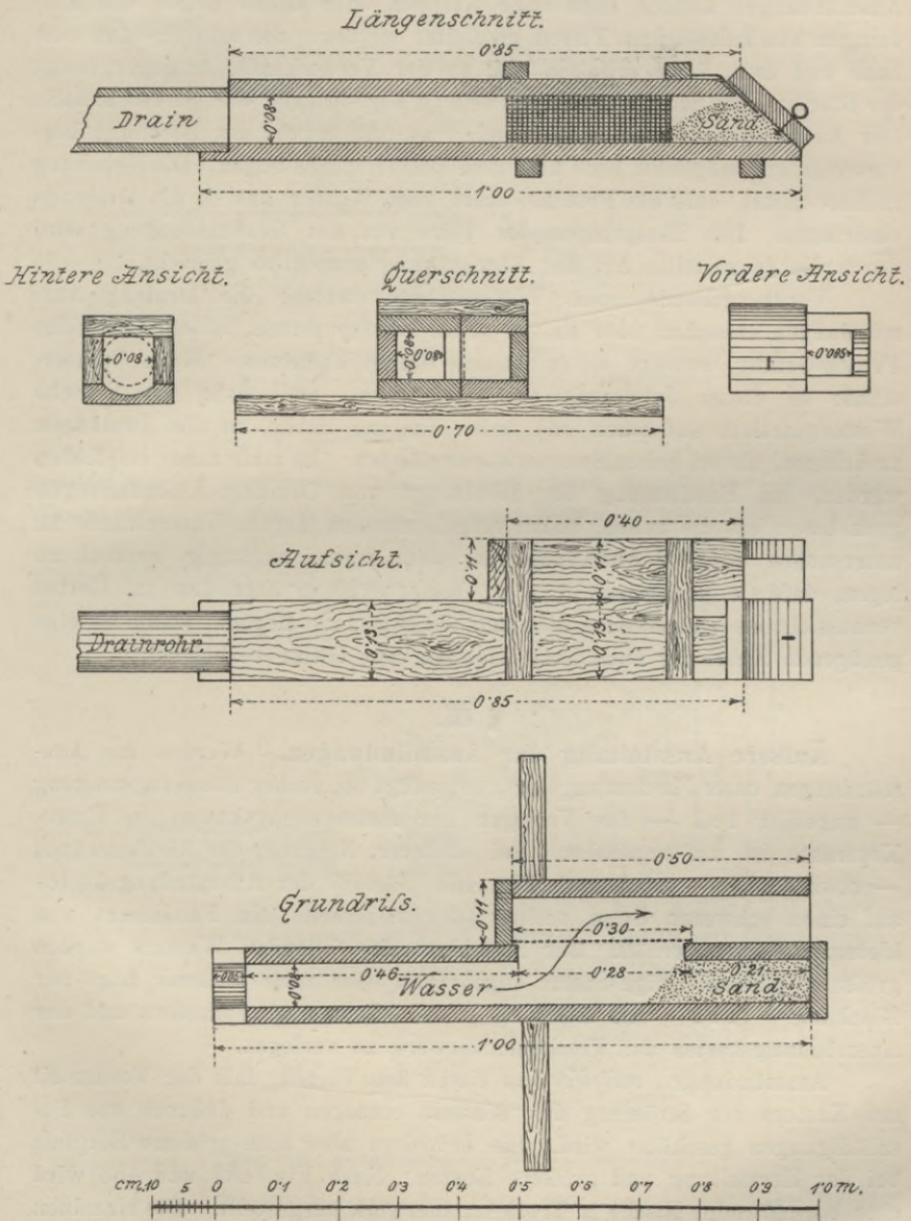


Fig. 476 bis 481. Hölzerner Ausmündungskasten mit einseitigem Seitengitter.  
(Nach Gerhardt.)

### § 65.

**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, abgescrägt sein (s. Fig. 464 und 468, S. 446 u. 448). Der Ausmündungskasten muß mindestens 0,25 m vor der Böschung hervortreten und möglichst hoch über dem Wasserstande liegen. 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 Abschragung unmöglich gemacht.

Vorübergehende hohe Wasserstände, welche die Drainage-Ausmündungen erreichen oder sie gar unter Wasser setzen, bilden noch keine Frosch-Gefahr, solange sie nicht im Herbst auftreten. Hohe Wasserstände in dieser Jahreszeit sind gefährlich, weil dann die Frösche Winterquartiere aufsuchen und mehr Neigung haben, in die Drainagen zu dringen, als bei hohen Sommerwasserständen. Es muß daher empfohlen werden, bei Bestimmung der Höhenlage von Drainage-Ausmündungen ganz besonders die hohen, bisher vorgekommenen Herbst-Wasserstände zu untersuchen und die Ausmündungen, wenn irgend angängig, so hoch zu legen, daß sie mindestens 0,10 m, besser 0,20 m über dem im Herbst voraussichtlich eintretenden höchsten Wasserstande liegen. Dann ist eine genügende Sicherung auch ohne Klappen oder Gitter vorhanden.

### § 66.

**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 Grabenwände — etwa 1:1,5 — wird nach Fig. 468 (S. 448) der Ausmündungskasten auf einen schweren Stein verlegt, der seinerseits ein Fundament von kleineren Steinen erhält. Zur Aufnahme des fallenden Wassers werden gröfsere, plattenförmige Steine angeordnet. Bei noch steilerer Lage der Böschung — 1:1 — ist diese mit grofsen 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 Beschädigungen geschützt wird. Sie erfordern aber eine gröfsere Sorgfalt bei der Herstellung und gröfsere Kosten. Nach Fig. 482 und 483 wird eine bogenförmige Nische in Trockenmauerwerk hergestellt. Die einzelnen möglichst grofs zu wählenden Steine sind auf ihrer besten Lagerfläche zu verlegen, gegeneinander durch Verzwicken mit kleinen Steinen zu stützen

und durch tiefes Abdichten der Fugen mit Moos zu befestigen. Die größten lagerhaften Steine müssen zum Tragen des Auslaufrohres verwendet werden.

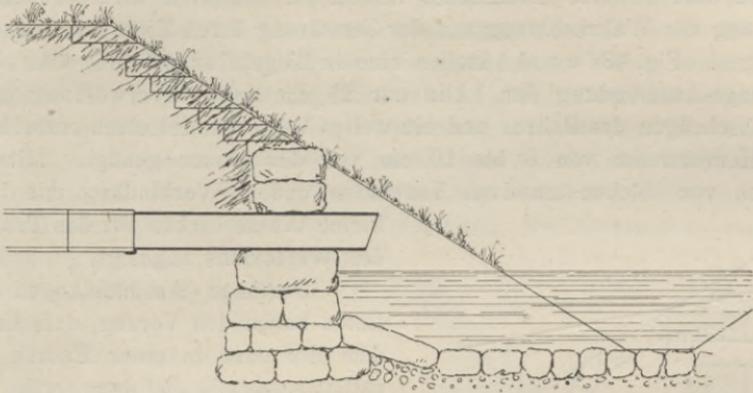


Fig. 482. Ausmündung mit Vorbau. Längenschnitt.

wendet werden und breite, plattenartige Steine unmittelbar unter dem Wasserabfluß auf der Sohle des Vorbaues liegen.

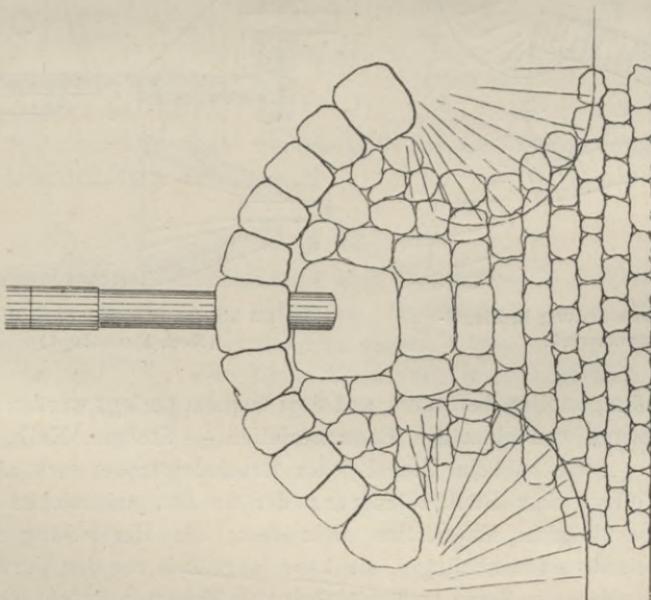


Fig. 483. Ausmündung mit Vorbau. Grundriß.

Statt des Trockenmauerwerkes kann man auch Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk in Zement- oder Kalkmörtel für die Vorbaue verwenden. Es werden dann statt der beim Trockenmauerwerk geschweiften Flügel

in der Regel geradlinige Flügelwände nach Art der bei Durchlässen üblichen hergestellt und diese Flügel auf kurzer Strecke durch große Platten oder Gewölbe miteinander verbunden. Dadurch wird die Ausflusmündung der Wahrnehmung und der Zerstörung durch Tiere und Menschen entzogen. Fig. 484 *a* und *b* stellen eine in Ziegeln ausgeführte überwölbte Drainage-Ausmündung dar. Die nur 25 cm breite Überwölbung macht das Abschrägen des Rohres und ein weites Vortreten desselben entbehrlich. Ein Hervortreten von 8 bis 10 cm von der Mauer genügt. Mitunter werden vor solchen massiven Vorbauten und in Verbindung mit ihnen kleine Wasserbecken für das Tränken des Weideviehs angelegt.

Drainage - Ausmündungen aus Beton haben den Vorzug, daß sie auf dem Hof oder in einer Fabrik vorrätig hergestellt und dann fertig nach

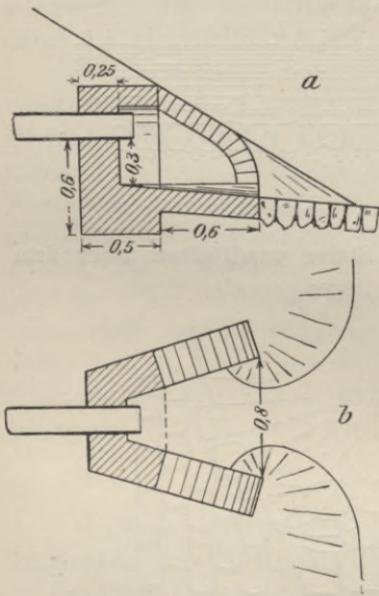


Fig. 484. Ausmündung in Ziegelmauerwerk.

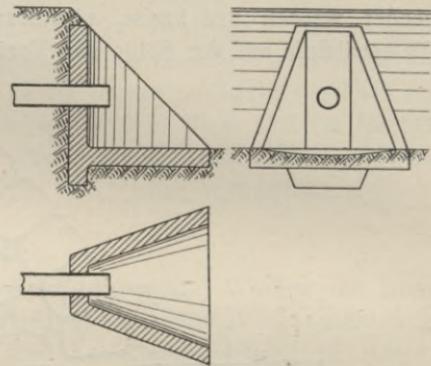


Fig. 485 bis 487. Ausmündung in Beton.  
(Nach Manskopf.)

den Verwendungsstellen befördert und dort bequem verlegt werden können. Die Beförderung von einzelnen Baumaterialien — Steinen, Kalk, Zement und dergl. —, wie es beim Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk nötig ist, und die Weiter- oder Rückbeförderung der an den zahlreichen kleinen Baustellen erübrigten Materialien fällt fort; die Herstellung ist von Witterungseinflüssen unabhängig, sie kann lange Zeit vor der Verwendung stattfinden, so daß der Beton genügend Zeit zum Erhärten findet. Derartige Ausmündungen werden durch Einstampfen in passende Formen hergestellt und erhalten mindesten 10 cm Dicke. Werden Drahteinlagen mit eingestampft, so kann die Dicke auf 8 cm beschränkt werden. Dadurch wird die Festigkeit erhöht, das Gewicht ermäßigt, die Beförderung erleichtert

und größere Sicherheit gegen Zerbrechen beim Abladen gewonnen. Die Drahteinlagen müssen an denjenigen Teilen angebracht werden, wo Zugspannungen im Beton entstehen, oder wo die Gefahr von Rissebildungen vorliegt, wie z. B. an den Übergangsstellen der Rückwand in die Flügelschalen. Fig. 485 bis 487 stellen eine Ausmündung aus Beton nach einem Vorschlage des Kulturingenieurs Mannskopf dar.<sup>1)</sup> Die Sohle ist zur Erleichterung des Wasserabflusses schalenartig ausgehöhlt. Ein an der Rückwand des Kastens angebrachter zahnartiger Ansatz, der tiefer als die Sohle reicht, soll dazu dienen, die Ausmündung vor dem Abdrücken durch Frost und den Druck des Erdreichs zu schützen. Die Kosten einer solchen Ausmündung werden von Mannskopf auf 10 bis 12 M. angegeben.

Statt des aus einem Stück in Stampfbeton errichteten Vorbaues empfiehlt Professor J. Spöttle die in Fig. 488 dargestellte, unter Benutzung eines Zementrohres gebildete Ausmündung. Das 30 bis 40 cm weite, runde, besonders geformte Böschungsstück erhält an der hinteren Seite ein mit einem runden Loch für das Ausmündungsrohr versehenes Abschlußstück aus Beton.<sup>2)</sup>

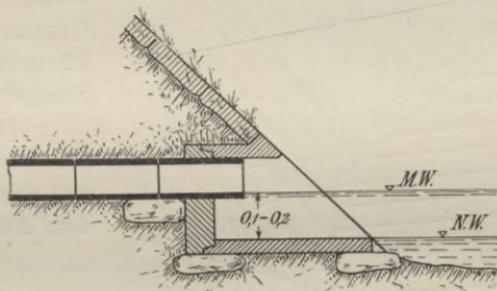


Fig. 488. Drainage-Ausmündung in Beton.  
(Nach Spöttle.)

## § 67.

**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 verschlammte, erhält aber dadurch gerade noch mehr Reibungswiderstände, es ist daher seine vollständige Verstopfung nur eine Frage

<sup>1)</sup> Der Kulturtechniker 1903, S. 195.

<sup>2)</sup> S. Handbuch der Ingenieur-Wissenschaft III. Bd., 7. Teil, 1907, S. 176.

der Zeit. 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. 489).

### § 68.

**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. § 13, S. 332). Sie sind vorwiegend bei der Längsdrainage, weniger bei der Querdrainage nötig (s. § 44). Man verlegt sie in ein Viertel bis zur halben Strangentfernung ( $e$  Fig. 490) 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

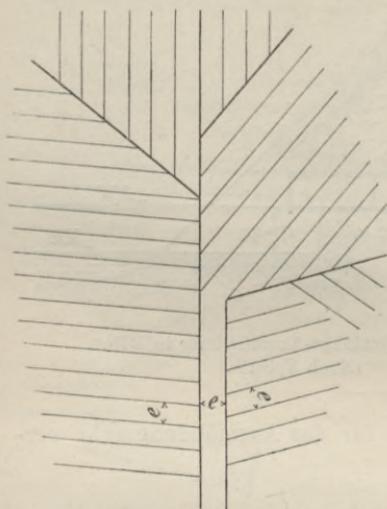


Fig. 489. Auflösung von Doppeldrains in zwei einfache Drainzüge.

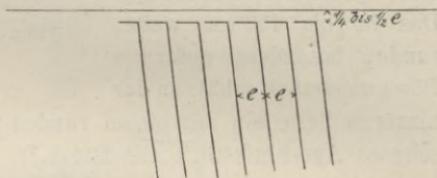


Fig. 490. Kopfdrains.

Abnehmen des Wasserzufflusses beobachtet wird, so genügt oft die Vermehrung 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. 492). 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. 491). Je stärker der Wasserzuffuß 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, so daß der Grundwasserspiegel hoch 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. 493).

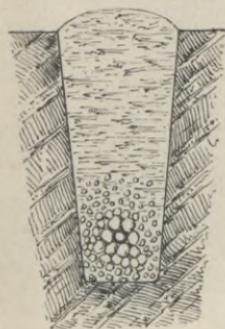


Fig. 491.

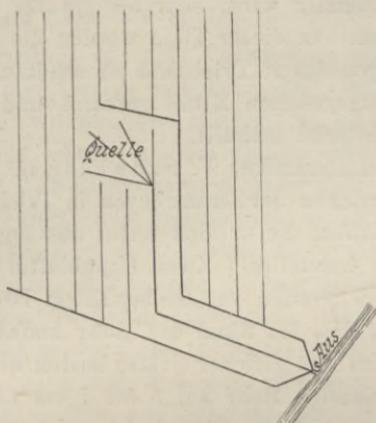


Fig. 492.  
Drainieren eisenschüssiger Quellen.

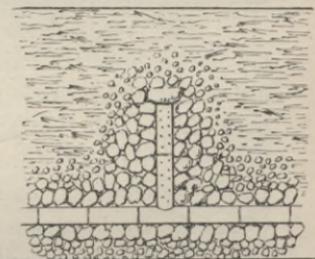


Fig. 493.

### § 69.

**Drains in Triebssand.** Triebssand 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 Röhren 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 oder einem der unten S. 461 angegebenen Mittel gebettet und an den Seiten und oben mit demselben Material umhüllt.

Der verstorbene Kulturtechniker V. Schweder in Gr.-Lichterfelde bei Berlin benutzte zum Verlegen der Drainröhren in Triebssand und Moorboden mit gutem Erfolg Muffen, die er sich selbst aus sogen. 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 vonstatten. Bei der rauhen Oberfläche der Drainröhren schließt die Umwicklung nie so dicht, um das Eindringen des Wassers zu verhindern, aber dicht genug, um den Triebssand zurück zu halten. In ähnlicher Weise hatte auch schon Vincent die Fugen der Drains gedeckt (§ 75).

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 zurückhalten.

An anderen Orten hat man zum Schutz gegen Triebssand die Röhren mit Muffenröhren überzogen, welche die Stöße der Drains bedeckten, oder auch die Drainröhren gänzlich in andere Röhren von größerem Durchmesser verlegt, so daß die ganze Leitung aus doppelten Röhren besteht. Die Stoßfugen der äußeren Röhren wurden dann mit Moos, Torfstreu oder dergl. bedeckt. Diesem Verfahren werden gute Erfolge nachgerühmt.

Viele Draintechniker haben sich damit begnügt, die Drainfugen mit fettem Ton zu umhüllen. Andere 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

Ton oder Lehm nur an der Oberfläche und an den Seiten für zweckmäfsig, betten im übrigen aber vorher die Röhren auf gesiebttem Kies. Dadurch wird dem Wasser das Eindringen in die Röhren ermöglicht und infolgedessen das Auflösen der Tonerde vermieden. Die Kiesschicht sorgt dafür, dafs Schlamm und feine Sandkörner zurückgehalten werden.

Im allgemeinen ist beim Vorkommen von Tribsand zu empfehlen, die Umhüllung der Drains mit Ton oder Lehm ganz zu vermeiden und sich mit einem durchlässigen Material zu begnügen. Dies muß aber in so dicker Schicht unten, an den Seiten und oberhalb der Drains aufgebracht werden, dafs Reibungswiderstände genügend vorhanden sind, um die schwimmenden Sandkörner festzuhalten, bevor sie an die Drainfuge gelangen. Als derartige durchlässige Mittel kommen in Betracht: Kies, besonders in gesiebttem Zustande, grober gesiebter Sand, Kohlenschlacke, Lohe, Torfstücke, Torfmull, Nadelstreu, Heidekraut, Moos und Mutterboden. Alle sind erprobt und für zweckmäfsig befunden. Die schlammige Tribsandgrube wird mit dem zur Verfügung stehenden Material einige Zentimeter hoch verfüllt und ausgestampft, je höher um so besser, dann werden die Röhren verlegt, mit demselben Material eingehüllt und ungefähr 10 cm hoch überdeckt.

Gesiebter Kies und Sand sind lang bewährte Mittel. Auch mit Kohlenschlacke und Lohe hat man gute Erfahrungen gemacht. Torfstücke, besonders Fasertorf und Torfmull, kommen immer mehr und mit Recht in Aufnahme, zumal sie in der Regel leicht zu haben sind. Ist in der Nähe des Drainagefeldes Nadelstreu, Heidekraut oder Moos in größeren Mengen zu finden, so werden auch diese mit gleichem Recht benutzt. Besonders gute Erfahrungen hat man mit der Verpackung in Moos gemacht. Wiesenbaumeister Stötzel in Horn berichtet (Kulturtechniker 1902, S. 19), dafs er bei dem Aufgraben einer 30 bis 40 Jahre alten Drainage die Bedeckung der Röhren mit Moos noch gut erhalten und die Röhren fast vollständig frei von Schlamm und Sandteilen fand, während da, wo eine Moosdecke nicht vorhanden war, die Röhren völlig versandet und mit feinen Wurzeln verwachsen waren.

Verhältnismäfsig auffällig ist die gute Wirkung des Mutterbodens. Er wirkt in schiefem Untergrunde wie ein gutes Filter. Nachdem die Besorgnis, dafs er das Einwachsen von Wurzeln veranlassen könnte, beseitigt ist, ist bei vielen Draintechnikern das Einbetten und Bedecken der Drains mit Mutterboden jetzt so beliebt, dafs sie dies nicht allein in Tribsand, 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.

### § 70.

**Drains im 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 mit 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 § 69 beschriebenen Spaltlatten zur Auflagerung von Drains in Moor mit Erfolg benutzt.

Der Durchmesser der Drains im Moor ist nicht unter 5 cm zu wählen. Ein so großer Durchmesser ist unbedingt dann erforderlich, wenn das Auftreten von Algen in dem Moore zu befürchten ist (vergl. § 76 No. 7). Sind Algen gar in größeren Mengen zu erwarten, so empfiehlt sich 6,5 cm Weite.

Das Gefälle der Drains wird tunlichst gering angenommen, nämlich nur 1:200 bis 1:500. Geringes Gefälle ist besonders dann erforderlich, wenn das Moor Eisensalze enthält. Bei starkem Gefälle, wenn das Wasser zu schnell abfließen kann, werden die Eisenoxydsalze durch den Sauerstoff der Luft zu leicht in Eisenoxydsalze umgewandelt. Diese haften fest in den Röhren und führen bei kleinem Durchmesser bald zu Verstopfungen (§ 76).

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 zweckmäßiger, in moorigen Böden von Anfang an eine geringere Strangentfernung zu wählen, als nach der Beschaffenheit des Bodens zur Zeit der Bauausführung nötig wäre.

### § 71.

**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 Abflusquerschnittes, 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, dafs in den ersten Jahren nach Ausführung einer Drainage die Brunnenstuben wohl fleissig beobachtet werden, dafs aber später die Beobachtungen unterbleiben. Dann kommt der üble Einflufs der Brunnenstuben zur Geltung, sie sperren den Wasserabflufs und veranlassen selbst Schlammablagerungen in den oberhalb belegenen Drains. Es kann daher im allgemeinen die Anlage von Brunnenstuben nicht empfohlen werden.

### § 72.

**Tagwassereinlässe (sog. Filter).** Es ist im allgemeinen davor zu warnen, oberirdisch fliefsendes 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 mufs die Entwässerung des Bodens darunter leiden.

Gewöhnlich werden Filter von dem Landwirt da gewünscht, wo ein erhöhter Weg den Hauptdrain schneidet. Zunächst mufs der Versuch gemacht 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 Zuflufsgebiet der Bodensenkung nur klein, der unterhalb befindliche Vorflutdrain weit und kurz, so dafs die Einleitung des Tagwassers ohne Gefahr ist, so würde ein Filter zulässig sein.

Solch ein Filter wird entweder so hergestellt, dafs 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. 491, S. 459 — oder man verlegt kurze, mit dem Spitzhammer gelochte Sauger beiderseits längs des Weges, läfst 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.

### § 73.

**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,

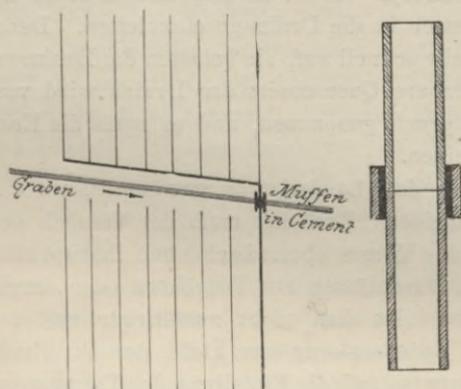


Fig. 494.  
Gräben im Drainagefelde.

Fig. 495.

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 § 69 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 später verfüllt werden, besondere Vorsichtsmaßregeln selten geboten. Sollen dagegen flache Quergräben dauernd Wasser führen, so ist zu bedenken, daß diejenigen Teile der Drains, die unmittelbar unter den Gräben liegen, zweifellos zufolge des stets abwärts in die Drains sickern den Wassers und der dadurch aufgenommenen Sinkstoffe bald verschlammten. Es muß daher die Absickerung verhütet werden, und dies geschieht dadurch, daß die Drains unter den Gräben auf 6 bis 8 m Länge mit Muffen verlegt werden, die Zementvergufs erhalten. Eine solche Vermuffung ist umständlich, 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 gewöhnliche 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 hindurch führt (Fig. 494 und 495).

### § 74.

**Wege im Drainagefelde.** Feldwege dürfen ebensowenig wie Gräben von gleichgerichteten Saugdrains gekreuzt werden. Denn jeder Wagen, welcher die Spur verfolgt, würde mit seiner Last 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 Saugdrains 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. 496).

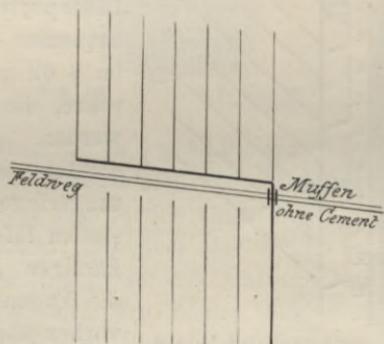


Fig. 496. Feldweg im Drainagefelde.

### § 75.

**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. Den Pappeln nahezu gleich in bezug auf die Gefahr für die Drainage stehen unter den Obstbäumen die Nufsbäume. 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. Dies ist der Fall bei den oberen Teilen der Saugdrains. Demgemäß ist die Entwässerung eines zwischen

und in der Nähe von Bäumen belegenen Gebiets ausschließlich durch kurze Sauger zu bewirken (Fig. 497).

An denjenigen Stellen, wo man notgedrungen mit wichtigen Drains sich Bäumen nähern muß, kann die schädliche Wirkung der Bäume dadurch aufgehoben werden, daß man entweder die Drains mit einer starken Umhüllung von Steinen, besonders an der Unterseite versieht, oder daß man die Fugen der Drains dichtet, oder daß man dafür sorgt, daß alle Wurzeln bei der Annäherung an die Drains getötet werden. Die Umhüllung mit Steinen wird zwar von den Wurzeln aufgesucht und erreicht, sie schützt aber bis zu einem gewissen Grade die Fugen vor dem Verwachsen.

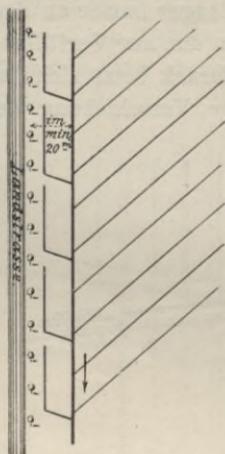


Fig. 497. Sammler in der Nähe von Bäumen.

Das Dichten der Fugen wurde früher von Vincent durch Verkleben mit geteerten Streifen Löschpapiers ausgeführt. Jetzt geschieht es bequemer vermittels Dachpappstreifen nach der im § 69 geschilderten Weise oder durch Muffenrohre, die nach Fig. 495 mit Zement gedichtet werden. Landesbaurat Wodicka in Wien dichtet die Fugen, indem er künstlich Dichtungsringe aus 6 cm breitem Jutestoff herstellen läßt, der mit Zwischenlagen von heißer flüssiger Asphaltmasse zwei- bis dreimal um die Fugen gewickelt wird, nachdem die Röhren vorher über ein schmiedeeisernes Rohr geschoben waren. Wodicka rühmt diesen Ringen Elastizität und Wohlfeilheit nach.<sup>1)</sup>

Das Töten der Wurzeln bei der Annäherung an die Drains findet statt durch Bedecken der Drainröhren mit Ätzkalk oder Zinkasche, wirksamer aber dadurch, daß man die Stößenden der Drainröhren vor dem Verlegen in Karbolineum taucht. Dies Mittel wird jetzt vorzugsweise angewandt. Man taucht die Drainröhren in eine am Grabenrand aufgestellte und 2 bis 3 cm tief mit Karbolineum gefüllte Schale und verlegt sodann die Röhren wie gewöhnlich. Beim Aufgraben so behandelter Drainagezüge hat sich ergeben, daß die Baumwurzeln sich an den Drainstößen wohl zu Klumpen zusammenballten, aber nicht mit dem kleinsten Würzelchen in die Drains selbst eindringen, während daneben andere, in Zement verlegte Drainzüge faßt gänzlich zugewachsen waren. Als Material wird ein Karbolineum empfohlen, welches nicht zu dünnflüssig ist. Rob. Nacke-Langenhof hält als das am besten geeignete Karbolineum das von R. Avenarius & Co. in Berlin C., Stuttgart und Köln.<sup>2)</sup> Ein Nachteil

<sup>1)</sup> Der Kulturtechniker 1905, S. 4.

<sup>2)</sup> Deutsche Landwirtschaftliche Presse No. 87 v. 31. Oktober 1903.

des Verfahrens ist nur darin zu finden, daß das Karbolineum mit der Zeit aus den Röhren ausgespült wird. Baurat Klinkert in Minden (Westf.) schätzt die Wirksamkeit auf 2 bis 3 Jahre.<sup>1)</sup> Wenn dann, nachdem die Drainage während dieser Zeit den Grundwasserstand gesenkt hat, noch ein Verwachsen durch Wurzeln zu befürchten sein sollte, so müssen die Drains an den gefährdeten Stellen aufgegraben und nach wiederholtem Tränken mit Karbolineum von neuem verlegt werden. (Vergl. auch § 76, No. 6.)

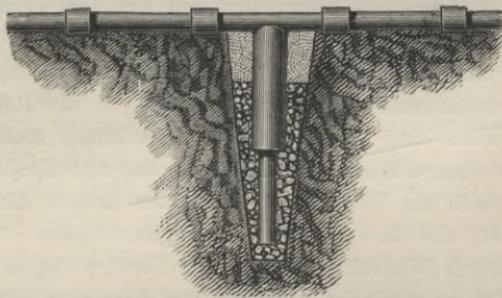


Fig. 498. Rérolles Drainage.

In erheblich kostspieligerer Weise wird nach Rérolle das Einwachsen der Baumwurzeln dadurch verhütet, daß man die Sauger in gewöhnlicher Tiefe wasserdicht mit Muffen und Zement verlegt und zur Aufnahme des Grundwassers Gruben unter dem Drainstrang in 5 m Entfernung herstellt, die mit Steinen verfüllt und mit einem lotrecht stehenden Drainrohr besetzt werden (Fig. 498). Das Rohr ragt lose in den abwärts gerichteten Teil eines T-förmigen Drainrohres hinein, das über der Grube in den Sauger 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.

## § 76.

**Verstopfungen der Drains.** Verstopfungen können entstehen:

1. Infolge zu geringen *Querschnittes*. Dies geschieht besonders bei großen Flächen und geringem 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 Trieb sand, Moor oder bei Graben- und Wegkreuzungen.

<sup>1)</sup> Der Kulturtechniker 1906, S. 198.

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. Solange die Kulturpflanzen noch lebend auf dem Felde stehen, sind auch die in die Röhren etwa eingedrungenen Wurzeln noch am Leben, sie hängen an den Pflanzen, sie bewegen sich zwar mit und auf dem in den Röhren fließenden Wasser, aber sie hindern den Wasserabfluß wenig. Erst dann, wenn die Kulturpflanzen abgeerntet und abgestorben sind, sterben auch ihre im Boden gebliebenen Wurzeln ab. Die in die Röhren eingedrungenen Wurzeln fallen nun ganz in die Röhren hinein und werden von dem Drainwasser weitergeführt. Sie kommen an eine Stelle, wo ein Hindernis ist. Hier bleibt ein Würzelchen nach dem andern hängen, bis ein Knäuel entstanden ist, der den Wasserabfluß ganz sperrt. So ist es erklärlich, daß die durch Wurzeln entstandenen Verstopfungen sich fast immer in den Sammel-drains vorfinden, selten oder fast gar nicht in Saugdrains. Gefährlich sind besonders diejenigen Stellen, wo ein Saugrohr zu weit in das Sammelrohr hinein ragt und den Wasserabfluß hindert. Die Abführung der abgelagerten Wurzeln vollzieht sich meist erst im Frühjahr mit dem Abfluß der Frühjahrsschmelze. Zu dieser Zeit werden gewöhnlich die durch Wurzeln entstandenen Verstopfungen erst bemerkt.

Besonders gefährlich unter den Kulturpflanzen sind wegen ihrer tiefen Wurzelung Raps und Rüben. Der Anbau solcher tiefwurzelnder Pflanzen sollte in den ersten Jahren nach Ausführung der Drainage überhaupt vermieden werden; denn die Wurzeln dieser Pflanzen ziehen sich besonders nach dem sehr lockeren Boden der früheren und jetzt verfüllten Drainagegräben hin. Es ist daher ratsam, mit dem Bau von Raps und Rüben einige Jahre nach Ausführung der Drainage zu warten, so lange nämlich, bis der verfüllte Boden in den Drainagegräben sich stärker, fast bis zur Dichtigkeit des Nachbarbodens gesetzt hat. Aber selbst dann ist der Anbau der tiefwurzelnden Pflanzen für die Drainage nicht ungefährlich, sobald die Drains nicht in der gewöhnlichen Tiefe, 1,25 m, sondern flacher — etwa nur 1,0 m oder gar nur 0,9 m tief — verlegt worden waren. Auf so flach drainiertem Gelände empfiehlt es sich, auf Raps- und Rübenbau überhaupt zu verzichten.

Am gefährlichsten unter allen Pflanzen ist der Schachtelhalm, *Equisetum arvense*, der auf Äckern von feuchter, sandiger Beschaffenheit häufig vorkommt. Gegen das Eindringen dieses Unkrautes und überhaupt gegen das Eindringen von sauren, tiefwurzelnden Gräsern empfiehlt sich nach dem Vorschlage des Baurats Klinkert in Minden (Westf.) das Tränken der Drainröhren mit Karbolineum, dessen Anwendung wir schon als Schutzmittel gegen das Einwachsen von Baumwurzeln in § 75 besprochen

haben. Klinkert findet in der durch das Ausspülen veranlafsten kurzen Wirksamkeit des Karbolineums keinen Hinderungsgrund, es bei der Drainage von nassen Wiesen anzuwenden; denn er sagt mit Recht, dafs die sauren tiefwurzelnden Gräser sehr bald nach Ausführung der Drainage, oft schon nach einem Jahre einzugehen pflegen und durch bessere Gräser ersetzt werden, die nicht so tief wurzeln. Es ist daher den Sumpfgräsern die Daseinsbedingung entzogen und ihr Wiederauftreten nicht zu befürchten. Sonach genügt die zwei- bis dreijährige Wirksamkeit des Karbolineums vollständig zur Beseitigung des Schachtelhalms.

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 grofser Querschnitt der Röhren, ein Querschnitt von mindestens 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 trocken später beim Abfließen des Wassers zu einem dünnen Häutchen zusammen, welches durch das nächste 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, dafs es nicht richtig ist, wenn Drainage-Ingenieure meinen, dem Abführungsbedürfnis von Sammlern, für die wenig Gefälle zur Verfügung steht, durch grofse Weite der Röhren genügen zu können. Es ist vielmehr bei dem Entwerfen auch die Geschwindigkeit des Wassers zu beachten und dafür zu sorgen, dafs sie in der Richtung nach der Ausmündung nie abnehme, sondern sich entweder gleich bleibe oder besser stetig zunehme (vergl. § 51).

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 (§ 70). Es kommt darauf an, das Drainagewasser so wenig wie möglich mit Luft in Berührung kommen zu lassen. Dies geschieht, indem man die Sauer nicht übermäfsig grofs wählt. Wir haben

hier einen Gegensatz zu der Vorschrift unter No. 7. Sauger von großer Weite, von etwa 5 cm Durchmesser, wie wir sie zum Schutz gegen das Einwachsen von Algen als Mindestmaß empfohlen haben, sind dann, wenn es sich um den Schutz gegen Niederschläge von Kalk oder Eisen handelt, nicht angebracht. Hier haben sich Sauger von geringerer Weite, von etwa 4 cm Durchmesser, viel besser bewährt.<sup>1)</sup> Diese kleineren Röhren bleiben während des Wasserabflusses meist vollständig gefüllt, bieten der Luft nur wenig Raum und halten deshalb die Oxydation viel besser zurück als die weiten Röhren mit dem größeren Luftgehalt.

Um denselben Zweck zu erreichen, ist auch empfohlen worden, solche Systeme, in denen Niederschläge von Kalk oder Eisen zu befürchten sind, unter Wasser ausmünden zu lassen oder die Ausmündung mit einem sogenannten Wasserverschluss, d. i. einer erst abwärts, dann aufwärts geführten Leitung zu versehen, die dauernd mit Wasser gefüllt ist. Es ist aber zuzugeben, daß diese Anordnung andere Unzuträglichkeiten im Gefolge hat: die Aufsicht über die Reinhaltung, über das Eindringen von Tieren u. a. m. wird erschwert. Außerdem muß eingeräumt werden, daß dies Mittel nicht imstande ist, den Luftzutritt vollständig zurückzuhalten, denn aus den oberen Teilen der Systeme wird durch die Drainfugen immer Luft in die Drainage eintreten. Bevor man eine Ausmündung unter Wasser anordnet, ist darum vorsichtig zu erwägen, ob die Vorteile dieser Anordnung nicht durch ihre Nachteile aufgehoben werden.

Noch ein Hilfsmittel muß erwähnt werden, durch welches man das Auftreten von Kalk- und Eisen-Niederschlägen zurückhalten kann. Da nämlich zur Bildung solcher Niederschläge nicht nur Sauerstoff erforderlich ist, sondern auch eine gewisse Zeit, so tut man gut, dafür zu sorgen, Drainagewasser, welches zum Absetzen dieser Niederschläge neigt, sobald wie möglich aus den Röhren zu entfernen. Das heißt: man muß den Röhren gutes Gefälle geben, um die Geschwindigkeit des Wassers tunlichst zu erhöhen, besonders glatte Röhren verwenden, um möglichst wenig Reibung zu erzeugen, und kleine Systeme bauen, um den Weg bis zur Ausmündung abzukürzen. Glatte Röhren sind besonders für den unteren Teil der Drainage nötig. Die Vorschrift, die Drainsysteme so zu entwerfen, daß die Geschwindigkeit des Wassers auf dem Wege nach der Ausmündung nicht abnehme, sondern möglichst zunehme, muß besonders vorsichtig beachtet werden. Auch sind niemals feste Gitter in dem Querschnitt des Ausmündungsrohres anzubringen.

Wenn eine *Verstopfung vorgekommen* ist, so tritt das Wasser durch die Stoffsugen der Röhren an die Oberfläche und versumpft das Ge-

<sup>1)</sup> Vergl. die Schilderung des Wiesenbaumeisters Stötzel in Thorn im „Kulturtechniker“ 1902, S. 19.

lände. 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 Rohr naß, 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 fest 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. Ausnahmen bilden nur solche Drainagen, in denen Niederschläge von Kalk oder Eisen zu befürchten sind. Für diese Drainagen sind nach No. 7 4 cm weite Sauger angebracht. Keinenfalls sollte man noch 3 cm weite Drainröhren benutzen.

### § 77.

**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 auszuseiden. Die *Schlämmaschine* ist ein Rührwerk von großen Abmessungen, welches so hoch angelegt ist, daß mehrere niedriger belegene Klärgruben sich anschließen können. Fig. 499 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 hakenartige 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 *Schlämmgruben* abgelassen. 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

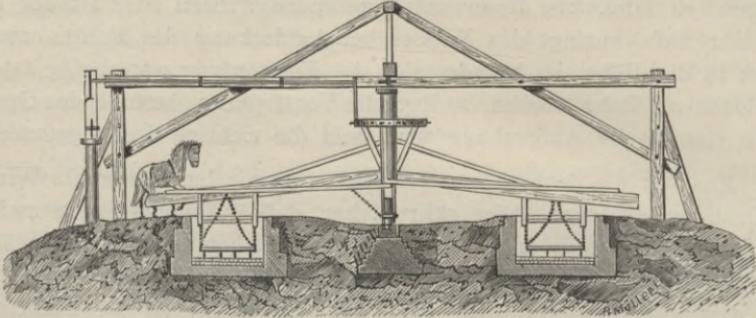


Fig. 499. Schlammmaschine.

der reine fette Ton sonst reißen würde. Das Gemisch ist plastisch. Es wird gut durchgearbeitet in dem *Tonschneider* (Fig. 500), einer aufrecht stehenden Maschine, die aus einer Röhre *a*, einem Fuße *b* und einem Fülltrichter *c* besteht. Eine lotrechte, von einer Dampfmaschine betriebene Welle *d* ist mit flügelartig gekrümmten Messern *e* besetzt. 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.

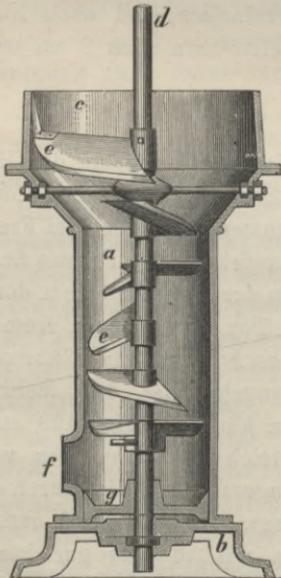


Fig. 500. Tonschneider.

Das Formen der Röhren erfolgt hierauf in der 1844 von Whitehead erfundenen *Drainrohrpresse*. Von den mannigfachen Formen für Hand- und Maschinenbetrieb zeigen die Fig. 501 bis 503 den Längen- und zwei Querschnitte einer einfachen Presse für Handbetrieb. Sie besteht aus einem gusseisernen 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 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*

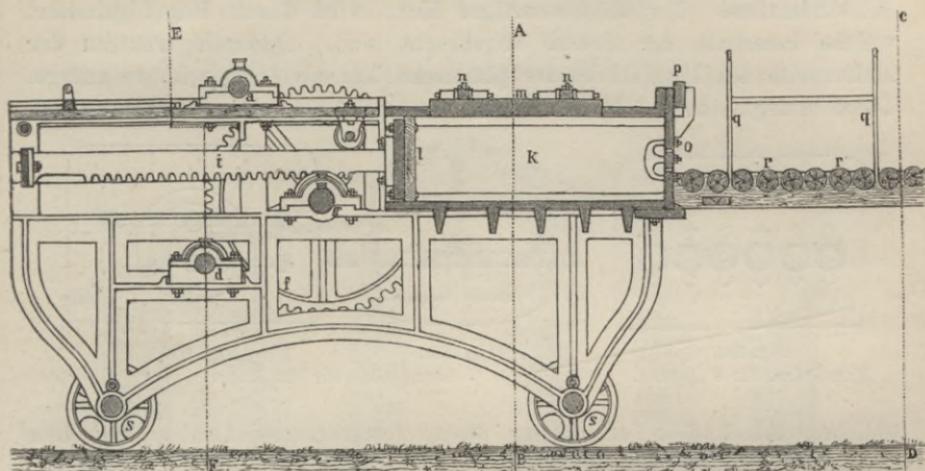


Fig. 501. Drainrohrpresse. Längenschnitt.

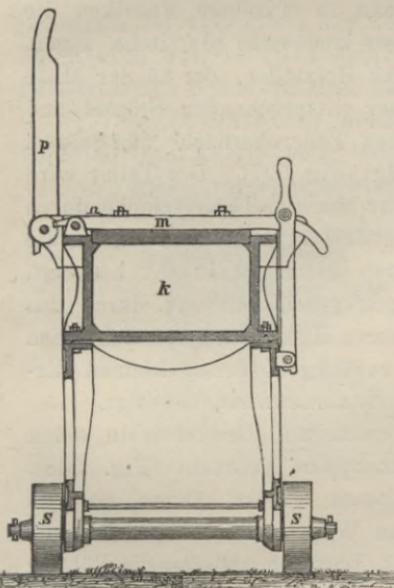


Fig. 502. Drainrohrpresse.  
Querschnitt nach A-B.

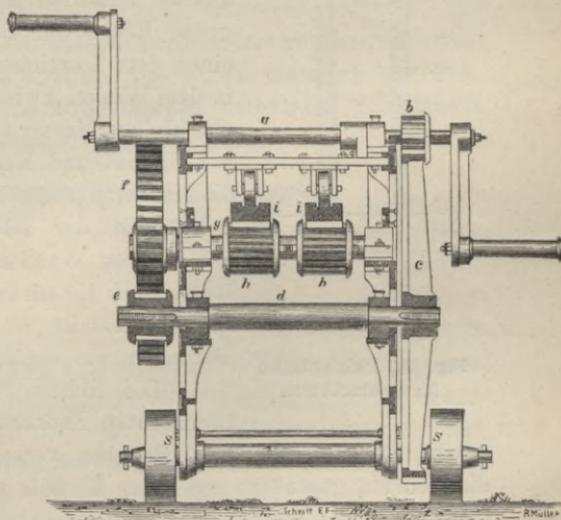


Fig. 503. Drainrohrpresse.  
Querschnitt nach E-F.

gehalten. Es kann leicht ausgewechselt werden, je nach der Gröfse der Röhren, die man herstellen will. Fig. 504 bis 506 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. Dadurch tritt an der Aufsenseite des Mundstücks der plastische Ton als fertige Röhre zutage. Diese bewegt sich auf Rollen  $r$ , und es bedarf nur noch der bei Ziegeln

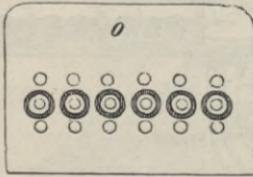


Fig. 504.  
Mundstück für 6 Röhren.

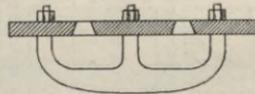


Fig. 505.

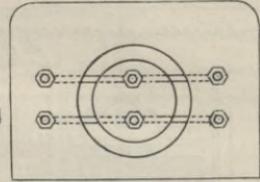


Fig. 506.

üblichen Abschneide-Vorrichtung durch festgespannte Drähte zwischen Bügeln  $q$ , um die Drainröhren in vorgeschriebener Länge zu gewinnen. Die Presse ist auf Rädern  $s$  beweglich.

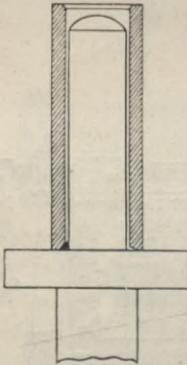


Fig. 507. Schleifteller  
für Drainröhren.

Um die Form der Röhren möglichst vollkommen auszubilden, stülpt man in einzelnen Fabriken die aus der Drainrohrpresse kommende plastische, sogen. grüne Röhre auf einen Holzsteller, der in der Mitte einen dem Durchmesser entsprechenden Stöpsel und in dem Winkel zwischen Telleroberfläche und Stöpsel ein kleines Messer trägt (Fig. 507). 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 sogen. *Brahmkanten*, beseitigt.

Die Röhren werden auf Brettchen in einen überdachten *Trockenschuppen* gebracht (Fig. 508), dessen Seitenwände nach Belieben verschlossen werden können, so daß 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. 509), 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. 508, 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 her bewegt, dann an den Endflächen senkrecht aufgestaut.

Nach dem Trocknen kommen die Röhren in den Ziegelofen zum Brennen. Sie werden hier lotrecht aufgestellt, und zwar die kleineren

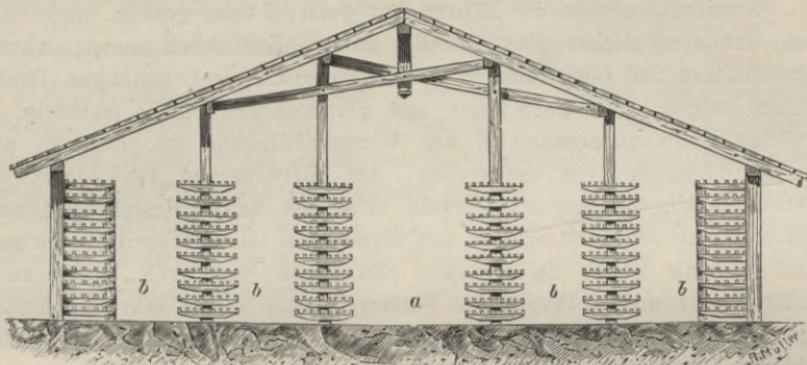


Fig. 508. Trockenschuppen für Drainröhren.

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.

*Gute Drainröhren* müssen erstens aus gutem Material bestehen, keine Steine, Mergel oder ähnliche Fremdkörper enthalten. Die Masse

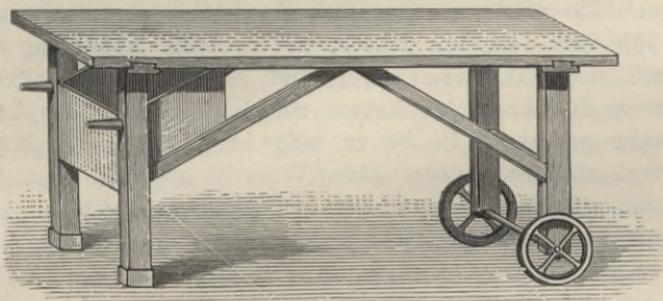


Fig. 509. Rolltisch.

muß gut und gleichmäßig durchgearbeitet sein, zerschlagene Röhren müssen in den Bruchflächen eine gleichartige, feste, feinkörnige und doch sehnige Beschaffenheit zeigen. Steine dürfen in diesen Bruchflächen nie vorkommen: sie würden sonst die Dicke des bindenden Materials verringern und dadurch die Haltbarkeit des Rohres beeinträchtigen. Mergelstücke oder Kalkknollen in den Röhren beschränken gleichfalls die Dicke

der Tonschicht. Die verbliebene dünne Schicht reißt beim Brennen und läßt die Luft an die Mergelstücke treten; dadurch verwittern diese und das Rohr bricht. Die Wandstärke des Rohres muß dem inneren Durchmesser angemessen sein. Sie muß dick genug sein, um gute Haltbarkeit zu sichern, aber auch nicht übermäßig dick, weil sonst das Gewicht der Röhren zu groß, ihre Anfuhr zu teuer und beschwerlich werden würde.

Zweitens müssen die Röhren 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. Die gute Form und glatte innere Fläche ist nötig, um unnötige Reibungsverluste bei der Wasserabführung zu verhüten, auch um dem Absetzen von Sinkstoffen, der Entwicklung von Algen, dem Festhaften eingedrungener Wurzeln möglichst zu begegnen. Ein senkrechter nicht schräger Schnitt der Endflächen ist erforderlich, um möglichst schmale Stöße zu erhalten. Zu weite Stoßfugen lassen zuviel Sinkstoffe hindurch. Wegen des Wassereintritts ist bei sehr engen Stoßfugen eine Besorgnis nicht nötig, denn das Wasser dringt bei der großen Zahl der Fugen auch dann in genügender Menge ein, wenn diese so eng wie möglich hergestellt werden.

Drittens müssen die Röhren gut gebrannt sein, einen hellen Klang haben, der selbst nach längerem Liegen im Wasser nicht verloren geht. Der helle Klang muß beim Klopfen mit dem Hammer oder mit einer anderen Drainröhre sich einstellen. Um die Röhren in bezug auf Festigkeit und Wasserundurchlässigkeit zu prüfen, empfiehlt Kopecky folgendes Verfahren:<sup>1)</sup> Ein abgebrochenes Stück der Röhre wird eine Stunde lang in einer 10%igen Salzsäure gekocht und nach der Abkühlung in kaltem Wasser mit einem Taschenmesser geritzt. Wenn die Messerspitze tiefer als 1 mm in die Masse des Rohres eindringt, so war das Rohr nicht scharf genug gebrannt. Es ist zu befürchten, daß es im Boden nicht lange unverletzt liegen würde: solche Ware ist als nicht wetterbeständig zurückzuweisen. Zur Untersuchung auf Wasserundurchlässigkeit wird ein anderes von derselben Röhre abgebrochenes Stück im trockenen Zustande gewogen. Darauf wird es in Wasser gelegt, nach 24 Stunden abgetrocknet und wieder gewogen. Der Gewichtszuwachs kann bis zu einem gewissen Grade als Maßstab für die Durchlässigkeit gelten. Er soll 15% nicht überschreiten. Wenn der Gewichtszuwachs weniger als 10% beträgt, und das Messer nicht über 1 mm tief eindringt, so bezeichnet Kopecky solche Röhren als sehr gute Ware. Hält sich die Gewichtszunahme zwischen 10 und 15% und sind alle übrigen Erfordernisse vorhanden, so ist die Ware noch gut und verwendbar.

<sup>1)</sup> Kopecky im „Kulturtechniker“ 1908, S. 22.

Über die Art der Verwendung wird auf folgende Tabelle verwiesen:

Rohrweite im Lichten . . . . .	4	5	6,5	8	10	13	16 cm
Wanddicke . . . . .	12	13	15	16	18	21	24 mm
Gewicht von 1000 Röhren							
durchschnittlich . . . . .	950	1250	1750	2350	3200	4800	7000 kg
Kosten von 1000 Röhren	18	24	30	40	60	90	130 M.
von {							
bis {	25	31	42	55	75	115	170 M.
Röhrenbedarf ungefähr . . . . .	70%	21,5%		6%		2,5%	

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 einschließlic Bruch bei gutem Material 3,3 Stück, bei weniger gutem Material 3,5 Stück vorzusehen.

### § 78.

**Drainröhren aus Zement (Beton).** Die Verwendung von Drainröhren aus Zement fand so lange Schwierigkeiten, als man diese Röhren mit ebenen Lagerflächen und in fetten Mischungen (gewöhnlich 1 Zement + 3 Sand) herstellte. Sie wurden hierdurch zu schwer und zu teuer. Seitdem man aber die Zement-Drainrohrmaschinen auf die Herstellung völlig runder Formen eingerichtet hat und die Mischung nach dem Verhältnis 1 : 5 oder gar 1 : 8 herstellt, sind die Röhren leichter und wohlfeiler geworden und fangen an, sich mehr und mehr einzubürgern.<sup>1)</sup>

Die Maschinen (vergl. § 79) müssen wohlfeil und leicht sein, so daß sie bequem befördert werden können, und dadurch die Möglichkeit entsteht, die Drainröhren an der Verwendungsstelle selbst oder wenigstens in ihrer Nähe herzustellen. Steht ein scharfer und reiner Sand an Ort und Stelle zur Verfügung, ist auch das erforderliche Wasser leicht zu beschaffen, so kann die Selbstanfertigung der Drainröhren aus Zement, besonders durch den Fortfall der Beförderungskosten, wohlfeil werden. Bei einem Mischungsverhältnis 1 : 5 oder 1 : 6 betragen dann die Herstellungskosten nach Kulturingenieur Seewald in Arnswalde nur etwa zwei Drittel der Kosten von tönernen Drainröhren.<sup>2)</sup> Durchmesser und Länge der Röhren entsprechen gewöhnlich den Abmessungen der Tonröhren. Sie erhalten wie diese tadellose Rundung und gerade glatte Endflächen. Die Längsachse bleibt stets gerade, sie kann sich nicht verziehen,

<sup>1)</sup> Vergl. Zement und Beton 1905, S. 382; Tiefbau 1906, S. 166; Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1907, S. 356.

<sup>2)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1907, S. 278.

wie es bei tönernen Drainröhren während des Brandes oft genug geschieht. Auch besonders geformte Röhren mit Seitenlöchern für den Anschluß der Sauger lassen sich leicht und nach Bedarf herstellen. Bedingung ist aber neben gutem Material eine innige Mischung des Sandes mit dem Zement. Diese Mischung muß, wie bei allen Zementarbeiten, trocken erfolgen. Erst nach völlig befriedigender Mischung wird das Wasser bis zu solchem Maße zugesetzt, daß die Masse plastisch formbar ist. Darauf werden die Röhren in der Maschine hergestellt und demnächst 5 Wochen lang gelagert, je länger um so besser. Während dieser Zeit müssen sie fleißig mit Wasser besprengt werden, um die Erhärtung zu beschleunigen.

Die Haltbarkeit gut hergestellter Zementröhren ist einwandfrei, sofern sie in einen Boden verlegt werden, der den gewöhnlichen Verhältnissen unserer Äcker entspricht. Ist aber der Boden stark sauer und besonders reich an Humussäure, so ist die Haltbarkeit der Zementröhren beschränkt. Sie werden dann in solchem Maße angegriffen, daß sie bald breiartig aufweichen und dann zerfallen. Dies ist nicht weiter auffällig, denn es entspricht einer bei allen Zementbauten und Gründungen mit Beton längst gemachten Erfahrung. Bei Anwesenheit von Humussäure dürfen daher Zementdrainröhren niemals verwandt werden. Sie sind aus diesem Grunde für Moordrainagen ungeeignet.

### § 79.

**Zementdrainrohr-Maschinen.** Brauchbare und leicht zu bewegende Drainrohrmaschinen für Zement werden hergestellt von Otto Schüßler in Ströbitz bei Kottbus und von Paul Thomann in Halle a. S. Besonders die Schüßlerschen Maschinen sind sehr beliebt. Fig. 510 und 511 stellen eine solche Maschine dar. Ein eiserner Tisch, der zur Seite einen Kasten für die Aufnahme der zugerichteten, gemischten und angefeuchteten Betonmasse trägt, enthält einen kastenartigen Raum für die gleichzeitige Herstellung von 5 Drainröhren von 5 cm Durchmesser. Bei größerem Durchmesser ist die Zahl der gleichzeitig herzustellenden Drainröhren geringer. Der Kasten wird an den Längsseiten durch gerade glatte Wände, an den Stirnseiten durch gerade nach dem inneren Durchmesser der Röhren geschnittene Wände begrenzt. Diese Wände sind dem inneren Durchmesser entsprechend durchbohrt. Durch die Bohrungen können Dorne geschoben werden, welche zur Ausparung der inneren Höhlungen der Röhren dienen. Die Dorne sind an einer gemeinsamen hochgestellten Platte befestigt und können mit deren Hilfe durch Umlegen eines an der Seitenwand der Maschine befestigten Hebels in genau horizontaler Richtung vor- und zurückgeschoben werden.

Sind die Dorne zurückgezogen, so werden zur Herstellung der Röhren eiserne *Unterlagsbleche* oder *Formbleche* (Fig. 512), deren Krümmung dem äußeren Durchmesser der Röhren und deren Breite der Länge der Röhren entspricht, in den Kasten gelegt. Darauf werden die Dorne mittels Drehung des seitlich angebrachten Handhebels vorgeschoben und es wird etwas Mörtel in den Formkasten gebracht. Der Mörtel wird mit Hilfe eines *Profilstumpfers* (Fig. 513) so fest geschlagen, daß er unter dem Dorn sich zur Drainröhre verbindet. Ist dies geschehen, so wird

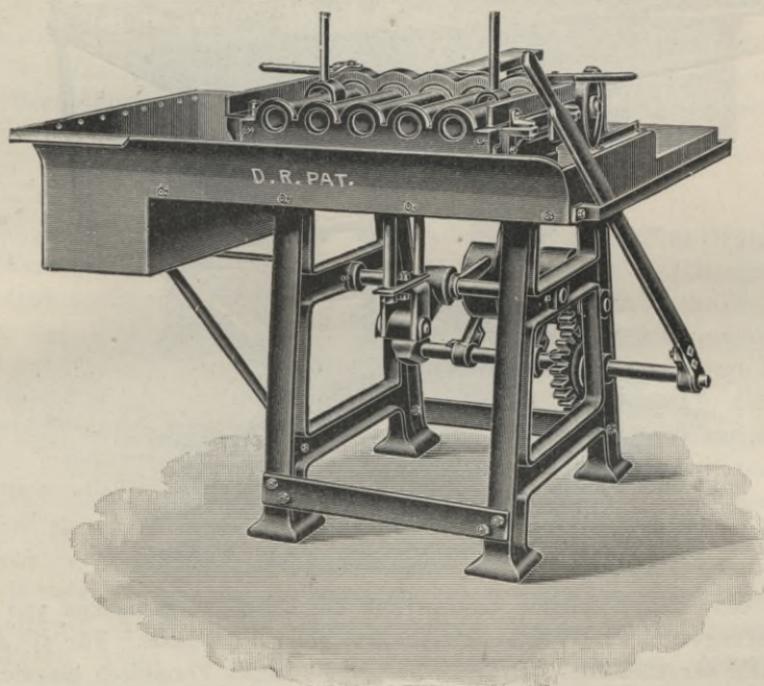


Fig. 510. Zementdrainrohr-Maschine von Schüßler.

weitere Mörtelmasse aufgebracht und es wird mit Hilfe eines *Schlageisens* (Fig. 514), dessen Rundung dem äußeren Durchmesser der Röhren entspricht, und welches unter Benutzung der durch die Seitenwände des Kastens gegebenen Führung fest über die Röhren gezogen wird, die obere Form der Röhre hergestellt. Die Röhren werden glatt nachgestrichen. Dabei fällt die überschüssige Mörtelmasse in den Raum vor dem Formkasten und kann von dort aus seitwärts geschoben und später wieder verwendet werden.

Die Dorne werden demnächst durch Umlegen des Handhebels aus den Röhren gezogen. Dadurch werden diese frei und ein weiteres Ab-

drücken des Hebels preßt mittels einer unter dem Tisch angebrachten sinnreichen Hebel- und Räderverbindung das ganze Formblech mit den auf ihm ruhenden 5 Drainröhren in die Höhe (Fig. 511). Formblech mit-

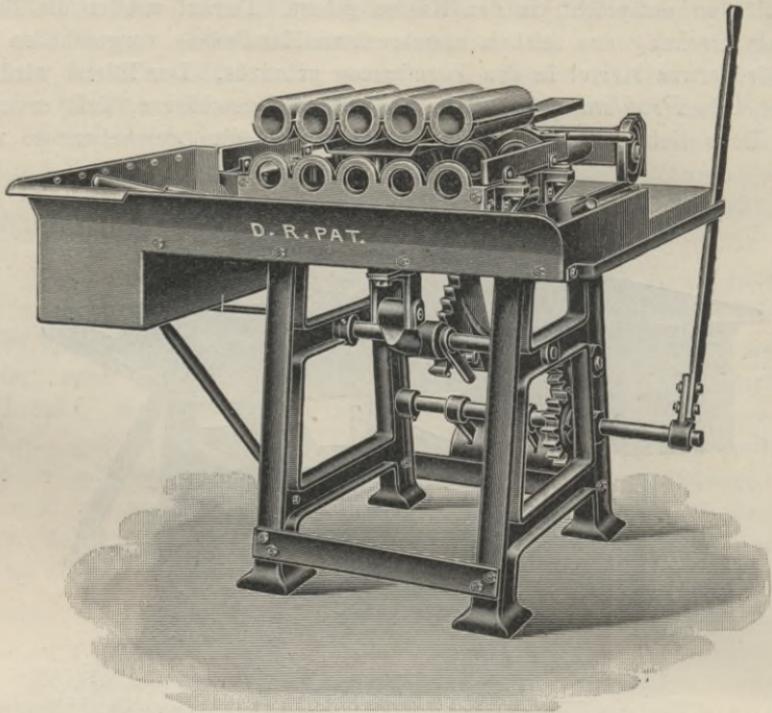


Fig. 511. Zementdrainrohr-Maschine von Schüßler.

samt den Röhren können bequem aus der Maschine genommen und zur Erhärtung und zum Trocknen seitwärts gelagert werden. Für die Herstellung der nächsten 5 Drainröhren ist ein neues Formblech einzulegen.

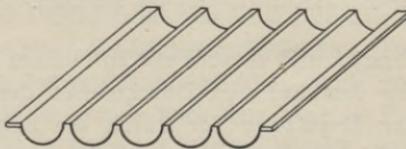


Fig. 512. Unterlagsblech (Formblech).



Fig. 513. Profilstampfer.

Sollen Drainröhren von anderen Durchmessern gefertigt werden, so werden Formkasten und Dorne ausgewechselt. Man ist sonach imstande, mit derselben Maschine Drainröhren von jedem gangbaren Durchmesser herzustellen. Bei 4 und 5 cm Weite werden gleichzeitig 5 Röhren

hergestellt, bei 6,5 cm Weite nur 4, bei 8 cm nur 3, bei 10 cm 2 und bei 13 und 16 cm Weite nur 1 Rohr. Die Drainröhren dieser Schüfssier-schen Maschine haben bis zu 8 cm Weite 13 mm Dicke, von 10 cm an aber 15 mm Dicke. Ein Arbeiter allein genügt zur Bedienung der

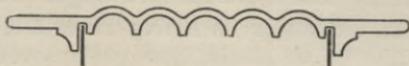


Fig. 514. Schlageisen.

Maschine. Er vermag an einem Tage 800 bis 1000 Röhren von 5 cm Weite herzustellen. Die Maschine kostet 450 M.; eine neue Garnitur zur Herstellung einer zweiten Röhrenform 100 M., 100 Unterlagsbleche kosten je nach den Röhrendurchmessern 85 bis 135 M.

## § 80.

### 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, so daß 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 Wasser- standes im Fluß die Wasserabsenkung zeitweise unmöglich machen. Soll die unterirdische Wasserabsenkung dauernd Erfolg haben, so darf endlich das zu versenkende Wasser keine mechanischen Beimengungen ent- halten. Denn die beigemenkten Schlicketeile 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 sogen. *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.

### § 81.

**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. 515 und 516 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 verlegt, und auf dieser werden drei oder mehr Drainrohrstränge lotrecht auf-

gebaut. 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 größten Steine in unmittelbarer Nähe der Röhre, in größerer Entfernung aber

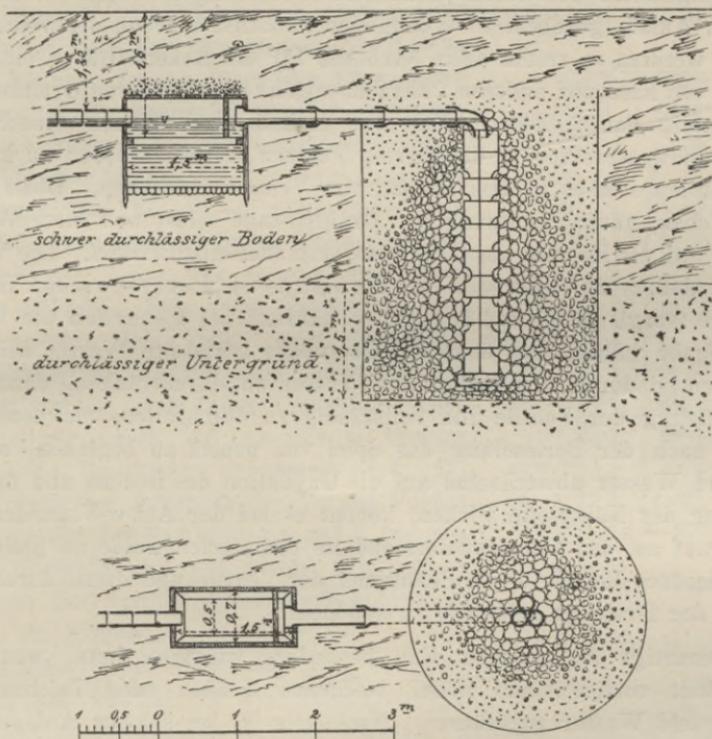


Fig. 515 und 516. Senkbrunnen mit Schlammfang. Längenschnitt und Grundriss.

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.

## § 82.

**Ventildrainage.** Es kann vorkommen, daß, nachdem das Frühjahrswasser durch die Drainage gut beseitigt worden ist, ein ungewöhnlich dürerer Sommer eintritt, in dem die Entwicklung der Pflanzen unter zu großer Trockenheit leidet, einer Trockenheit, die nicht allein durch das Ausbleiben des Regens, sondern auch durch zu große Absenkung des Grundwassers hervorgerufen wird. Solche Zustände waren z. B. im Sommer 1904 eingetreten und hatten damals zu Erörterungen in kulturtechnischen Kreisen Anlaß gegeben.<sup>1)</sup> Wenngleich zunächst hiervon die Wiesen betroffen werden, so treten auch Nachteile für die Ackerkulturen ein. Der Anbau von Klee und anderen Pflanzen, welche einen höheren Grundwasserstand nötig haben, leidet. Man hat deshalb nach Mitteln gesucht, um den Grundwasserstand in drainierten Feldern zeitweise heben zu können, und hat ein solches in dem Einbau von Ventilen gefunden. Diese sollen ermöglichen, unter Benutzung der Drainstränge selbst und ihrer Wasserfüllung auf die Hebung des Grundwasserstandes einzuwirken. Die Ventile würden ähnlich zu bauen sein, wie die Ventile der Petersenschen Wiesen-drainage (vergl. §§ 83 und 132); aber während bei Petersen die Ventile die Aufgabe haben, das über die Oberfläche gerieselte Wasser zeitweise zu halten, dadurch den Boden mit Wasser zu durchtränken, dann aber nach Öffnung der Ventile ihn vollständig zu durchlüften, um demnächst wieder nach der Berieselung das Spiel von neuem zu beginnen, so daß Luft und Wasser abwechselnd auf die Oxydation des Bodens und die Umwandlung der Nährstoffe wirken, kommt es bei der Acker-Ventildrainage nur darauf an, den Grundwasserstand im drainierten Felde an Stelle des ausgebliebenen Regens durch Benutzung der Ventile und damit durch Aufhebung der Drainage zeitweise zu erhöhen.

Derartige Maßnahmen sind besonders wirksam dann, wenn die Möglichkeit vorliegt, aus höher gelegenen Gräben oder Teichen dem Drainagefeld Wasser zuzuführen. Nachteilig ist bei solchen Anlagen der Umstand, daß durch die zutage tretenden Ventile die Bestellung der Äcker gestört wird. Ein Verschlammen, Verwachsen oder Verackern der Ventile ist nach Krause<sup>2)</sup> nicht zu befürchten, weil die heftige Bewegung des Wassers durch die Ventile diesen Umständen entgegenwirkt. Immer ist aber bei solchen Anlagen eine aufmerksame, sachkundige Bedienung und gute Unterhaltung der Ventile erforderlich.

<sup>1)</sup> Vergl. die Umfrage des Vorstandes des schlesischen Vereins zur Förderung der Kulturtechnik von 1904.

<sup>2)</sup> Der Kulturtechniker 1905, S. 196.

## § 83.

**Drainageventile.** Die Ventile müssen wie die Petersenschen Ventile aus gutem, dauerhaftem Material in zuverlässiger Bauart hergestellt werden und einen möglichst wasserdichten Schlufs zulassen. Sie bestehen in der Regel aus 3 Teilen: dem eigentlichen Ventil mit dem Ventilsitz, ferner dem Steigrohr und drittens dem Tagrohr. Ventil und Steigrohr müssen wasserdicht und fest verbunden werden, damit der gehobene Grundwasserstand nicht unbeabsichtigt Vorflut in dem Ventil finde. Das Tagrohr ist aber nur lose über das Steigrohr zu schieben, es muß den Bewegungen des Bodens folgen können, welche durch die Einwirkung des Frostes hervorgerufen werden, es muß auch den Stößen und Verschiebungen nachgeben können, welche bei der Bestellung und Aberntung des Feldes unvermeidlich sind, ohne daß diese auf die festen Teile des Ventils und die Lage der Drains übertragen werden können. Eine feste Verbindung des Tagrohrs mit dem Ventil wäre fehlerhaft. Die Wirkung der Ventile muß dadurch sicher gestellt werden, daß eine Umspülung oder Unterspülung durch das angestaute Wasser unter allen Umständen vermieden wird. Da der Drainstrang unterhalb des Ventils Vorflut bietet, so ist der Sammeldrain auf 3 bis 5 m Länge oberhalb und auf 2 bis 3 m Länge unterhalb des Ventils durch Muffenröhren in Zement zu dichten.

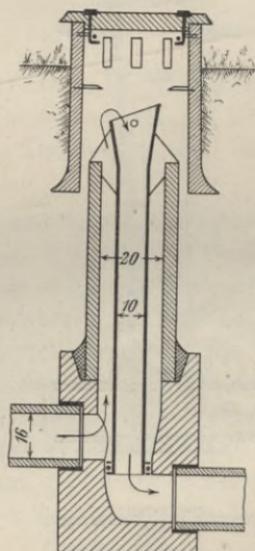


Fig. 517. Drainageventil.  
(Nach Prof. Dr. Luedecke.)

An Stelle des Tones hat man bei Herstellung der Ventile für die Ackerdrainagen das Material der Neuzeit — Stampfbeton — gewählt. Fig. 517 zeigt ein von Prof. Dr. Luedecke in Breslau entworfenes Ventil. Der Betonkörper, welcher den eigentlichen Ventilabschlufs bildet, enthält in verschiedener Höhe die runden Einlässe für die Sammeldrains. Zwischen den beiden Einlässen verbleibt eine kurze, lotrechte, trichterförmige Röhre, welche den Ventilsitz bildet. Das 20 cm weite Steigrohr ist mit dem Ventil fest verbunden, das Tagrohr wird lose über das Steigrohr geschoben. Innerhalb des Standrohres befindet sich eine 10 cm weite Röhre aus Zinkblech, die unten zwischen Ansätzen einen Gummiring trägt, oben mit Hilfe von Blechansätzen am Standrohr gestützt wird. Diese Zinkröhre dient als Überlaufröhre. Das über ihren oberen Rand fallende Grundwasser kann durch das Ventil in den Sammeldrain abfließen. Die

Höhe der Zinkröhre gibt sonach die Erhebung des Grundwassers an. Will man die Wirkung des Ventils aufheben, so wird das Zinkrohr an dem eingelöteten Handgriff in die Höhe gezogen und mittels Blechbacken an zwei im Tagrohr angebrachten Haltern aufgehängt. Dann fließt das gestaute Wasser ab.

Bei dem Luedeckeschen Ventil liegt der untere Drainstrang tiefer als der obere, es tritt daher hier ein Gefällverlust ein. Ein anderes, von dem Kultur-Ingenieur Krause in Pless entworfenes Ventil für Ackerdrainagen vermeidet diesen Gefällverlust. Es ist in Fig. 518 dargestellt

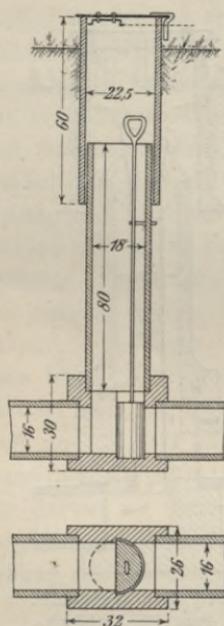


Fig. 518. Drainageventil.  
(Nach Kult.-Ingenieur Krause.)

und wird von Liebold & Co. in Holzminden gefertigt. Der Ventilsitz ist wiederum ein viereckiger Betonkörper mit gerader unterer Grundfläche. Die Auflager für die benachbarten anschließenden Drainröhren liegen in gleicher Höhe. Das eigentliche Ventil ist ein Halbzylinder aus Beton, in dem eine 40 . 5 mm dicke Stange eingestampft ist, deren Handgriff das Heben und Aufhängen des Ventils ermöglicht. Das Vermeiden des Gefällverlustes ist ein Vorzug dieses Ventils. Ein Nachteil liegt darin, daß das Überlaufrohr fehlt. Um ein solches anzubringen, müßte das Steigrohr in angemessener Höhe einen Stutzen erhalten, von dem aus ein gekrümmtes Rohr nach dem Sammeldrain unterhalb des Ventils zu führen wäre.

Den dichten Schluß der Krauseschen Ventilkörper will Mannskopf<sup>1)</sup> dadurch verbessern, daß er vorschlägt, das Ventil schräg geneigt etwa in der Neigung 100 : 7 anzuordnen, ein Vorschlag, der uns beachtenswert erscheint.

Wird diese Neigung auf die zylindrische Anschlußfläche des Ventilkörpers gegen den Ventilsitz beschränkt, so würde sie auch stärker als 7% gewählt werden können, und es würde die Möglichkeit vorliegen, an Stelle der Zugstange ein Überlaufrohr innerhalb des Steigrohrs selbst anzubringen, welches in das angemessen zu durchbohrende Betonventil einzustampfen wäre.

Das neuerdings nach dem Vorschlage von C. Valenthorn in Münster durch G. Usadel in Minden (Westf.) hergestellte Drainageventil, von dem sich eine Abbildung in den Mitteilungen des Moorkulturvereins 1908, S. 209 befindet, besteht aus 4 in Falzen übereinander geschichteten

<sup>1)</sup> Der Kulturtechniker 1905, S. 270.

viereckigen Betonkörpern, deren unterster als Ventil Sitz und deren oberster als Tagrohr dient. Das Ventil wird durch einen Schieber aus Zinkblech ersetzt, der in einem eingestampften Falz sich bewegt und durch eine Stange hochgezogen werden kann. Das gestaute Wasser soll durch Öffnungen im Tagrohr an die Oberfläche treten. Soll es in die Drainage zurückgeleitet werden, so ist ein besonderes Überlaufrohr anzubringen. Das Ventil hat demnach viel Ähnlichkeit mit dem Krauseschen Ventil. Es unterscheidet sich von diesem nur durch den Zinkschieber und die feste Verbindung mit dem Tagrohr. Beide Änderungen sind unseres Erachtens nicht zweckmäßig.

### § 84.

**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, alle 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 darf 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 Farbenstreifen, 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. 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, so daß 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

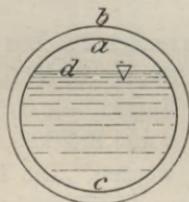


Fig. 519.  
Drainrohrquerschnitt.

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. 519), sondern entweder auf die Scheitelhöhe (Punkt *a*) oder auf die Decke der Drains (Punkt *b*, Fig. 519). In diesen beiden Fällen entspricht die Ausführung der Drainage besser der Berechnung. Denn der Gefäll-Berechnung liegt nicht das Ge-

fälle der Sohle, sondern das Gefälle des Wasserspiegels zugrunde (Höhe  $d$ , Fig. 519). 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 dichtschiessend auszuführen.

Als Muster für die Darstellung diene der beigefügte Drainplan Tafel VII nach S. 490.

Eine *Übersichtskarte* ist dann erforderlich, wenn für größere Drainpläne die Möglichkeit der Vorflutbeschaffung nachgewiesen werden soll. Der Maßstab 1 : 25 000 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, *alte* 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. 128.

## § 85.

**Entwerfen der Drainagepläne.** Nachdem der Drainplan aufgenommen ist, die Schichtenlinien verzeichnet, alle die Vorflut beeinflussenden

Umstände ermittelt und in dem Drainplane niedergelegt sind, auch die Ergebnisse der Bodenuntersuchung dargestellt und die Höhenpläne der Vorfluter gezeichnet sind, werden in dem Lageplan die Richtungslinien für die Sauger oberflächlich entworfen und der Verlauf der Sammler, insbesondere der Hauptsammler, ungefähr ermittelt. Anschliessend hieran werden die Stellen für die Ausmündungen in dem Lageplan gesucht und in die Höhenpläne der Vorfluter übertragen, um zu prüfen, ob die in Aussicht genommenen Stellen den Gefällverhältnissen der Vorfluter und den dort herrschenden Wasserständen entsprechen, oder ob etwa durch eine Regulierung der Vorfluter die in den meisten Fällen erforderliche Senkung der Wasserstände herbeigeführt werden kann. Bietet dies Schwierigkeiten, so ist durch eine angemessene Änderung in der Führung der Sammler oder Teilung der Systeme die Lage der Ausmündung zu berichtigen.

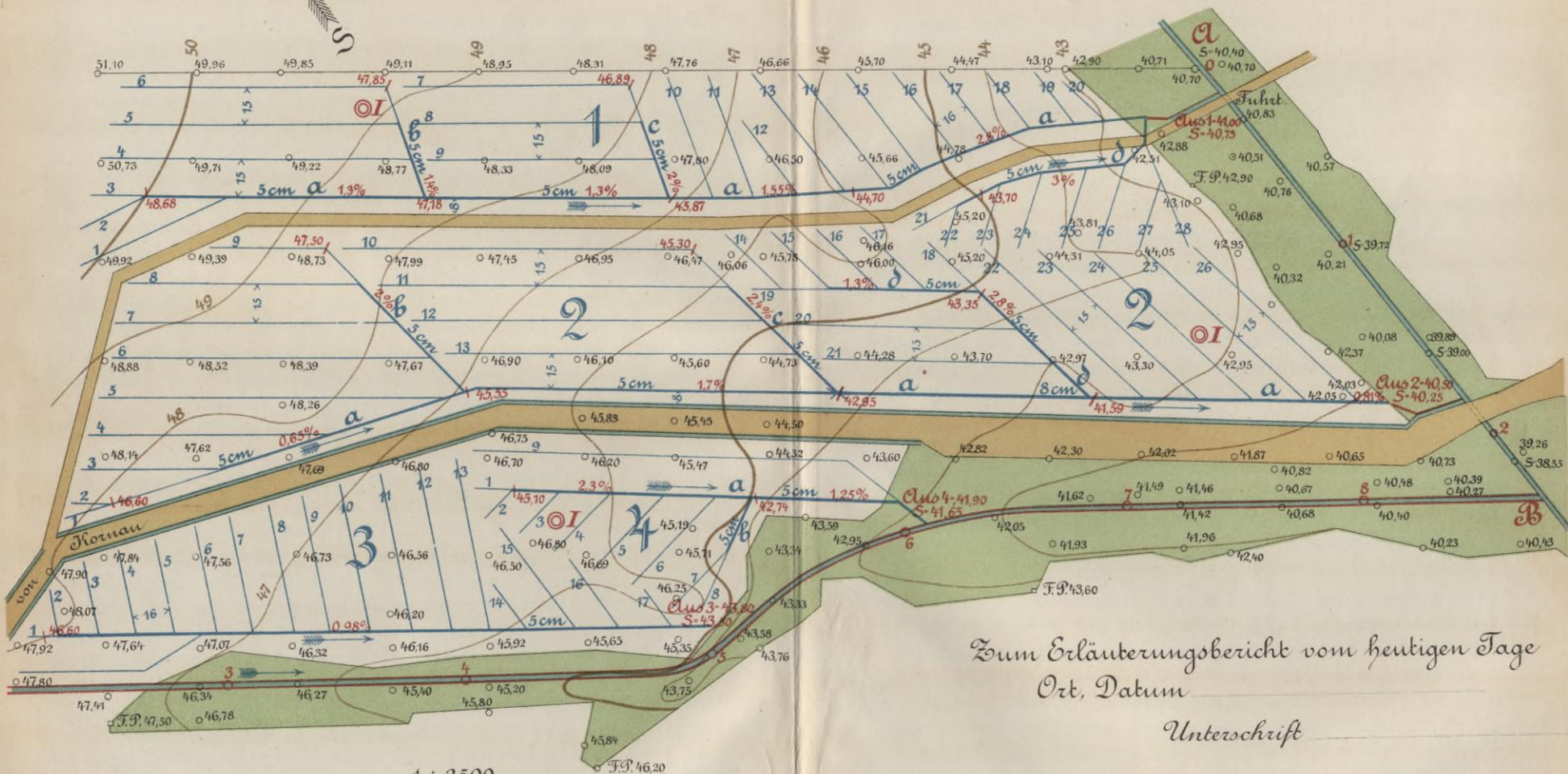
Darauf wird für jede Ausmündung die Entwässerung des zugehörigen Systems durch vorläufige Berechnung des wichtigsten in ihm vorhandenen Sammlers oder Sammlerteils untersucht. Dieser Sammler ist gewöhnlich derjenige Lauf, welcher kurz vor der Ausmündung liegt, wo die Wasserführung sehr groß und das Gefälle sehr gering ist. Hierbei wird sich oft ergeben, dass eine Änderung der Systeme geboten ist. Dies ist besonders dann der Fall, wenn die erste Skizze nach dem richtigen Grundsatz aufgestellt war, möglichst wenig Ausmündungen und darum große Systeme zu bilden. Will man dann der Wohlfeilheit und der Bequemlichkeit bei der Ausführung wegen übergroße Drainweiten vermeiden, möglichst mit Drainröhren von 16 cm Durchmesser auskommen, so ist das beste Mittel, eine Verschiebung oder Änderung der Systeme vorzunehmen. Dies ist in dem Zustande, in welchem der Entwurf sich derzeit befindet, leicht und ohne Mühe ausführbar. Einzelne Gebiete des zu großen Systems sind den Nachbarsystemen zuzuweisen, unter Umständen ist das ganze System zu teilen, oder die Sammler und Sauger sind anders zu legen und zu verbinden. Hieraus ist ersichtlich, wie wichtig die vorläufige Berechnung einzelner Sammler ist. Man erhält dadurch Klarheit über die Größe der Systeme, ihre Lage und die Lage der Ausmündungen. Diejenigen Sammlerteile zu finden, für welche das Auskommen mit den gangbaren Röhrendurchmessern voraussichtlich zweifelhaft ist, und welche deshalb der vorläufigen Berechnung unterworfen werden müssen, bietet einem einigermaßen erfahrenen Kultur-Ingenieur keine Schwierigkeiten.

Sind auf diese Weise die Systeme und die Ausmündungen festgelegt, so folgt die Berechnung der Gefälle und Querschnitte der Vorfluter nach ihrem Niederschlagsgebiet und der Wasserführung, derartig, dass ein hohes Herbstwasser 10 bis 20 cm unter der Ausmündung verbleibt. Die Regulierung der Vorfluter kann nach den im § 53 gegebenen Vor-



# Drainage - Entwurf für einen Teil des Rittergutes N. N.

## Lageplan.



Zum Erläuterungsbericht vom heutigen Tage  
Ort, Datum

Unterschrift



schriften auf die Strecke unmittelbar unterhalb der Ausmündung beschränkt werden.

Ist die Regulierung der Vorfluter entworfen, so ist damit die Stelle und Höhenlage jeder Ausmündung endgültig festgelegt. Es bleibt noch übrig die Systeme im einzelnen zu entwerfen, die Sauger unter Berücksichtigung der aus der Bodenbeschaffenheit und anderen Umständen (§ 46) abgeleiteten Strangentfernung zu verzeichnen, auch die Lage der Sammler genauer anzugeben und diese demnächst zu berechnen. Die Berechnung der Sammler wird keine Schwierigkeiten mehr bieten, weil schon vorher ermittelt worden war, daß diejenigen Strecken, welche zu Bedenken Anlaß geben könnten, mit den zur Verfügung stehenden Röhren und dem vorhandenen Gefälle verlegt werden können.

### § 86.

**Veranschlagung der Drainage-Entwürfe.** Neben den zeichnerischen Darstellungen gehören zu den Drainage-Entwürfen an Schriftstücken: der Erläuterungsbericht, die tabellarischen Nachweise und Massenberechnungen, sowie die Kostenberechnung. Kann die Ausführung der Drainage nur durch die Bildung einer öffentlichen Wassergenossenschaft erfolgen, so ist auch ein Teilnehmerverzeichnis erforderlich.

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 S. 427 geführt.

Weiter ist in dem Erläuterungsbericht die getroffene Systemerteilung zu erläutern und als zweckmäßig 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 S. 425 vorzulegen.

Ferner muß der Erläuterungsbericht Angaben über die Bezugsquellen der Materialien und über die Beschaffenheit der Wege enthalten, so daß danach die für die Baustoffe in Ansatz gebrachten Preise geprüft werden können; ebenso sind Angaben über die ortsüblichen Tagelöhne erforderlich zur Begründung der im Kostenanschlag ausgeworfenen 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 außer den bereits erwähnten Tabellen:

1. über die Richtigkeit der Vorflutgräben nach S. 427,
2. über die Richtigkeit der Drainrohrweiten nach S. 425,

noch die Massenberechnungen beizubringen, die zur Veranschlagung der Arbeiten nötig sind. Es sind dies die Tabellen:

3. Zusammenstellung der Sammler und Sauger nach S. 493,
4. Ermittlung der Stückzahl und des Gewichts der Röhren nach S. 494,
5. Ermittlung der Muffenröhren nach S. 494.

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.

*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 Bodenaushhebung nach Metern

der Grabenlänge berechnet werden; bei größeren Gräben dagegen wird die zu bewegende Bodenmasse besonders berechnet und die Veranschlagung nach dem Einheitspreise 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, so daß 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 420 bis 423, S. 428 und 429 die Sohlen und Böschungen der Vorfluter in der Nähe der Ausmündungen besonders befestigt und in ihrer Höhenlage durch Grundpfähle sichergestellt werden müssen.

*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							
	usw.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	b	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
	usw.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Zusammen System 1				2 676	276	85	302	150	80	71	
2	a	usw.	.	.	.	.	.	.	.	.	
<i>B. Zusammen in allen Systemen.</i>											
1				2 676	276	85	302	150	80	71	
2				usw.	.	.	.	.	.	.	
3				.	.	.	.	.	.	.	
usw.				.	.	.	.	.	.	.	
Summa				35 276	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 1000 Stück 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	Bezeich- nung der Sammler	Längen der Muffenröhren von						Bemerkungen.
		8 cm	10 cm	13 cm	16 cm	18 cm	21 cm Durchmesser	
		für Drainstränge von						
		5 cm	6,5 cm	8 cm	10 cm	13 cm	16 cm Durchmesser	
		m	m	m	m	m	m	
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 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 grössere 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 grössere Tiefen der Draingräben sind bei Saugern selten, bei Sammlern nur dann besondere Zuschläge zu machen, wenn die Sammler Höhenrücken durchschneiden. Die Länge der grösseren Tiefen ist aus der Zusammenstellung der Sammler ersichtlich. Für die Anlage der Ausmündungen und ihre etwa nötige Sicherung durch Umfriedigungen (§ 62), für die Ausstattung der Ausmündungen durch Vorbaue (§ 66), für die Anlage von Drains in moorigen Gründen (§ 70), für die etwa gewünschte Anlage von Brunnenstuben (§ 71), für die etwa nötige Anlage von Tagwassereinlässen (§ 72), für das Verlegen von Muffenröhren mit oder ohne Zementierung (§§ 73 und 74) sind in besonderen Ansätzen Zuschläge zu dem Preise für Verlegen usw. 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 Schiffslagerplatz 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 die Anfertigung der Schluskkarte 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.

#### § 87.

**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. § 102) schon Jahrhunderte alt, während die richtige zielbewufte 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 planmäßig 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.

#### § 88.

**Grundwasserkurven in Moorböden.** Die Grundwasserstände in Moorböden sind schwierig zu regeln, weil das Moor sehr schwer das

<sup>1)</sup> Die Moorversuchsstation in Bremen hat eine Anweisung zur Entnahme von Bodenproben behufs chemischer und physikalischer Untersuchung herausgegeben (s. Mitt. d. Moorkultur-Vereins 1895 und 1898, S. 249). Vergl. vor allem § 113: „Die Prüfung des Moorbodens auf seine land- und forstwirtschaftliche Verwertbarkeit“ in Abschnitt I, *Bodenkunde*, dieses Werkes.

Wasser abgibt, wie man sagt, eine große wasserhaltende Kraft besitzt. Den gewöhnlichen Entwässerungsmitteln — Gräben oder Drains — folgt deshalb der Grundwasserstand im Moor nur sehr langsam. Dies wird veranschaulicht durch die Fig. 520 bis 522, welche Querschnitte von Mooren darstellen, die durch Gräben entwässert worden sind.

Fig. 520 stellt nach Geheimrat Prof. Fleischer den Grundwasserstand im Hellweger Moor während der Jahre 1888 bis 1889 dar.<sup>1)</sup> Das Moor ist ein Hochmoor, welches vor Jahren zum Teil für Brennzwecke ausgetorft worden war. Dadurch war in dem Moor eine senkrechte Wand von etwa 2,1 m Höhe entstanden. Das Grundwasser des ausgetorften Teils wurde durch einen 1,5 m tiefen Graben gesenkt. Diese Senkung setzte sich in dem niedrigen ausgetorften Teile ziemlich gleichmäßig fort. Die in der Zeichnung angegebenen drei Grundwasserlinien, welche

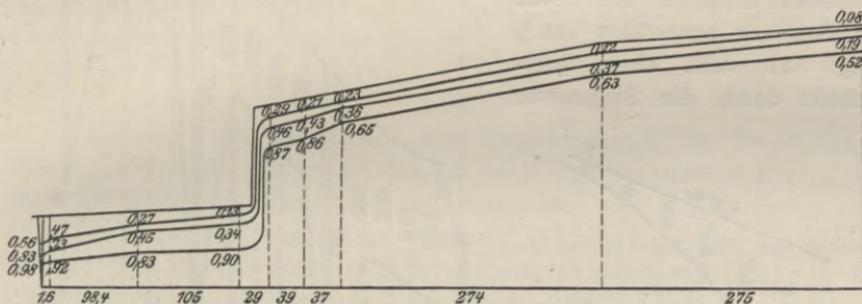


Fig. 520. Grundwasserstände im Hellweger Moor 1888 bis 1889. (Nach Fleischer.)

den höchsten, den mittleren und den niedrigsten Grundwasserstand während der Beobachtungszeit darstellen, zeigen, daß der Wasserstand im Graben selbst auf 210 m Breite des ausgetorften tiefen Teiles wirkte. Da, wo die untere Ebene aufhört, steigt aber das Grundwasser plötzlich an der 2,1 m hohen Wand fast lotrecht in die Höhe, um demnächst wieder in geringer Tiefe unter der Oberfläche zu verlaufen. Die den Wasserstandslinien beigegeführten Zahlen geben die Tiefe des Grundwassers unter der Mooroberfläche an. Sie zeigen, daß in dem oberen nicht ausgetorften Teil die Wassertiefe von der hohen Wand ab stetig abnimmt, also ein Gefälle des Grundwassers zu bemerken ist. Dies Gefälle und diese Senkung des Grundwassers ist aber nicht auf den Graben als Ursache zurückzuführen, denn sie würden sich eingestellt haben auch ohne den Graben allein unter der Wirkung der als Entwässerungsmittel wirkenden 2,1 m tiefen Austorfung. Sie lassen darauf schließen, daß in Mooren ganz andere Ursachen die Grundwasserstände beeinflussen als in mine-

<sup>1)</sup> Protokoll der 24. Sitzung der Zentral-Moorkommission 1890.

ralischen Böden. Auf diese Ursachen werden wir im § 89 noch genauer eingehen. Hier soll an der Hand der Fig. 520 der wichtigste Umstand für die Grundwassereinstellung in Mooren hervorgehoben werden: die Undurchlässigkeit des Moores für Wasser, die Hindernisse, welche die dicht gedrängten Moorfasern der Wasserbewegung entgegenstellen und die Schwierigkeit, die sich daraus ergibt, den Grundwasserstand im Moor durch künstliche Anlagen — Gräben oder Drains — zu senken und durch dieselben Anlagen wieder zu heben.

Die Fig. 521 und 522 zeigen Grundwasserbeobachtungen in Niederungsmooren, die der Ingenieur Andreas Kornella in Lemberg ausgeführt hat.<sup>1)</sup> Fig. 521 stellt einen Querschnitt durch die Stojanower

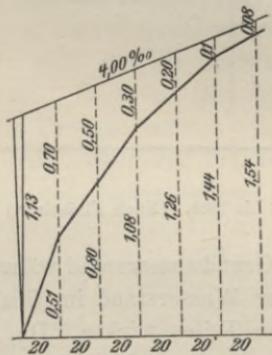


Fig. 521. Grundwasserstand in den Stojanower Sumpfen bei Peratyn.

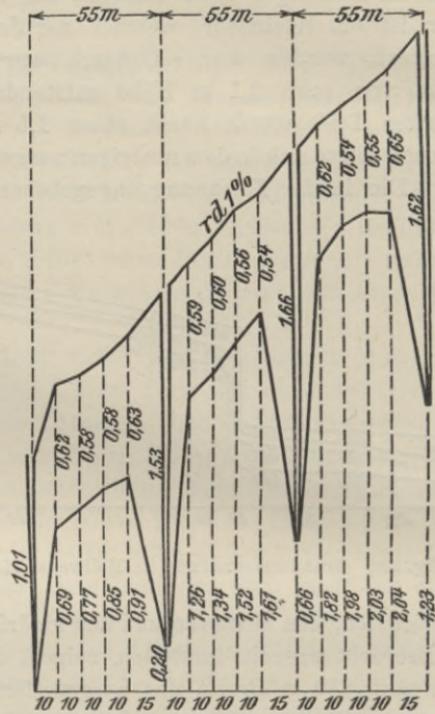


Fig. 522. Grundwasserstand im kultivierten Niederungsmoor bei Koltow. (Nach Kornella.)

Sumpfe bei Peratyn dar. Das Niederungsmoor hat etwa 5 m Mächtigkeit, die oberste Schicht ist in 0,3 m Stärke gut, die übrige Hauptmasse des Moores aber sehr wenig zersetzt. Der Entwässerungsgraben von 1,13 m Tiefe wurde 1897 angelegt. Ein Jahr später, im Jahre 1898, wurde durch Probelöcher in 20 m Entfernung die Tiefe des Grundwassers bei mittleren Wasserständen untersucht. Diese Untersuchungen ergaben die in der Zeichnung dargestellte, stark aufwärts gekrümmte Grundwasserlinie.

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 1905, S. 139.

Noch auffälliger ist das Ansteigen der Grundwasserkurve in dem in Fig. 522 dargestellten kultivierten Niedermoor bei Koltow. Die Beete haben 55 m Breite, die Entwässerungsgräben 1,6 m Tiefe. Die große Tiefe der Grundwassersenkung an den Gräben war aber schon in 15 und 10 m Entfernung nicht mehr zu beobachten. Das Grundwasser stand in den Beeten im allgemeinen ziemlich gleichmäßig, 0,54 bis 0,65 m, unter der Mooroberfläche. Leider sind keine Grundwasserbeobachtungen in geringerer Entfernung als 10 m von den Gräben vorgenommen worden. Sie würden das Ansteigen der Grundwasserkurve noch genauer haben erkennen lassen. Denn wie anzunehmen ist, daß das Grundwasser an der linken Seite der Gräben, wo die Probelöcher in 15 m Entfernung angelegt worden waren, ebenso steht wie an der rechten Seite, wo man sie in 10 m Entfernung anlegte, so ist zu vermuten, daß Bohrlöcher innerhalb der 10 m Entfernung eine aufwärts gerichtete Krümmung der Grundwasseroberfläche ergeben hätten.

### § 89.

#### Hebung und Senkung des Grundwassers in Moorböden.

Wichtiger als die Darstellung des Verlaufs der Grundwasserkurven im Moor ist die Untersuchung über die Änderungen, welche die Grundwassertiefe im Laufe der Jahreszeiten annimmt und die Ursachen, die hierzu führen. Das Grundwasser im Moor wechselt, es steigt und fällt, und die Ursachen für das Steigen und Fallen liegen nicht so sehr in der Tätigkeit des Menschen als vielmehr in anderen Einwirkungen der Natur, in den Niederschlägen, der Verdunstung und dem Wasserverbrauch der Pflanzen. Diese Verhältnisse sind in sehr anschaulicher Weise klar gestellt worden durch die Grundwasserbeobachtungen, welche Professor Dr. Tacke in einem Hochmoorboden während der Monate März bis Dezember 1904 angestellt hat, und welche in der Fig. 523 erläutert werden.<sup>1)</sup>

Während die Wasserhöhe in den 0,67 m tiefen Entwässerungsgräben ziemlich gleich blieb, nämlich 0,57 bis 0,65 unter Geländehöhe, wechselte der Grundwasserstand in den etwa 25 m breiten Beeten recht erheblich. Die Figur zeigt die mittleren Grundwasserstände der einzelnen Monate innerhalb des Beetes an den Beobachtungsstellen. In den Monaten März und April 1904 hatte der Grundwasserstand eine aufwärts gekrümmte Form. Im Monat Mai war er nahezu horizontal. Es war sonach der Wasserstand innerhalb des Beetes erheblich stärker gefallen als der Wasserstand in den Gräben. Da die Regenhöhe ziemlich gleich blieb, sogar ein wenig zunahm, von 30 mm im Monat März auf 34,8 mm

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1906, S. 120.

im Monat Mai, so ist diese Senkung zum Teil auf die Wirkung der Entwässerungsgräben, zum Teil aber und besonders im Monat Mai auf die beginnende Vegetation und die Verdunstung zurückzuführen. In den Monaten Juni, Juli und August 1904 trat eine auffällige Senkung des Grundwasserstandes in den Beeten ein, eine Senkung, die so groß war, daß die Grundwasserkurve sich nach unten krümmte. Diese Senkung war eine Folge der Abnahme der Niederschläge, welche von 34,8 mm im Mai bis auf 18,9 mm im August zurückgingen, außerdem aber und sehr wahrscheinlich in weit höherem Maße die Folge des Wasserverbrauchs durch die Vegetation und durch Verdunstung. Von einer Wirkung der Gräben für die Entwässerung konnte in diesen Monaten keine Rede sein, denn

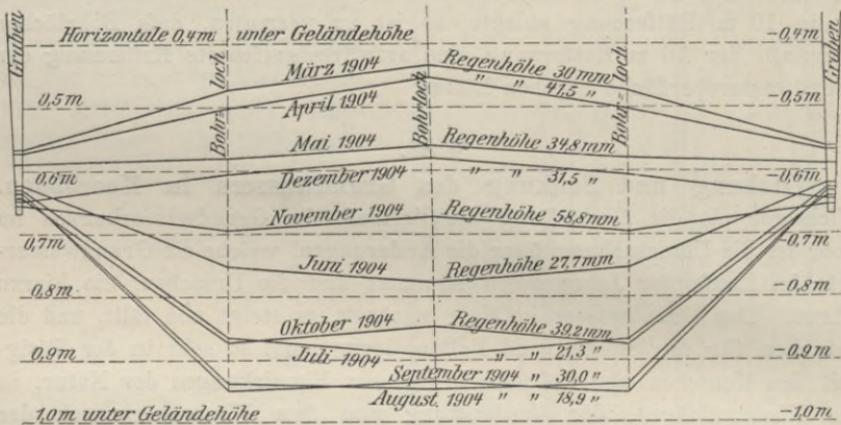


Fig. 523. Grundwasser-Beobachtungen im Hochmoor. (Nach Tacke.)

das Wasser in den Gräben stand höher als das Grundwasser der Beete. Die Gräben hatten sonach nicht als Entwässerungs-, sondern nur als Bewässerungsgräben zur Durchtränkung des Bodens dienen können. Aber diese Wirkung war gering oder vollzog sich so langsam, daß sie nicht imstande war, den Grundwasserstand in den Beeten auf seiner Höhe zu erhalten. Die durchtränkende Wirkung der Gräben erstreckte sich nur auf ihre nächste Umgebung. Sie erreichte die Mitte der Beete nicht. Erst als vom September ab die Regenfälle reichlicher wurden, im November bis auf 58,8 mm stiegen, und gleichzeitig Pflanzenwuchs und Verdunstung nachließen, begann der Grundwasserstand in den Beeten sich zu heben. Dies geschah zuerst inmitten der Beete im September und Oktober und setzte sich in den folgenden beiden Monaten fort, so daß der Grundwasserstand im Dezember 1904 wieder die aufwärts gekrümmte Linie annahm.

Die in Fig. 523 niedergelegten Beobachtungen zeigen sonach, daß der Grundwasserstand in Moorböden vorzugsweise abhängig ist von Regenhöhe, Verdunstung und dem Wasserverbrauch durch den Pflanzenwuchs. Die Pflanzen entnehmen ständig mit ihren Wurzeln Wasser aus den tieferen Schichten, führen es in die Höhe und verbrauchen es selbst oder verdunsten es. Eine lebende Pflanzendecke erhöht in ungewöhnlichem Maße die Verdunstung des Bodens.<sup>1)</sup> Und wie groß der Wasserverbrauch durch die Pflanzen selbst ist, ergibt sich beispielsweise aus dem Umstande, daß eine normale Haferernte 200 mm Wasserhöhe beansprucht, und daß erfahrungsmäßig jeder Fichtenbestand in einem nassen Hochmoor eine trockene Oase bildet. Wir erfahren aus den Beobachtungen, daß die Gräben wohl in den ersten Monaten des Jahres das Moor zu entwässern vermögen, daß sie aber in den Sommermonaten keinen Einfluß mehr auf die Entwässerung ausüben, sondern nur zur Anfeuchtung dienen können, und daß sie auch diese Aufgabe nur unvollkommen erfüllen, weil das Moor viel zu schwer durchlässig ist, viel zu viel Widerstände der Fortbewegung des Grundwassers entgegengesetzt, so daß die Gräben nur ihre nächste Umgebung beeinflussen können.

Ähnliche Beobachtungen sind auch in Niederungsmooren gemacht worden. Sie zeigen, wie die Entwässerung von Mooren gehandhabt werden muß. Man muß die Moore kräftig entwässern in niederschlagreicher und vegetationsarmer Zeit, wenn die Verdunstung durch Boden und Pflanzen gering ist, also zu Anfang jeden Jahres. Es ist also nicht gut, die Räumung von Moorgräben und alle anderen Arbeiten zur Förderung der Vorflut in den Mooren bis zum Beginn der Vegetation hinauszuschieben. Die Vorflutbeschaffung muß im Gegenteil schon viel früher, schon während der kalten Jahreszeit ansetzen, unter Umständen schon im Winter oder sogar im Herbst. Aber später in den Sommermonaten, spätestens vom Mai ab, muß die Wirkung der Entwässerung durch geeignete Stauanlagen beschränkt werden. Es kommt dann darauf an, den natürlichen auf die Senkung des Grundwasserstandes in den Mooren wirkenden Einflüssen nach Möglichkeit zu begegnen. Es kann der Wasserstand in den Moorgräben während des Sommers unbesorgt ein viel höheres Maß annehmen, als sonst in anderen Bodenarten zuzulassen wäre.

Diese Vorschrift ist vor allen Dingen zu beachten bei unbesandeten Moorwiesen (§ 101). Hier besonders wird durch Erhaltung des Grundwasserstandes, also durch Anstauen des Wassers in den Gräben die Ernte günstig beeinflusst. Dies Anstauen muß zeitig im Frühjahr begonnen werden, weil das Wasser lange Zeit gebraucht, um aus den Gräben bis

<sup>1)</sup> Vergl. die Ausführungen des Verfassers im Handbuch der Ingenieurwissenschaften III. Teil, Wasserbau, 4. Aufl., 1905, S. 56.

in die Mitte der Beete zu gelangen, und es ist diesen Verhältnissen schon bei Anlage der Kulturen Rechnung zu tragen dadurch, daß man die Beete bei allen Moorkulturen, welche eine zu tiefe Absenkung des Grundwassers nicht ertragen können, schmal herstellt, damit die Entfernung der Gräben nicht zu groß wird.

### § 90.

#### Anlage der Gräben bei der Rimpauschen Moordammkultur.

Die Entwässerung ist von der größten Bedeutung für das Gelingen der

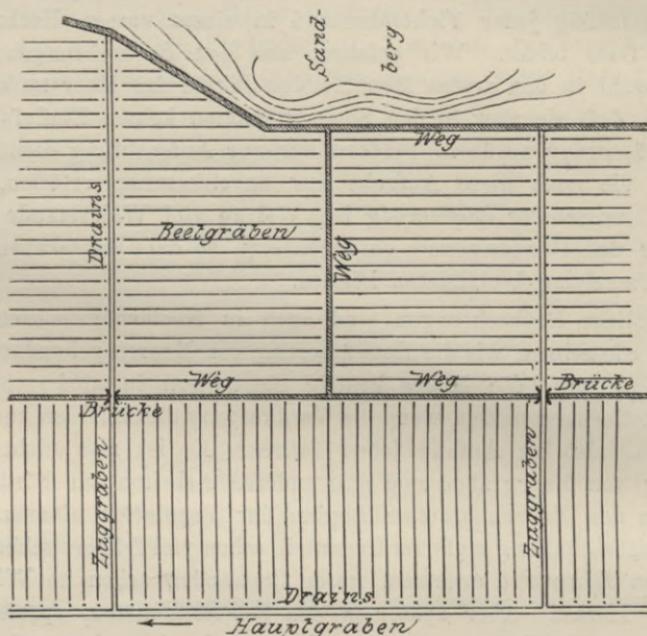


Fig. 524. Moorkultur-Lageplan.

Kultur. Sie findet in der Regel statt durch offene Gräben nach den Ausführungen des § 32. 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 (§ 95) bequem befahren werden können (Fig. 524). 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, 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 Her-

stellung des Grabennetzes mit Überhöhung verschüttet. Über die Führung der Gräben im Moor vergl. § 32.

Die *Tiefe der Gräben* wird in flachem Moor auf die für Ackerkulturen maßgebende Tiefe, 1 m, bemessen (s. § 11); 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 da die Abgabe des Wassers aus dem Moor nur sehr langsam stattfindet, so ist es nützlich, 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. Kann die Tiefe von mindestens 1 m nicht mit Sicherheit erreicht werden, 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.

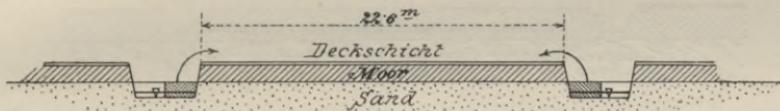


Fig. 525. Moorkultur-Querschnitt nach Rimpau, bei Entnahme des Deckbodens aus dem Untergrunde.

Die *Entfernung der Gräben* war von Rimpau auf 22,6 m von Bord zu Bord bemessen worden (Fig. 525). 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 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. § 95). 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. 526). Ist das Moor mächtiger, doch gut verwest und noch so flach, dafs die Sohlen der Gräben in den sandigen, durchlässigen Untergrund einschneiden, so genügt eine Grabenentfernung von 30 bis 35 m (Fig. 527). Ruht ein Moor von gleicher Beschaffenheit auf schwer durchlässigem Untergrunde, so wird die Grabenentfernung besser nur auf 25 bis 30 m bemessen (Fig. 528); denn

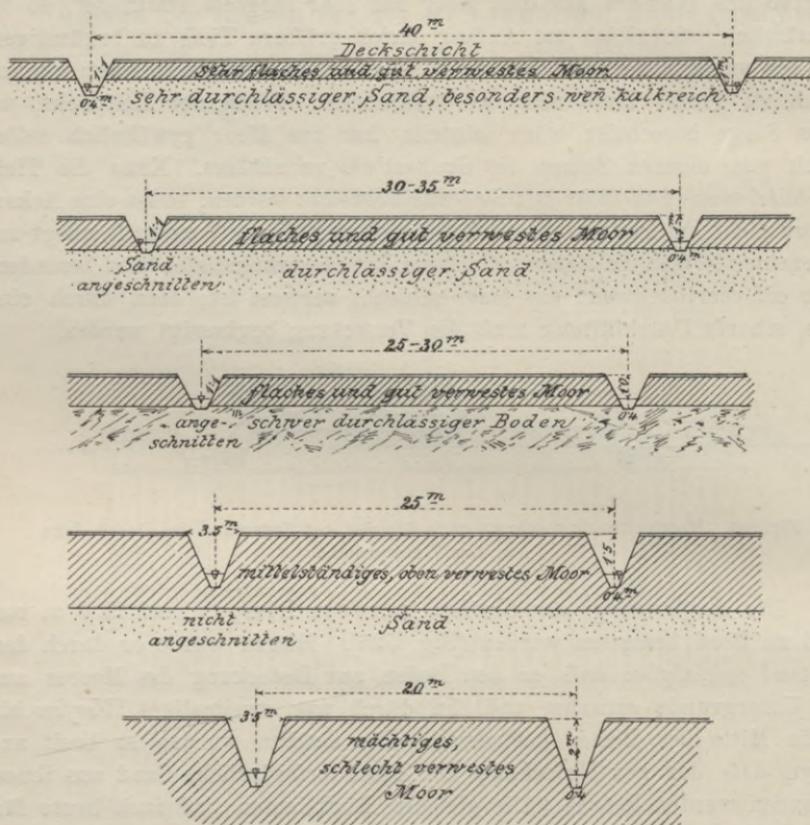


Fig. 526 bis 530. Moorkultur-Querschnitte bei seitlichen Sandentnahmen.

ein solches Moor hat nach der Entwässerung stets einen höheren Feuchtigkeitsgehalt als ein Moor mit sandigem Untergrunde. 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. 529). 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. 530). 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. 531 a und b).

Diese Angaben sind nach dem Klima zu ergänzen. Moore z. B. in Gebirgsgegenden mit reichen Niederschlägen müssen mit geringerer Grabenentfernung entwässert werden als Moore in regenarmen Gebieten.

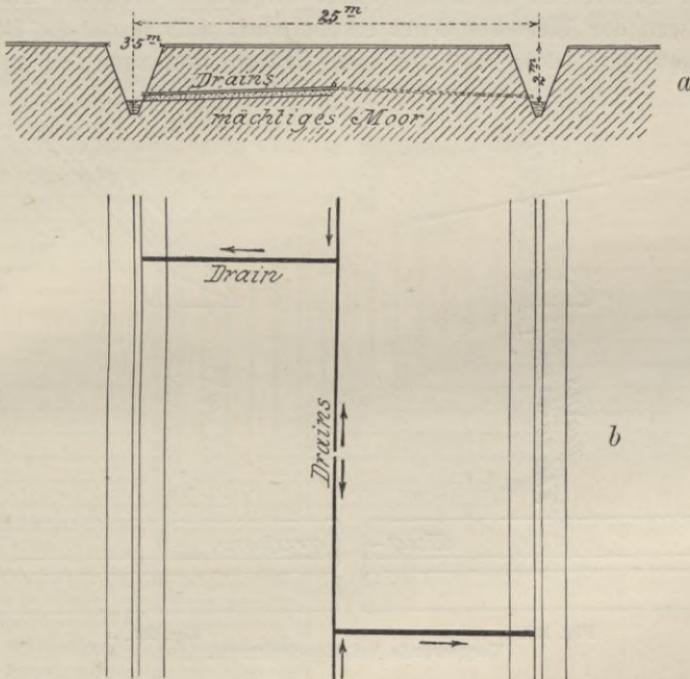


Fig. 531 a und b. Drains in mächtigem Moor.

*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. 532). Es ist nicht nötig, dass die Richtung der Drains einer etwa vorhandenen schrägen Richtung der Gräben entspricht. Die Drains können vielmehr nach Fig. 533 wohlfeiler auf dem kürzesten Wege nach dem Zuggraben führen.

Als Beispiel für die Anlage einer Moorkultur mit Entwässerung durch Gräben wird Fig. 534 beigelegt.

## § 91.

**Entwässerung der Moore durch Drainage.** Man hat die Drainage bei Moorkulturen nicht allein zur Unterstützung der Grabenentwässerung nach Fig. 531 *a* und *b* benutzt, sondern auch planmäßig wenn nicht alle, doch möglichst viel Gräben durch Drains ersetzt. Diese Art der Entwässerung von Mooren nimmt mehr und mehr zu. Die Vorteile sind in die Augen fallend (vergl. auch § 33). Sie bestehen darin, daß der Landverlust durch die Gräben erspart, die nutzbare Fläche also vergrößert, der Wert des Gutes erhöht wird; daß ferner die Bestellung erleichtert wird, denn die störenden Gräben sind zum Teil ganz fort-

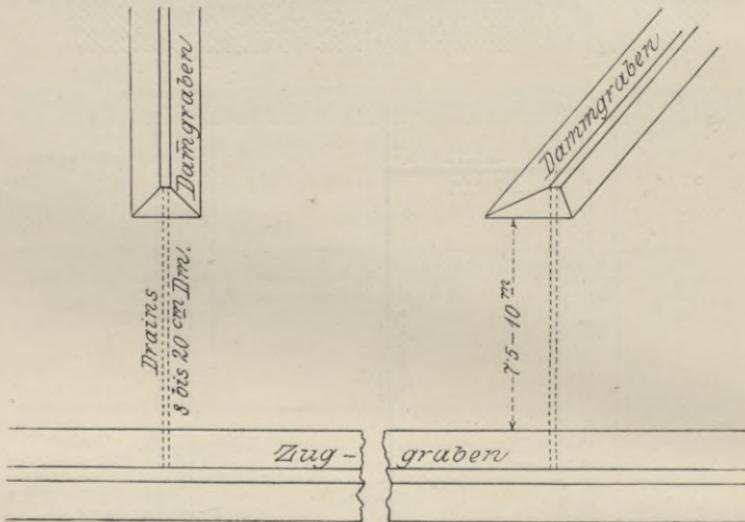


Fig. 532.

Vorgewende bei Moorkulturen.

Fig. 533.

gefallen, zum Teil sind sie so beschränkt, daß die Felder nicht lang und schmal, sondern breit und für die Bestellung bequem werden. Endlich wird die Entwicklung des Unkrautwuchses und des Ungeziefers beschränkt, denn die Grabenränder, welche dazu vorzugsweise Anlaß geben, sind größtenteils beseitigt. Der Nutzen, welchen man den Gräben früher zusprach, daß sie die Durchlüftung des Moores begünstigen, wird nach neueren Erfahrungen durch Drains ebensogut erreicht. 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 durch Gräben entwässert werden.

Ein wesentlicher Vorteil der Drainage, der erst in den letzten Jahren erkannt wurde, beruht darin, daß die Entwässerung durch Drains im Frühjahr zeitiger und wirksamer einsetzt als bei Gräben. Dies ist

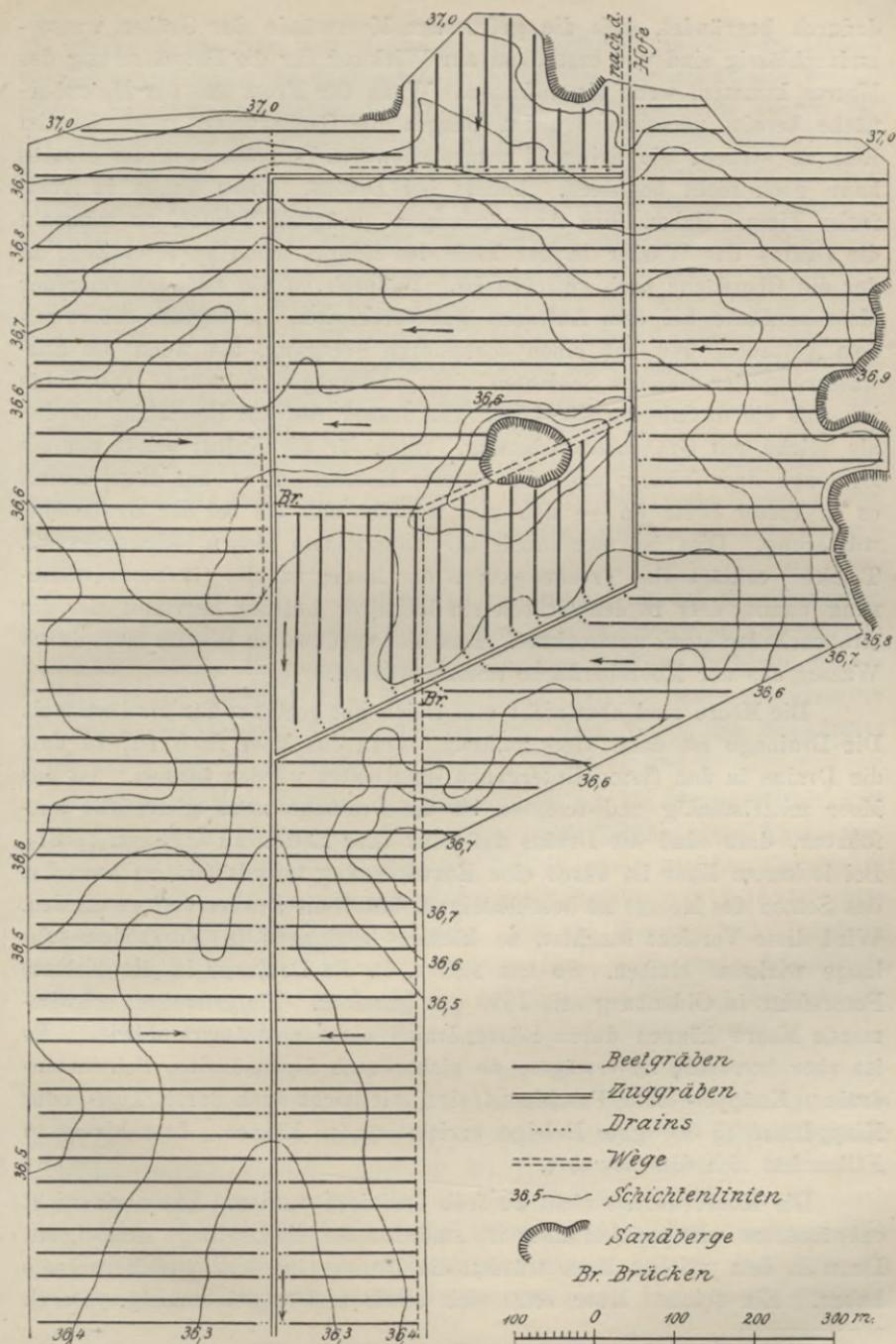


Fig. 584. Moorkultur mit Grabenentwässerung für einen Teil des Rittergutes Wend.-Wilmersdorf.

dadurch begründet, daß die gefrorenen Moorböden der Gräben wasserundurchlässig sind und erst dann zur Wirkung für die Entwässerung des Moores kommen, wenn sie auftauen. Wenn der Frost aus der Mooroberfläche bereits verschwunden ist, pflegen die Grabenwände noch fest im Eise zu stehen: die dringend wünschenswerte Entwässerung des Moores kann noch nicht beginnen. Anders bei Drains. Diese liegen in frostfreier Tiefe. Haben ihre Ausmündungen genügend Vorflut, so sammeln die Drains das Wasser in der Tiefe des Moores schon zu einer Zeit, in der die Oberfläche noch gefroren ist. Dadurch ist die Entwässerung der Mooroberfläche bei dem Auftauen gut vorbereitet, sie beginnt sofort mit dem Auftauen, und hat einen schnelleren Fortgang, als wenn die Entwässerung der tieferen Schichten nicht vorangegangen wäre. Die Folge ist, daß die drainierten Moorböden viel früher reif zur Bestellung werden als solche mit Grabenentwässerung. Auch für die Kultur selbst hat die Drainage den Vorzug, daß die oberste Moorschicht — auf diese kommt es in erster Linie an — sich viel feuchter hält als bei der Grabenentwässerung. Dies ist namentlich für unbesandete Moore bedeutungsvoll. Tacke<sup>1)</sup> erklärt dies Trockenwerden der Moore bei der Grabenentwässerung damit, daß in den Gräben ein lebhafter Luftzug herrscht, der die Grabenränder stark austrocknet. Das hier verdunstete Wasser muß durch Wasser aus der Mooroberfläche ersetzt werden.

Die Moore sind aber nicht alle gleich gut geeignet für die Drainage. Die Drainage ist dann stets zulässig, wenn das Moor flach ist, so daß die Drains in den festen Untergrund eingebettet werden können. Ist das Moor mittelständig und fest, so ist die Drainage zwar gleichfalls ausführbar, doch sind die Drains auf Sand oder Letten zu verlegen (§ 37). Bei lockerem Moor ist durch eine Entwässerung mittels Gräben zunächst das Setzen des Moores zu beschleunigen, bevor die Drains verlegt werden. Wird diese Vorsicht beachtet, so können Drainagen in Moorböden sehr lange wirksam bleiben. So hat sich z. B. die Drainage in der Kolonie Petersfehn in Oldenburg seit 1890 gut gehalten. Tiefgründige, schwimmende Moore können durch Röhrendrains nicht entwässert werden. Es ist aber immerhin zu erwägen, ob nicht durch Lattendrains, Schwartendrains, Knüppel- oder Faschinendrains, vielleicht auch durch Torf- oder Klappdrains (§ 36) gute Erfolge erzielt werden können. In zahlreichen Fällen hat sich dies bewährt.

Die Moore dürfen nicht zu früh drainiert werden. Ein noch nicht entwässertes sehr weiches Moor ist zunächst für die Drainage ungeeignet. Denn in dem weichen Moor würden die Drains eine sehr unsichere Lage haben. Ein solches Moor setzt sich stark und ungleichmäßig. Durch

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 108.

das starke Setzen tritt eine Minderung des Volumens ein, und die Drains können später leicht zu flach liegen. Durch das ungleichmäßige Setzen bilden sich Wassersäcke in den Drainzügen, die nachteilige Folgen für die Wirkung der Entwässerung und die Reinhaltung haben können. Soll ein weiches und tiefes Moor nicht etwa durch Faschinen oder ähnliche Drains entwässert werden, sondern soll dies durch Röhrendrainage geschehen, so ist, wie oben bemerkt, zunächst zu empfehlen, die Entwässerung durch Gräben oder Grippen vorzubereiten und erst dann Röhrendrains zu verlegen, wenn nach einigen Jahren das Moor sich genügend gesetzt hat. Auch dann ist wegen der Gefahr des Versackens vorsichtig zu verfahren: die Röhren sind durch Latten zu verlegen oder auf einer Unterlage von Kies, Sand oder Heidekraut (vergl. § 70). Um die Draingräben tunlichst zu schonen, ist der Legehaken zu benutzen; ja sogar ein Gasrohr, auf welches eine gröfsere Zahl von Röhren geschoben und welches mittels zweier Haltstangen in den Graben niedergelassen und nach der Lagerung der Röhren herausgezogen wurde, hat gute Dienste getan.<sup>1)</sup>

Die Gefahr der Verstopfung ist im allgemeinen bei Moordrainagen nicht sehr grofs. Dies rührt daher, dafs die Moorfaser sperrig ist und nicht so leicht in die Fugen gelangt. Kommen wirklich Teile des Moores in die Drains, so sind diese Teile so leicht, dafs sie schon bei geringer Wassergeschwindigkeit ausgespült werden. Die Weite der Saugdrains wird auf 4 oder 5 cm bemessen (vergl. § 76 No. 7 und 9).

Diese geringe Gefahr der Verstopfung ist ein Grund dafür, dafs man den Drains in Mooren unbesorgt geringes Gefälle geben kann, verhältnismäfsig schwächeres Gefälle als Drains unter gleichen Umständen in mineralischen Böden bekommen dürften. Gefälle von 0,15 ‰, unter Umständen auch 0,1 ‰ sind zulässig. Da die Mooroberflächen nahezu horizontal sind, so ist man sehr oft gezwungen, sogenanntes künstliches Gefälle anzuwenden, d. h. die Drains erhalten eine stärkere Neigung als das Gelände oder verlaufen auch entgegen der Geländeneigung.

Aus diesen Umständen ergibt sich, dafs die Moordrains im allgemeinen nur geringe Länge erhalten können. Die Länge beträgt selten mehr als 100 m. Und weiter folgt, dafs gewöhnlich nur kleine Systeme gebildet werden können. Dies ist ein Übelstand; denn je kleiner die Systeme sind, um so gröfser ist die Zahl der Ausmündungen und damit die Gefahr von Verstopfungen oder Beschädigungen der Ausgangstellen. Diesen Nachteil mufs man dadurch zu mildern suchen, dafs man die Ausmündungen möglichst dauerhaft und aus gutem Material herstellt.

<sup>1)</sup> Vergl. Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 101.

Die Strangentfernung muß bei Moordrainagen anders beurteilt werden als bei Drainagen in mineralischen Böden. Die geringe Durchlässigkeit des Moores führt dazu, daß die Grundwasserkurve zwischen zwei Drains im Moor viel steiler ansteigt und sich inmitten der Drains viel mehr der Oberfläche nähert als zwischen zwei Drains in mineralischen Böden. Daraus ergibt sich, daß die Strangentfernung geringer sein muß als bei gewöhnlichen Drainagen. Man wählt im allgemeinen 10 bis 15 m Entfernung, durchschnittlich 12,5 m.

Die Tiefe der Drains wird auf 0,9 bis 1,2 m bemessen. In Gegenden mit reicheren Niederschlägen, wie etwa in Süddeutschland, müssen die Drains tiefer liegen; in norddeutschen, weniger niederschlagsreichen Gebieten ist eine flachere Lage zulässig. Den Tiefen angemessen muß die Strangentfernung richtig beurteilt werden, um die beabsichtigte Grundwassersenkung zu erreichen.

Wenn das Moor eisenhaltig ist, was bei Grünlandsmooren oft vorkommt, so liegt die Gefahr vor, daß die Drains durch Niederschläge von Eisenoxydhydrat verstopft werden. Neben den im § 76 unter No. 9 gegebenen Vorschriften, die beachtet werden müssen, ist zu erwägen, die Drainagen mit Stauventilen zu versehen, um zeitweilig die Röhren mit dem gestauten Wasser spülen zu können und damit die Niederschläge

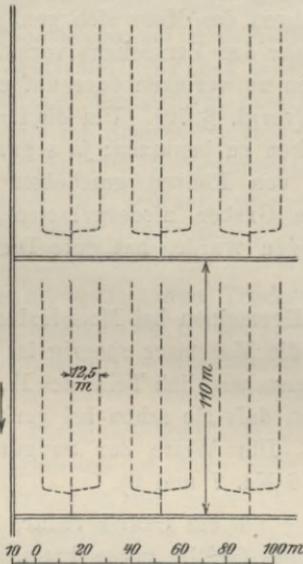
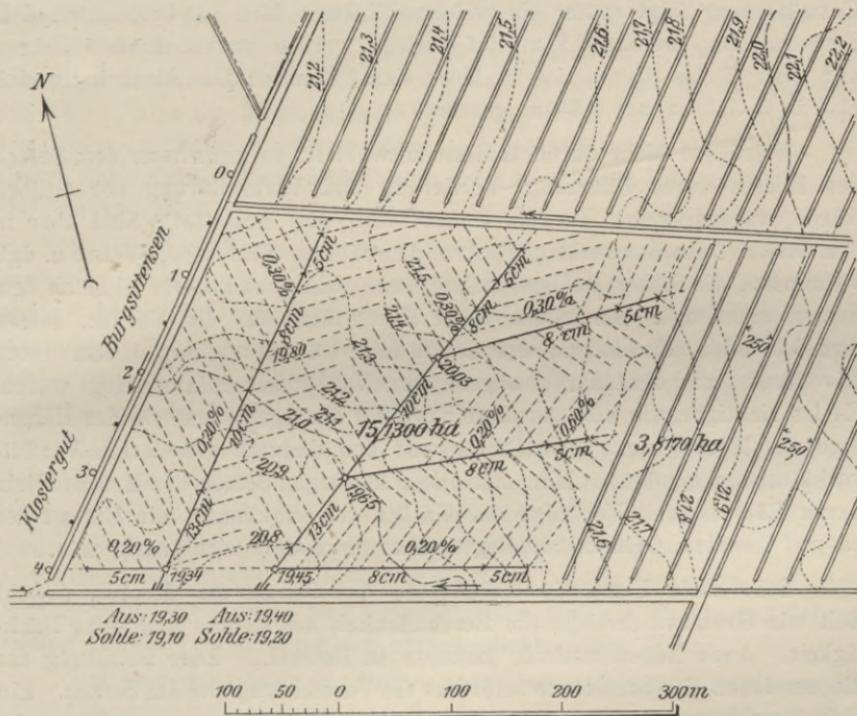


Fig. 535. Moorkultur mit Drainage in kleinen Systemen.

fortzureißen. Die im § 83 mitgeteilten Drainageventile sind aber für diese Zwecke nicht verwendbar, denn sie bestehen in der Hauptsache aus Beton, der im Moorboden nicht widerstandsfähig ist (vergl. die Ausführungen über Zementdrains in § 78). Es sind in den an Humussäure reichen Moorböden vielmehr nur die Stauventile aus Ton, welche bei der Petersenschen Wiesendrainage gebräuchlich sind (vergl. § 132), oder aus einem anderen, nicht zementhaltigen Material zu benutzen.

Als Beispiele für die Anlagen von Moorkulturen mit Drainagen werden die Fig. 535 und 536 beigelegt. Fig. 535 stellt den Drainplan einer Moorkultur mit fast ebener Oberfläche dar, bei der man gezwungen war, Drains von nur 100 m Länge und kleine Systeme anzuwenden. Die Vorflut wird durch Gräben in 110 m Entfernung geboten. Um die Zahl der Ausmündungen möglichst zu verringern, wurden drei gleich-

laufende Drains in einer Ausmündung vereinigt. Bei stärker geneigter Mooroberfläche kann die Drainage auch planmäßig ausgebildet werden. So wurde nach Fig. 536 eine 15,13 ha große Mooroberfläche des Königlichen Klostererguts Burgsittensen systematisch in zwei Systemen drainiert. Die Entfernung der Sauger beträgt 15 m, die Weite der Sammler 5 bis 16 cm.<sup>1)</sup>



Strangabstand für Sauger 15 m.

Fig. 536. Moorkultur mit Drainage auf dem Klostergut Burgsittensen.

## § 92.

**Das Setzen des Moores.** Jedes Moor setzt sich nach der Entwässerung. Solange die Pflanzenreste, aus denen das Moor in der Hauptsache besteht, unter Wasser liegen, werden sie vom Wasser getragen. Sobald aber durch die Entwässerung der Grundwasserstand sinkt, kommen die vorher schwimmenden Teile des Moores aus dem Wasser heraus. Dann ist das Gleichgewicht gestört. Sie drücken durch ihr Gewicht auf

<sup>1)</sup> S. Jablonsky, Kurze Anleitung für Wiesen- und Ackerbau auf Moorböden. Sonderabdruck aus der Illustrierten Landwirtschaftlichen Zeitung 1904.

die unter ihnen im Wasser schwimmenden Teile des Moores und pressen diese zusammen. Dadurch sinkt die Oberfläche des Moores. Und da sich dies nach und nach von Jahr zu Jahr fortsetzt, so wird nach einem gewissen Zeitraum die Oberfläche von Mooren, welche sehr tiefgründig und in ihren unteren Teilen fast schwimmend sind, sich bis auf die Grundwassertiefe setzen. Soll dann das Moor in Kultur bleiben, so ist eine neue Vertiefung der Entwässerungsgräben geboten, und der neuen Entwässerung folgt später ein weiteres Sinken. Man hat beobachtet, daß Strauchdrains, welche 0,9 m tief verlegt worden waren, nach 5 Jahren nur noch 50 bis 55 cm tief im Moor sich befanden: Das Moor hatte sich also in 5 Jahren um 0,35 m gesetzt.

Wird das Moor durch Gräben entwässert, so kann man dem Setzen des Moores durch Räumung, Vertiefung und Verbreiterung der Gräben folgen, vorausgesetzt, das die Hauptvorflut dies gestattet. Sind aber in den Gräben feste Bauwerke, Brücken, Durchlässe, Schleusen, Wehre u. dgl. vorhanden, die sicher auf gutem Baugrund ruhen, so nehmen diese an dem Setzen nicht teil. Sie bilden dann Hindernisse für die Vorflut, sofern ihre Schwellen, Fachbäume oder andere feste Rücken allein nach dem ersten Nivellement und dem hieraus abgeleiteten Vorflutbedürfnis angelegt waren. Es ist richtiger, sie von vornherein so tief zu legen, dass sie der Höhenlage des Moores *nach* dem Setzen und den dadurch geänderten Vorflutverhältnissen genügen. Man muss dem künftigen Setzen des Moores allein durch Räumen und Vertiefen der Gräben folgen können, ein Umbau der oft auf fremdem Gelände angelegten Bauwerke darf nicht nötig sein.

Sehr viele Umstände beeinflussen das Setzen des Moores, sowohl Zeit wie Grundwassertiefe, die Beschaffenheit des Moores und seine Mächtigkeit. Auch Nebenumstände kommen in Betracht. 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 verweste 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.

Es ist dringend erwünscht, zuverlässige Beobachtungen über das Setzen der Moore anzustellen. Der Oberingenieur Jos. Jankowski<sup>1)</sup> hatte bei der Trockenlegung der Dniester Sümpfe Beobachtungen an ausgeschnittenen Moorproben vorgenommen. Die erste Probe aus einem Moor von 2 m Mächtigkeit, welches auf einer 0,5 m dicken Lettenschicht lag, unter der sich Sand befand, war 0,8 m hoch und setzte sich nach 17 Tagen um 12 cm, in den folgenden 4 Wochen um 6 cm und den folgenden 2 Jahren um 3 cm, so daß die Gesamtsenkung 21 cm, d. i. 25 % der ursprünglichen Moorhöhe betrug. Eine zweite aus einer 2,6 m tiefen Moorschicht entnommene Probe setzte sich von 90 cm Höhe nach 7 Monaten auf 68 cm, also um 22 cm oder 25 %. Eine dritte Probe von einem nur 1 m tiefen, ziemlich trockenen Moor, welches auf einem Untergrund von Letten lag, hatte 85 cm Höhe, und nach 5 Monaten 72, sie hatte sich also um 13 cm, d. i. 15 %, gesetzt.

Mit solchen Versuchen im Laboratorium ist etwas, aber nicht viel, gewonnen. Wichtiger sind Beobachtungen in der Natur. Andreas Kornella<sup>2)</sup> hatte 1897 und 1904 ein Moor in den Stojanower Sümpfen, dessen Mächtigkeit 2,5 m betrug, vor und nach der Entwässerung nivelliert. Die Gräben waren 1,2 m tief. Sieben Jahre nach ihrer Anlage ergab sich ein Setzmaß von durchschnittlich 0,35 m.

Meliorationsbauinspektor Krüger, der 1895 die Melioration des Kehdinger Moores, eines unberührten Hoch Moores bei Hannover, ausführte, stellte fest, daß sich das 4,5 bis 7 m mächtige Moor nach 1½ Jahren längs des Hauptgrabens um durchschnittlich 0,70 m gesetzt hatte. Nach Ausführung sämtlicher Entwässerungsgräben, einem Zeitraum von drei Jahren, war das Setzen so weit vorgeschritten, daß die Mulden und tiefsten Stellen bereits 1,50 m unter der ursprünglichen Höhe lagen.

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 eines Jahres und weiter 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.

Nach den bisherigen Beobachtungen darf angenommen werden, daß ein Grünlandsmoor, das auf 1 m Tiefe entwässert und mit 10 cm starker

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 1905, S. 153.

<sup>2)</sup> Ebenda S. 152.

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 nötige Umbauten 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.

### § 93.

**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; an 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.

Besondere Schwierigkeiten machen die in alten Mooren oft vorhandenen *Bütten* (*Kaupen* oder *Kupsten*, nach dem litauischen Wort „kupstas“, welches „kleine Erhöhung“ bedeutet). Um sie zu entfernen, muß zunächst die Entwässerung durch Gräben oder Faschindrains soweit wie möglich durchgeführt werden, damit das Moor hinreichend fest und begehbar werde. Kleine weiche Kupsten können dann durch mehrmaliges Bearbeiten kreuz und quer mit der sogen. Schneidegge, einer Egge mit hohen vorn konvex gestalteten scharfen Messerzinken, bearbeitet werden. In einzelnen Fällen ist auch die Laakesche Wiesensternegge

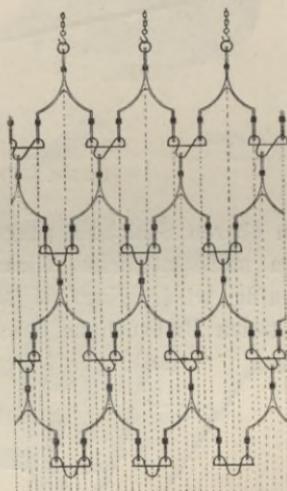
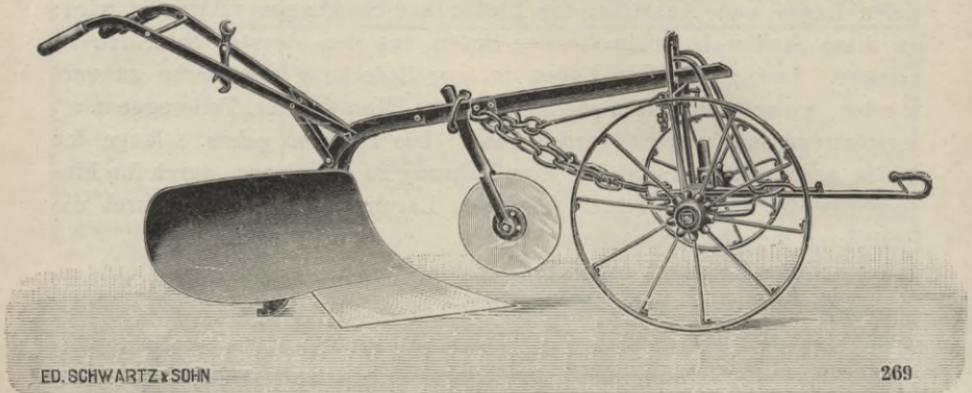


Fig. 537. Wiesensternegge von Laake.

(Fig. 537) geeignet. Hohe, aber weiche Kupsten werden mit der Kupstensense abgerissen. Es ist dies eine starke scharfe Sense, die an der einen Seite einen kurzen, einen Meter langen Stiel mit Handgriff führt, und an der anderen Seite an einem angeschmiedeten Öhr einen Zugstrick trägt. Bei der Arbeit wird das Sensenblatt hinter die Kaupen gelegt, am Handgriff und Zugstiel gehalten und die Kaupen durchgerissen. Die abgeschnittenen Stücke werden bei trockenem Wetter mehrfach gekehrt und dann in Haufen gesammelt und verbrannt oder auf den Komposthaufen abgefahren. Haben die Kupsten eine ganz harte Sohle, so bleibt nichts anderes übrig, als sie mit einem scharfen Beil abzuschlagen. Zwei Mann arbeiten dann in der Weise zusammen, daß der eine das Beil führt und der andere die Büschel kantet.

Nächst der Beseitigung der Kaupen ist die zähe Oberfläche des Moores im ganzen für die Kultur vorzubereiten. Dies geschieht je nach der Beschaffenheit des Moores durch Umpflügen oder Schwarzeggen. In beiden Fällen muß das Moor vorher durch flache Entwässerungsgräben



ED. SCHWARTZ &amp; SOHN

269

Fig. 538. Wiesenpflug mit Scheibenkolter.

in den oberen Schichten ausgetrocknet und begehbar gemacht sein. Das Pflügen muß möglichst flach geschehen, damit das Moor nicht zu lose und puffig wird. Nur bei schlecht verwestem Moor ist die Verwesung durch tiefen Umbruch zu beschleunigen. Die nach den bisher gemachten

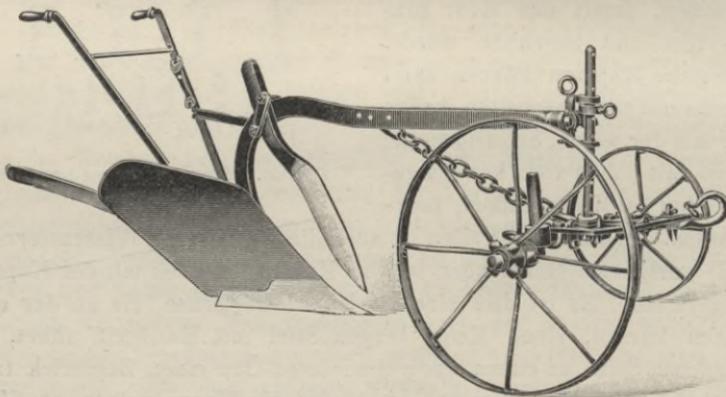


Fig. 539. Wiesenpflug mit gekröpftem Kolter.

Erfahrungen für das Umbrechen der zähen Mooeroberfläche zweckmäßigsten Pflüge werden in den Fig. 538 und 539 dargestellt. Diese Pflüge sind zum Verschneiden der Narbe entweder mit Scheibenkolter oder mit gekröpftem Kolter ausgestattet. Sie werden von den Firmen Schwartz & Sohn in Berlinchen, H. F. Eckert in Berlin, Rud. Sack in Leipzig-Plagwitz, Rud. Wermbke in Heiligenbeil, Ostpr., Gohrke in Vietzig

u. A. gefertigt. Sie werden so eingestellt, daß sie die Grasnarbe mindestens 20 cm tief abschneiden und Streifen bei Streifen glatt umlegen. Diese Arbeit geschieht am besten im Herbst oder Winter. Der umpflügte Boden wird alsbald mit einer schweren Walze abgewalzt, um das Verrotten der Grasnarbe zu beschleunigen. Im folgenden Frühjahr wird die Fläche mit langzinkigen Eggen kreuz und quer bearbeitet, um die Grasnarbe gründlich zu zerreißen.

Ist das Moor so beschaffen, daß ein Umpflügen nicht nötig ist, ist vielmehr anzunehmen, daß ein starkes Durcheggen genügen wird, so kann hierzu die *Laakesche Wiesensternegge* (Fig. 537, zu beziehen von Grofs & Co. in Leipzig-Entritzsch) verwendet werden. Auch die Messer-

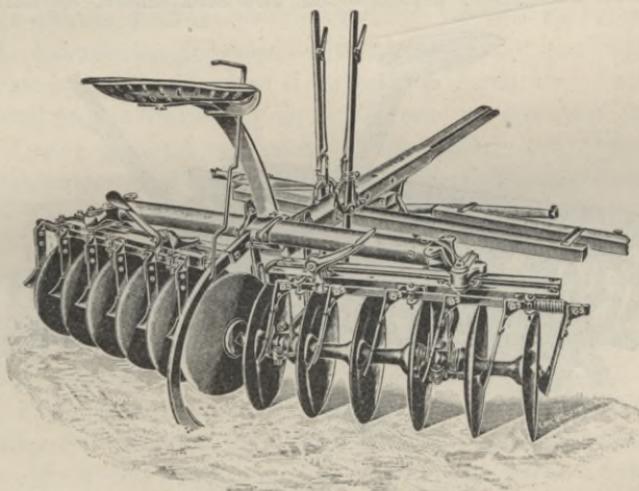


Fig. 540. Scheiben- oder Telleregge.

walze von Schreiber in Mariawerth hat gute Dienste getan. Ganz besonders wird aber nach den neueren Erfahrungen die *Scheiben- oder Telleregge* (Fig. 540) empfohlen. Dies ist ein amerikanisches Gerät, das in Deutschland nicht gebaut wird, welches aber von den Fabriken Richter & Robert in Hamburg, J. C. Hedemann in Badbergen, Grofs & Co. in Leipzig-Entritzsch, Wilh. Löhnert in Posen, Witt & Svendsen in Danzig und Königsberg i. P. u. A. bezogen werden kann. In Schweden ist es seit 1892 in Gebrauch. Es besteht aus 12 gußstählernen scharfrandigen Tellern oder Scheiben von 41 oder 52 cm Durchmesser, die den Boden in einer Breite von 1,8 m bearbeiten. Neben den Scheiben befinden sich Abstreicher, die durch zwei Fußhebel in Tätigkeit gesetzt werden können. Die Einstellung der Scheiben für starkes oder schwaches Umbrechen erfolgt vom Kutschersitz aus durch zwei Hand-

hebel. In der Mitte des Geräts, zwischen den beiden aus je sechs Scheiben bestehenden Teilen, liegt ein langer beweglicher Eggezahn, der gleichfalls vom Kutschersitz aus ein- und ausgestellt werden kann, und der dafür sorgt, daß auch in der Mitte kein unbearbeiteter Streifen liegen bleibt.

Die Scheibenegge ist weiter ausgebildet worden zur *Sternradegge*, indem jede Scheibe mit sechs tiefen Einschnitten versehen wurde, so daß aus der Scheibe ein sechszinkiger Stern entstand. Noch wirksamer hat sich aber die weitere Ausbildung der Scheibenegge zur *Flügeltelleregge* (Fig. 541, Patent Morgan) bewährt. Sie wird von Grofs & Co., sowie von J. C. Hedemann und Wilh. Löhnert geliefert. Jede Scheibe hat sechs Flügel erhalten, die in ungewöhnlich erfolgreicher Weise den Boden lockern und umwühlen, zerschneiden und zerkrümeln, so daß ein gutes

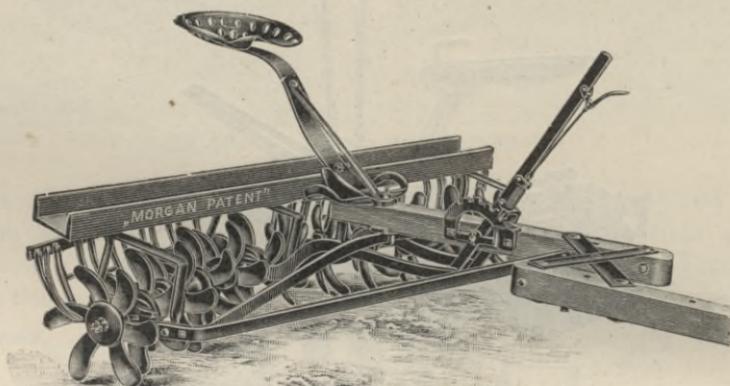


Fig. 541. Flügeltelleregge.

Keimbett entsteht. Hiermit ist ein vortreffliches Gerät für die Kultur von Ödländereien, Heiden und Mooren entstanden; es erfordert aber die Zugkraft von drei Pferden.

Erscheint es nicht erforderlich, das rohe Moor für die Kultivierung umzupflügen oder durchzueggen, ist die Oberfläche ziemlich eben und gut verwest, so kann auch der Anbau von Hackfrüchten, Wruken (Kohlrüben) oder Kartoffeln, von Senf oder die Bestellung mit Mengfutter genügen. Unter Umständen hat man auch die Pferdeschaukel oder das Muldbrett (§ 133) mit Erfolg benutzt. Immer ist es aber vorteilhaft, vor Aufbringen der Sanddecke die Fläche zu eggen und mit einer schweren Walze festzudrücken. 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.

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.

### § 94.

**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 0,20, besser 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. Die Früchte kümmern in dem toten Sande, ein gänzlich Ver-

sagen der Ernte kann die Folge sein. 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 mittels des Untergrundpfluges 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 Dämme 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 abzuhelfen, 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. § 96) 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, so daß er zum *Verwehen* neigt, so sind einfache Schutzzäune aus Draht und Reiseren 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.

### § 95.

**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, so daß 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 Biegsamkeit 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 Setzmaß 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 verstützt werden muß.

Der *Betrieb* findet derart statt, daß nach Fig. 542 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, so wird unmittelbar nach Abgang des Zuges das Gleis, von hinten anfangend, aufgenommen und seitwärts in die neue Gleisrichtung verlegt (Fig. 542). 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 dem nächstfolgenden Zug zu verstatten, ohne Aufenthalt das neu verlegte Moorgleis in voller Ausdehnung bis zu Ende zu befahren.

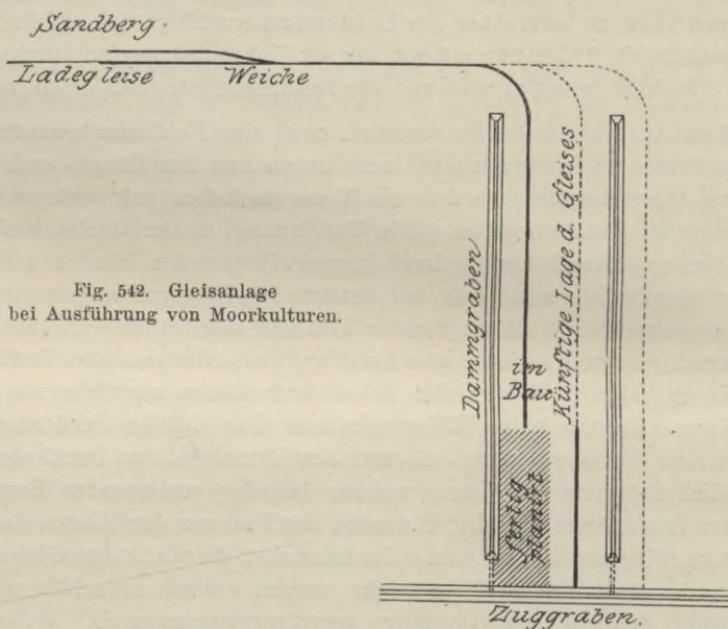


Fig. 542. Gleisanlage bei Ausführung von Moorkulturen.

Man kann, wie Fig. 542 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.

### § 96.

**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 Dungstoffen ist nach der chemischen Zusammensetzung des Moores zu bestimmen. Die Untersuchung muß in jedem einzelnen Falle ergeben, wie die Düngung zweckmäßig einzurichten ist. In der Regel werden nach bewährter Vorschrift und langjährigen Erfahrungen bei Niederungsmooren von durchschnittlicher Zusammensetzung, die sich nicht durch besonderen Gehalt an Kali und Phosphorsäure auszeichnen, verwendet:

im ersten Jahre	125 bis	100 kg	Kali	und	125 bis	100 kg	Phosphorsäure,
„ zweiten „	125 „	100 „	„	„	100 „	„	„
„ dritten „	125 „	100 „	„	„	75 „	50 „	„

Die letztere Gabe ist als Ersatzdüngung für den Verbrauch der Ernten anzusehen. Sie ist auch in den folgenden Jahren zu wiederholen. Nach dem Gehalt der zur Verwendung kommenden Düngemittel an Kali und Phosphorsäure ist die erforderliche Menge künstlichen Dungs zu bestimmen. Es wird sonach über die Ersatzdüngung hinaus nur in den beiden ersten Jahren ein geringes Mehr an Phosphorsäure gegeben, ein Mehr an Kali aber nicht.

Das Bestreben, größere Kalimengen über den Bedarf der Ernten hinaus dem Boden zuzuführen, ihn gleichsam mit einer Vorratsdüngung an Kali zu bereichern, welches in den letzten Jahren mehrfach aufgetreten ist, hat sich nach neueren Untersuchungen des Prof. Dr. Tacke<sup>1)</sup> nicht als zweckmäßig herausgestellt. Es hat sich vielmehr ergeben, daß durch eine solche Vorratsdüngung eine Steigerung der Ernten nicht eintritt, daß vielmehr die nicht genutzten Kalimengen teilweise durch das Bodenwasser fortgeführt werden und verloren gehen. Unter Umständen können größere Mengen der Kalisalze infolge der in ihnen vorhandenen Nebenbestandteile Wirkungen ausüben, die den Bodenzustand ungünstig beeinflussen.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Phosphorsäure. Die Phosphorsäure wird auf Niederungsmooren in Form von Thomasschlacke oder Superphosphat verwendet. Die Thomasmehlphosphorsäure ist im Boden

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 71.

schwer löslich, wengleich sie den Vorzug hat, noch leichter löslich zu sein als die Phosphorsäure der Rohphosphate, die wir bei den Hochmooren verwenden. Die Phosphorsäure des Superphosphats ist zwar im Wasser löslich, sie geht aber, in den Boden gebracht, durch Reaktion mit Bodenbestandteilen in eine schwerlösliche Form über.<sup>1)</sup> Hieraus folgt, dafs es zweckmäfsig ist, dem Boden einen Vorrat von Phosphorsäure zuzuführen, damit stets eine ausreichende Phosphorsäurequelle für die Ernährung der Pflanzen vorhanden ist. Deshalb werden von der Moorversuchsstation in Bremen für Niederungsmoore von durchschnittlicher Zusammensetzung die oben angegebenen Düngmengen an Phosphorsäure — in den beiden ersten Jahren mehr, in den folgenden weniger — empfohlen.

Der Dünger — Kali sowohl wie Phosphorsäure — 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. Das Thomasmehl mufs tief und sorgfältig eingebracht werden. Nach den Versuchen des schwedischen Moorkultur-Vereins<sup>2)</sup> hat sich ergeben, dafs die Wirkung des Thomasmehls durch das tiefe und sorgfältige Einbringen bedeutend erhöht wird.

Von einzelnen Kulturtechnikern und Landwirten wird unter gewissen Umständen die Beigabe von Stalldung neben dem künstlichen Düng 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 Bockelholm in Schleswig-Holstein, sowie in Mariawerth und Calvörde hat man mit der Beigabe von Stalldung gute Erfolge erzielt. In Mariawerth hat die Anwendung des Stalldüngs steigend gute Erträge, besonders bei Kartoffeln, hervorgebracht, wo die künstliche Düngung fast versagte. Die Erklärung ist darin zu suchen, dafs auf unzersetztem Moor der künstliche Dünger wenig, wohl aber der Stalldüng wirkt.<sup>3)</sup> Nach Versuchen des Schweden Paul Hellström ergibt sich, dafs der Stalldüng nicht durch den Gehalt an Pflanzennährstoffen wirkt, sondern durch die Tätigkeit seiner Bakterienflora.<sup>4)</sup>

---

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 72.

<sup>2)</sup> Dr. von Feilitzen-Jönköping in den Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1903, S. 173.

<sup>3)</sup> Geheimrat Prof. Fleischer in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche 1900, S. 111.

<sup>4)</sup> Biedermanns Zentralblatt 1900, Heft VII.

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 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 Moordammbesitzer 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 Unkrautentwicklung 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 Rimpauschen Moordammkulturen schwanken zwischen 300 und 900 Mark für das Hektar. Hervorragende Förderung haben die Kulturen durch die Moor-Versuchsstation in Bremen unter Leitung von Geh. Ober-Regierungsrat Prof. Dr. Fleischer und später Prof. Dr. Tacke gefunden.

### § 97.

**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 § 94 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 sogen. 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 mischt 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 Aufsaugvermögen erhöht wird. Es eignet sich die Mischkultur daher überall da, wo die Moore unter zu großer Nässe leiden, und wo man, um diesem Übelstande abzuweichen, die Gräben aus anderen Gründen nicht vertiefen kann.

Wie die Moore durch Aufbringen einer Sandschicht kultiviert werden, so hat man auch umgekehrt trockenen Sandboden durch Aufbringen von Moorerde mit gutem Erfolg verbessert. Näheres s. d. Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1903, S. 163.

### § 98.

**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 Knüppel-drains (§ 37). 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 niedergetreten werden, demnächst 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. Die Besandung genügt mit 5 bis 6 cm Stärke. Bei Moorwiesen kann die Bedeckung erspart werden (vergl. § 101), 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. Dies ist an vielen Orten, z. B. in Kl. Spiegel, mit gutem Erfolg geschehen. 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.

Um die Oberfläche möglichst dicht zu erhalten, ist sie mit einer schweren Walze zu behandeln. Dies ist gerade für Moorweiden von grosser Bedeutung. Es wird dadurch die wasserhaltende und namentlich die wasserhebende Kraft der Mooroberfläche auf Kosten der tieferen, wassergesättigten Schichten erhöht. Dadurch wird nicht nur das Feuchtigkeitsbedürfnis der Pflanzen befriedigt, sondern auch eine Reihe biologischer Vorzüge, die mit der Mikroflora im Boden zusammenhängen, begünstigt. So ist z. B. auf den mit Wasser feucht gehaltenen Böden die Entwicklung der Leguminosenknöllchen viel reicher als auf anderen Bodenarten.

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. § 100); 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.

Besonders vorteilhaft ist es für Moorweiden, wenn die Möglichkeit vorhanden ist, durch Zuleitung von Bewässerungswasser den Grundwasserstand in richtiger Höhe zu erhalten. Gräben, welche die Weiden durchziehen und welche erlauben, im Sommer den Wasserstand zu heben, sind von grossem Nutzen. Noch besser ist es, wenn das Wasser so hoch gehoben werden kann, dass eine Überrieselung möglich ist. In diesem Falle

sind sehr flache, aber möglichst breit geböschte Gräben, welche ohne Schaden die Tritte des Weideviehs ertragen können, an geeigneten Stellen als Rieselrinnen (s. § 124) anzulegen.

Die Moorweiden bedürfen nach ihrer Herstellung einer sorgsamten Pflege. Zunächst ist es erforderlich, mit dem Behüten im Frühjahr nicht zu spät zu beginnen. Die Flächen müssen so stark besetzt werden, daß das Gras schnell genug vom Vieh verbissen wird, ohne daß es Zeit hat, lang und hart zu werden. Je kürzer die Weide gehalten wird, um so nahrhafter ist sie, um so angenehmer ist sie dem grasenden Weidevieh. Der Koppelwärter muß stets eine Sense oder Hacke zur Hand haben. Mit der Sense hat er alle Unkräuter zu beseitigen, bevor sie Samen tragen, auch einzelne Grasstellen, welche zu alt geworden sind und nun von dem Vieh verschmäht werden, bei feuchtem Wetter abzumähen, damit sie frisch ausschlagen. Mit der Hacke hat er allen Dünger zu zerkleinern und zu zerstreuen. So wird die ganze Fläche gleichmäßig gedüngt, Geilstellen werden vermieden, und die Weide wird so vollkommen wie möglich ausgenutzt. Bei hohen Löhnen und geringen Getreidepreisen erscheint eine Ausnutzung der Moore durch dauernden Weidebetrieb als die beste Art der Verwertung. Anlage- und Betriebskosten sind hierbei gering.<sup>1)</sup>

### § 99.

**Moorwiesen mit Kompostierung nach Saint-Paul.** Der Rittergutsbesitzer von Saint-Paul in Jäcknitz bei Zinten O.-P. hatte schon um das Jahr 1855 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, Straßenekehricht 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

<sup>1)</sup> Frhr. v. Wangenheim-Kl. Spiegel in „Dreißig Jahre Arbeit auf Sand und Moor“ 1904, S. 11.

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 für 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, so daß die Pferde von der Frostschicht 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.

### § 100.

**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 Flufsniederungen 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. § 152. Einlassen des Winterhochwassers in die Polder.)

Die Herstellung von Wiesen auf Grünlandsmooren mit Hilfe einer Sanddecke unterscheidet sich von der Rimpauschen Moordamm- oder Ackerkultur zunächst dadurch, daß die Entwässerung weniger tief ausgeführt wird. Gräben mit 0,8 m Wasserspiegeltiefe unter Bord sind im allgemeinen zweckmäßig. Die Entwässerung kann unter besonderen Umständen auf 0,5 m beschränkt werden, während andererseits eine tiefere Entwässerung selbst bis 1,2 m kaum schadet. Es ist hierbei auch das Klima zu beachten. Moore in Gegenden mit reichen Niederschlägen be-

dürfen einer größeren Grabentiefe als Moore in regenärmeren Gebieten. Moorwiesen in Süddeutschland müssen aus diesem Grunde tiefere Gräben erhalten als Moorwiesen in Norddeutschland. Wenn in Norddeutschland durchschnittlich 0,8 m Grabentiefe anzunehmen ist, so ist als entsprechendes Maß für Süddeutschland 1 m anzusehen. Kann die Vorflut nicht auf natürlichem Wege beschafft werden, so ist künstliche Vorflut anzuwenden, sie bringt in der Regel gute Erfolge.

Eine flache Entwässerung ist 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. § 90), da bei der geringen Wasserspiegelsenkung die Entwässerung nicht auf die gleiche Breite wirken kann. Vorteilhaft ist es, den Gräben möglichst flache Böschungen zu geben, etwa Böschungen mit der Neigung 1:2. Die Vorteile liegen darin, daß die Gräben nicht so leicht einfallen und dadurch die Vorflut stören können, ferner daß die ganze Böschung eingesät werden kann, nachdem sie vorher mit künstlichem Dünger bestreut worden war. Sie kann dann später bis auf die Sohle abgemäht werden, es geht also gerade durch die Anlage von breiten Böschungen wenig nutzbares Land verloren. Die Vorgewende mit ihren Drains fallen 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. § 37).

Die Einebnung des Moores muß mit großer Sorgfalt ausgeführt werden. Durch Versuche der Pommerschen Provinzial-Moorkommission wurde ermittelt, daß das Umbrechen durch Pflüge zwar am kostspieligsten ist, aber die besten Erträge liefert. Dies Umbrechen muß im Herbst geschehen, damit die alte Grasnarbe während des Winters gründlich zerstört werde. Die beste Tiefe für den Umbruch durch Pflüge wurde auf

20 cm ermittelt, weniger stellte sich als nicht zweckmäÙig heraus. Später ist ein kräftiges Abwalzen geboten.

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, bekarnte Moorwiesen bringen 120 bis 160 Ztr. Heu vom Hektar. Nach Prof. Tacke sind zur Erzeugung von 1000 kg Heu auf Niederungsmoorwiesen 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-Versuchsstation in Bremen werden neuerdings auf Grund botanischer Untersuchungen zahlreicher Moorwiesen die in der Tabelle Teil I, S. 408 und 409, 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 besonders gut gedeihen, welche verschwinden, welche

<sup>1)</sup> Für das nordostdeutsche Kontinentalklima werden einige Abänderungen der Saadmischung angeraten. Danach wäre z. B. von Havelmielitz nur etwa  $\frac{3}{4}$ , von Wiesenschwingel  $\frac{9}{10}$ , dagegen von Knautgras  $\frac{7}{4}$  der für das nordwestdeutsche Küstenklima empfohlenen Beträge zu nehmen.

Weitere Angaben über Saadmische 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 und 1903, S. 2 geliefert.

ausdauern, oder welche sich von selbst einfinden. Dr. Weber teilt die Moorwiesen nach den landwirtschaftlich nützlichsten Pflanzen in vier Wiesentypen ein: Auf mäßig trockenem Boden erscheint der Typus der *Poa pratensis*, auf mäßig feuchtem der der *Poa trivialis*, auf feuchtem der der *Festuca pratensis* und auf mäßig 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 vorgertückte 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 regelmäÙig 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 mitunter 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 nachläÙt, den Sand mit dem unterliegenden Moor bis zu einem gewissen Grade zu mischen. Derartige Mischungen haben stets auffallend gute Erfolge gehabt.

Noch häufiger ist aber der Rückgang der Erträge dadurch zu erklären, daß die Lebensdauer mancher Wiesenpflanzen sehr kurz ist, daß

<sup>1)</sup> Siehe „Vierter Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchsstation in Bremen.“ Vergl. außerdem Teil I, S. 291 ff.

auf den durch das Absterben dieser Pflanzen kahl gewordenen Stellen sich Unkraut angesiedelt hat, welches den Ertrag herabsetzt. Hiergegen läßt sich nur dadurch Abhilfe schaffen, daß man die kahlen Stellen mit Grassamen ansät, der sich zwar langsam entwickelt, aber dafür dauerhafte Gräser gibt. Unter Umständen ist die ganze Grasnarbe umzubrechen und neu anzusäen. Frhr. v. Wangenheim-Kl. Spiegel hält es für nötig, die Moorzweiden alle drei oder vier Jahre in regelmäßiger Wiederkehr neu zu eggen und dann eine kleine Neuansaat auszustreuen.

Meist leiden die Gräser unter zu großer Trockenheit, selten unter zu großer Nässe. Es folgt daraus, daß für die Gewinnung guter Ernten auf Moorzweiden die Erhaltung des richtigen Grundwasserstandes von ganz besonderer Wichtigkeit ist. Es wird auf die Ausführungen im § 89 hingewiesen, aus denen hervorgeht, daß es erforderlich ist, den Wasserstand in vegetationsloser Zeit kräftig zu senken; daß es aber geboten ist, ihn, wenn Trockenheit in Aussicht steht, schon vom Mai an, durch Anstauen der Gräben zu heben, um einen guten Pflanzenwuchs zu erzielen. Denn der Wasserverbrauch des Moores im Sommer durch Verdunstung und Vegetation ist viel zu groß, um durch Niederschläge vollständig ersetzt werden zu können. Er führt zu einer Senkung des Grundwassers und damit zu einer nachteiligen Austrocknung des Moores. Dieser Austrocknung muß durch hohes Anstauen des Wassers in den Gräben soweit wie möglich begegnet werden.

Man stellt auch Moorzweiden ohne Sanddecke her (§ 101). Unbedingt nötig ist die Sanddecke bei Moorzweiden dann, wenn das Moor durch irgend welche Umstände zu stark entwässert worden war, so daß 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. Eine zu starke Entwässerung war z. B. in den Moorzweiden des Stecknitztales durch die Anlage des Elbe-Travekanals eingetreten. Der Grundwasserstand wurde hier durch den Kanal um 4 m gesenkt. Dies war für die angrenzenden Moore um so gefährlicher, als diese sehr eisenreich und gut zersetzt waren, und überdies der sandige Untergrund sehr durchlässig war. Trotz der großen Wasserspiegelsenkung genügte eine Bedeckung der Moore in 6 bis 7 cm Stärke, um im Verein mit einer angemessenen Düngung und neuen Ansaat die geschädigten Moorzweiden wieder gut und ertragreich zu machen. Der Seeschlammboden, ein amorpher, pflanzlicher Schlamm, der beim Austrocknen sich stark verdichtet und eine harte, blättrige Masse bildet, erfordert eine vorsichtige Behandlung (s. S. 531). Er kann nur durch Besandung zu einem ergiebigen Moorzweidenland umgewandelt werden.

## § 101.

**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 zinsbringend. Bei der preussischen Staatsforstenverwaltung haben die besandeten Moorwiesen im Durchschnitt sämtlicher Kulturen nach Abzug aller Betriebskosten das auf ihre Kultur verwendete Kapital mit 8,7 % verzinst. Bei den unbesandeten Moorwiesen betrug trotz geringerer Erträge wegen der geringeren Höhe des Anlagekapitals die Verzinsung 16,6 %. Hiernach findet die Wiesenmelioration ohne Besandung immer mehr Anklang. Sie ist da, wo für die Landeskultur ein gesetzlicher Zwang ausgeübt werden muß, wie bei der Bildung öffentlicher Wassergenossenschaften, mit Vorteil anzuwenden. Zudem hat man die Beobachtung gemacht, daß die Erträge nichtbesandeter Moorwiesen in späteren Jahren mitunter zunehmen.

Das *Grabennetz* ist wie vorher (§ 100) auszuführen, doch muß 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. Es ist aber zu beachten, daß das unbedeckte Moor gegen Temperatureinflüsse viel empfindlicher ist als das durch die Sandschicht geschützte Moor. Während tiefstehende, besandete Moorwiesen kaum zu stark entwässert werden können, kann dieser Fall bei unbesandetem Moor leicht eintreten. Die *Entwässerung* muß daher vorsichtig betrieben werden, und es ist von vornherein eine Bewässerung oder mindestens die Anstauung des Wassers in den Gräben in Aussicht zu nehmen.

Moorwiesen sind in dieser Hinsicht anders zu behandeln als Wiesen mit mineralischen Böden. Während bei diesen die Überstauung in vegetationsloser Zeit, also im Herbst und Winter, von Vorteil ist, da nicht allein die düngende, sondern auch die oxydierende Wirkung des Wassers belebend auf die künftige Vegetation wirkt, ist die Überstauung von Moorwiesen im Winter nicht so vorteilhaft wie ihre Trockenlegung in dieser Jahreszeit. Die Eigenschaften des Moores, Wasser nur schwer abzugeben, und ebenso schwer und langsam nach der Entwässerung wieder aufzunehmen, führen dazu, daß in Moorwiesen der Wechsel von Wasser und Luft, welcher zur Oxydation der Nährstoffe erforderlich ist, sich sehr langsam vollzieht, viel langsamer als in mineralischen Böden. Soll bei Beginn des Pflanzenwuchses der Grundwasserstand bis zur gewünschten Tiefe gesunken sein, so muß schon sehr zeitig mit der Absenkung be-

gonnen werden. Es genügen hierfür nicht nur wenige Wochen im Frühjahr, sondern es ist schon im Winter, unter Umständen schon im Herbst, mit der Absenkung zu beginnen. Daraus ergibt sich, daß es sich im allgemeinen nicht empfiehlt, Moorzweiden in vegetationsloser Zeit zu überstauen.

Demnächst aber, im Sommer, kann bei der lebhaften Verdunstung des Moores und dem Wasserverbrauch seines Pflanzenwuchses leicht eine zu tiefe Absenkung des Grundwassers eintreten. Geschieht dies, so lassen die Wiesen im Ertrage nach. Die obere zersetzte und lose Moorschicht hebt sich von der unteren festen Schicht ab. Dadurch werden die Wurzeln der schwächeren Gräser abgerissen, und das Untergras verliert sich gänzlich, ja es bildet sich zwischen der oberen losen und der unteren festen Moorschicht eine förmliche Hohlraum aus, die das Absterben der Gräser verursacht. Das fleißigste Walzen hilft hier nicht. Nur die Zuführung von Feuchtigkeit kann Abhilfe schaffen.

Am besten ist es, eine oberflächliche *Bewässerung* durch Berieselung vorzunehmen. Ist dies nicht ausführbar, so muß man mindestens durch Hebung des Wasserstandes in den Gräben dafür sorgen, daß das Grundwasser während des Sommers nicht zu tief absinkt. Diese Hebung muß, weil das Moor sehr schwer das Wasser aufnimmt, schon im Mai beginnen. Wir verweisen auf die Ausführungen im § 89.

Die *Stauanlagen* sind in den Hauptgräben oder Zuggräben anzulegen. Ihre Anlage hat sich durchweg bei allen Moorzweiden vortrefflich bewährt. Sie ist auch bei allen Landwirten sehr beliebt. Selbst düngungsarmes Moorwasser, das man gewöhnlich nur zur Verfügung hat, genügt vollkommen, um die zu große Austrocknung zu verhüten. Düngereiches Wasser kann entbehrt werden, weil die Düngung auf trockenem Wege erfolgt. Über die Anlage der Gräben verweisen wir auf § 20 und Tafel V, sowie auf § 121, Grabenstaubaue. Als Beispiel für die Anlage einer Moorkultur mit Stauvorrichtungen wird in Fig. 543 die Moorkultur in Peratyn, nach der Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 1905, beigefügt.

Bei mächtigem Moor ist für die Entwässerung in den ersten Kulturjahren wegen der langsamen Wasserabgabe des Moores eine tiefere Wasserpiegelsenkung 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 Aushuboden bedeckte Moornarbe durch geeignete Geräte (vergl. § 53) 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, so daß 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 gleich hohe 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. 532 und die Fußnote daselbst. Die Ansaat muß sofort aufgebracht werden, sobald

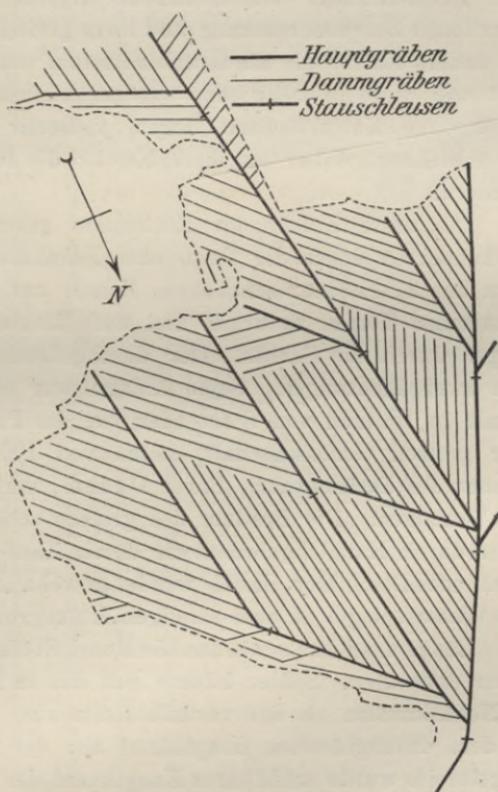


Fig. 543. Moorkultur mit Stauschleusen in Peratyn.

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.

### § 102.

**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 Besiedlung 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. 544 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 unter sich 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

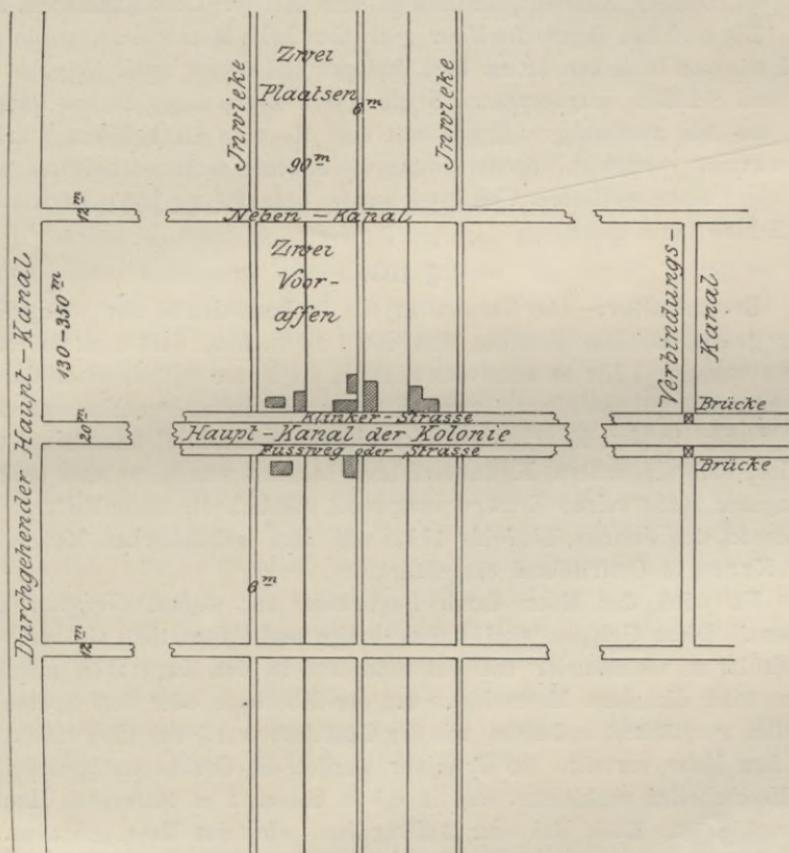


Fig. 544. Veen-Kolonie.

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 unmittel-

bar über die ausgetorften Flächen verstürzt. Die tieferen dunkelfarbigem 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, Strafsenschlamm 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.

### § 103.

**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 sogen. *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 sogen. *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 dichte 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 Rimpauschen 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.)

## § 104.

**Deutsche Hochmoorkultur.** Deutschland besitzt eine große Zahl weit ausgedehnter Hochmoore. Fig. 545 stellt die Moore in Nordwestdeutschland, dem Gebiet der Ems, dar, mit den zu ihrer Erschließung angelegten Kanälen. Sie zeigt, welche große Flächen Landes hier von Hochmooren eingenommen werden, und wie wichtig demnach die Kultur dieser Moore für Norddeutschland ist. Ähnlich liegen die Verhältnisse in Süddeutschland. Auf diesen ausgedehnten, zum größten Teil noch unkultivierten deutschen Hochmooren ist die Anwendung der Veenkultur gegenwärtig ausgeschlossen. Die Verhältnisse haben sich seit Anlage der holländischen Veen erheblich verändert. Denn wenn auch diese Moore mittels durchgehender schiffbarer Kanäle erschlossen worden sind, so fehlt die

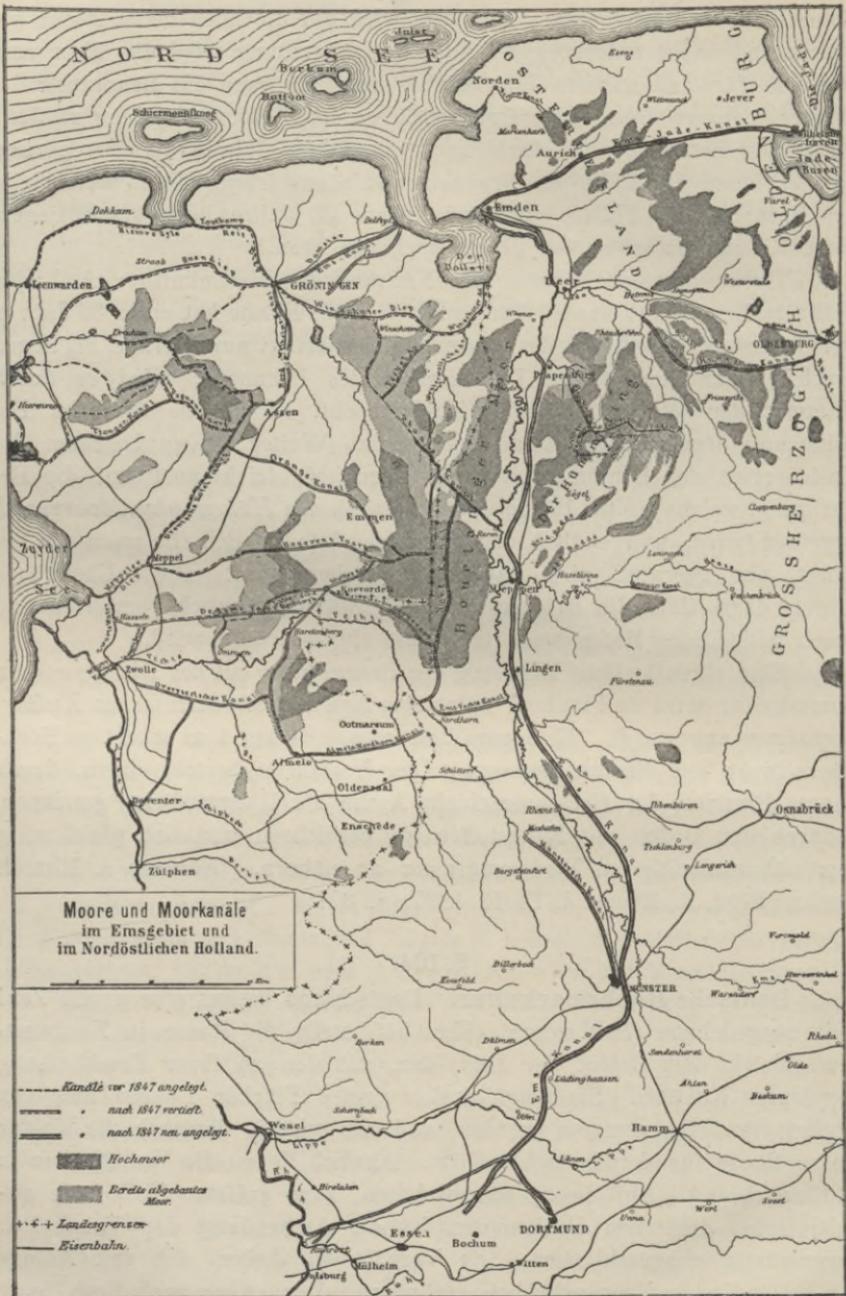


Fig. 545. Das Nordwestdeutsche Hochmoorgebiet.

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, Torfmull, 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 bewiesen, 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>2)</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 (§§ 87 bis 101) 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, so daß ein gleichgroßes kubisches Maß viel weniger feste Stoffe enthält. Die Trockensubstanz besitzt durchschnittlich:

<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; 1903, S. 108 u. 124; 1907, S. 295.

<sup>2)</sup> S. Salfeld in den Mitteilungen d. Ver. z. Förderung d. Moorkultur i. D. R. 1900, S. 153.

Trockensubstanz	Stickstoff	Kali	Kalk	Phosphorsäure
	%	%	%	%
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:

Nährstoffmengen von 1 ha bis 0,20 m Tiefe	Stickstoff	Kali	Kalk	Phosphorsäure
	kg	kg	kg	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.

### § 105.

**Ausführung der Hochmoorkultur.** 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 trocknen Torfstücken nach Fig. 394 (S. 387) oder die Erddrainage nach Fig. 393 oder Knüppeldrains (§ 37). 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

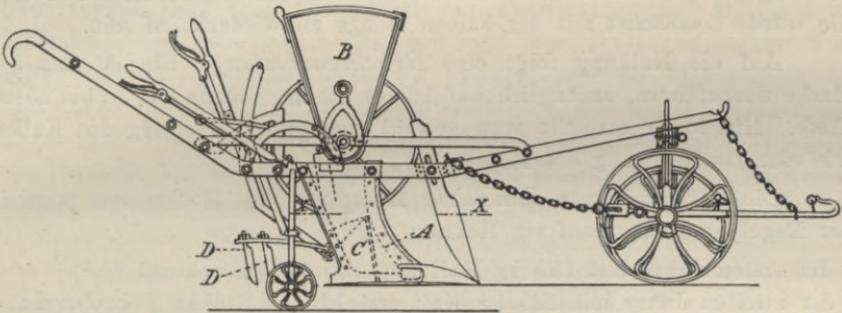


Fig. 546. Untergrund-Düngerpflug von v. Funke.

Arbeiten wird neuerdings die Dandy-Telleregge (Fig. 540, S. 517) empfohlen. Dabei werden alle Vertiefungen ausgefüllt, so daß das Moor gleichzeitig planiert wird.

Alsdann wird das Moor *gekalkt*, und zwar mit 40 Ztr. gebranntem Kalk oder 150 bis 200 Ztr. Mergel — am besten Tonmergel — auf ein Hektar, sofern Ackerbau getrieben werden soll. Für dauerndes Grasland kann die Kalkung auf 60 Ztr. erhöht werden. Größere Mengen sind, um Schädigungen zu vermeiden, nicht zu empfehlen.<sup>1)</sup> Der Kalk wird in Haufen geschüttet, mit Moor bedeckt und nach dem Zerfallen, welches feuchte Witterung oder Begießen mit der Brause beschleunigt, in Pulverform bei windstillem Wetter über das Moor verteilt und sofort eingeeget. Diese Arbeit kann auch mit Hilfe des v. Funkeschen Untergrund-Düngerpfluges ausgeführt werden (Fig. 546). Hinter dem Messer X befindet sich die winkelförmig nach hinten offene Griessäule A des Pfluges, durch welche aus dem Düngerbehälter B der Kalk, der vorher trocken und fein verteilt

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1907, S. 227.

eingbracht 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 Griessäule bei *C* gitterartige Vorrichtungen angebracht. Die Zähne *D* hinter der 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.

Die darauffolgende *künstliche Düngung* des Hochmoores wird in der Regel ausgeführt auf ein Hektar:

- im ersten Jahre mit 150 kg Kali und 150 kg Phosphorsäure,<sup>2)</sup>
  - im zweiten Jahre mit 125 kg Kali und 125 bis 100 kg Phosphorsäure,
  - im dritten Jahre mit 125 bis 100 kg Kali und 75 kg Phosphorsäure,
  - in den folgenden Jahren mit 125 bis 100 kg Kali und 75 bis 50 kg Phosphorsäure,
- außerdem werden 60 bis 15 kg Stickstoff gegeben.

In den süddeutschen Hochmooren müssen wegen des schlechten Zeretzungsstandes im ersten Kulturjahre zu Kartoffeln 200 bis 300 kg Kali, 200 bis 300 kg Phosphorsäure und 60 bis 100 kg Stickstoff gegeben werden, um die höchsten Ernten und den höchsten Reinertrag zu erzielen. Erst in späteren Jahren kann man zu den im Norden gebräuchlichen Mengen übergehen.<sup>3)</sup> Zur Phosphorsäure-Düngung werden Thomasmehl, Knochenmehl, Präzipitate und gewisse weicherdige Rohphosphate verwendet (Algier-, Gaffa-, Kreidephosphat). Das Superphosphat hat sich in Süddeutschland wie in Norddeutschland als das schlechteste Phosphor-

<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.

<sup>2)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1905, S. 71.

<sup>3)</sup> Dr. A. Baumann, Direktor der Königl. Bayer. Moorkulturanstalt in München in der Illustr. Landw. Zeitung v. 13. Februar 1904, S. 132.

säure-Düngemittel für Hochmoore erwiesen. Die Düngung wird in Norddeutschland im Herbst und Winter gegeben, in Süddeutschland dagegen erst im Frühjahr. Dies geschieht hier deshalb, weil bei den reicheren Niederschlägen in Süddeutschland sonst sehr viel Dungstoffe durch Schneewasser und Regen verloren gehen.

An Phosphorsäure (Thomasschlacke) kann bei jungfräulichem Moor mit langem grobstengligem Heidekraut durch vorsichtiges ein-, höchstens zweimaliges *Brennen*, an Stickstoff (Chilialpeter) 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 erfahrungsgemäß gut gedeihen.<sup>1)</sup> Sie wird nach der Durchwinterung möglichst feinpulverig in geringer Menge — ungefähr 40 bis 80 Ztr. auf ein Hektar — über das Moor verteilt und trägt demnächst zur Entwicklung des Mikrokokkus „*Rhizobium leguminosarum*“ bei, der nach den Hellriegelschen 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 ähnlich 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-Versuchsstation Bernau mit verschiedenen Grasarten gemacht worden sind (s. 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 Straußgras; und vorzüglich geeignet waren: Hainrispengras, Rohrschwengel, Knalgras, Timothee, Bastardklee, Weisklee und Sumpfschotenklee.

### § 106.

**Verkehrswege im Hochmoor.** Bei Anlage der nach diesen Grundsätzen gebildeten Kolonien werden statt der durch ihre Breite und Tiefe kostspieligen Schiffahrtskanäle, Inwieken und dergl. nur Entwässerungs-

<sup>1)</sup> S. Mitteilungen d. Ver. z. Förderung d. Moorkultur 1890, S. 227 und Illustr. Landw. Zeitung v. 13. Februar 1904, S. 133.

gräben von solchen Abmessungen im Anschluß an den Hauptkanal angelegt, wie sie für die Wasserspiegelsenkung und Wasserabführung notwendig sind. Diese Entwässerungsgräben werden so entworfen, daß das Land jedes einzelnen Kolonisten bequem entwässert werden kann. Der

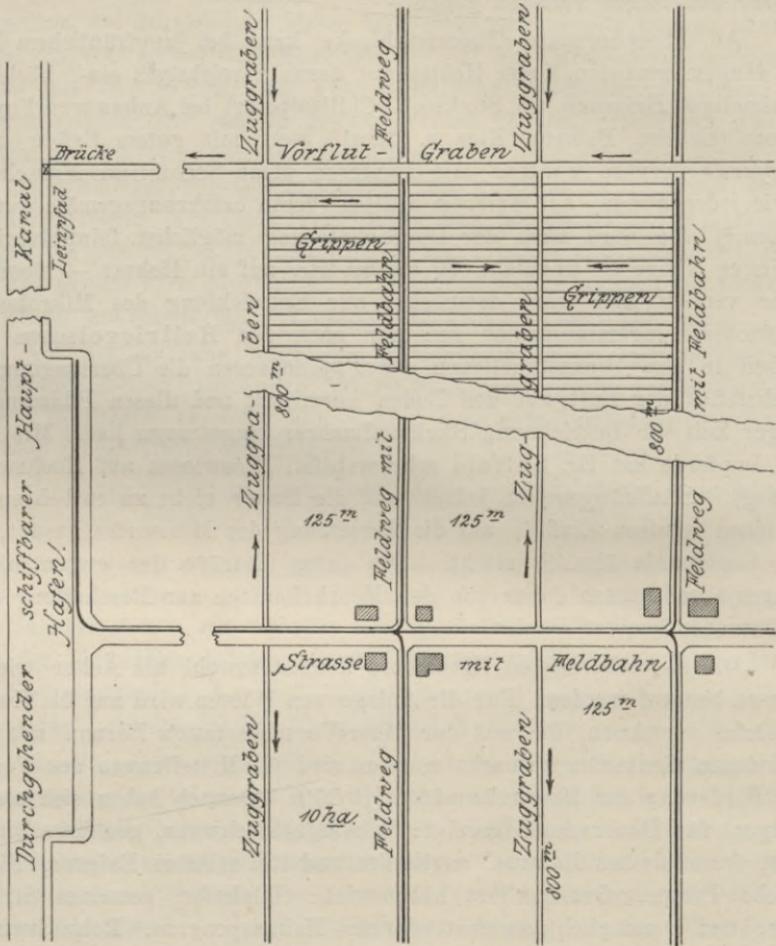


Fig. 547. Deutsche Hochmoor-Kolonie.

in den Veenkolonien durch Kähne auf den Inwieken geführte Verkehr zwischen dem Wirtschaftshof und dem Kulturland wird ersetzt durch einen Verkehr mittels Feldbahnen (Fig. 547).

Die Wirtschaftswege, welche über das Moor erforderlich sind, werden am besten derartig angelegt, daß zunächst das Moor im Zuge des Weges durch zwei Seitengräben entwässert wird. Mitunter wird zwar von der

Anlage solcher Gräben abgeraten, weil man den Weg als eine auf dem Moor schwimmende Decke ansieht und befürchtet, die Seitengräben könnten als Einschnitte in das Moor das Absinken der Decke beschleunigen. Aber auch ohne Seitengräben wird der Weg durch die ruhende und bewegliche Last stärker gedrückt als das Nachbarmoor und sinkt tiefer als dieses. Unterläßt man die Seitengräben, so gibt der Weg selbst zu Wasseransammlungen Anlaß und wirkt wie ein breiter Graben. Die Seitengräben müssen so tief geführt werden, daß ihr Wasserspiegel mindestens 1 m unter der Wegkrone liegt. Die Ausführung muß spätestens ein Jahr vor Anlage des Weges begonnen werden. Die Aushubmassen sind auf die Mitte des Weges zu werfen. Später, nach Herstellung des Weges, ist dem Setzen des Moores durch Vertiefung der Seitengräben zu folgen.

Bei schmalen Wegen von 4 bis 6 m Breite genügt die Entwässerung durch die Seitengräben. Bei breiteren Wegen von 7 bis 10 m Breite ist dagegen eine Entwässerung des Wegplanums durch Quergrippen zu empfehlen,<sup>1)</sup> die in Entfernungen von 10 bis 15 m bis zur Tiefe der Seitengräben quer durch das Planum zu führen und später in 40 bis 50 cm Höhe mittels Faschinen, darüber mit Moor auszufüllen sind. Gewöhnlich genügt eine Wegbreite von 7 m; sollen Birken zur Bezeichnung der Ränder gepflanzt werden, so sind 8 m nötig. Unterläßt man die Quergrippen durch das ganze Planum, so ist es immerhin ratsam,<sup>2)</sup> Kopfgrippen in 5 bis 10 m Abstand senkrecht gegen die Seitengräben bis zum Rande der den eigentlichen Weg bildenden Sanddecke zu führen, weil die Sanddecke sich stärker setzt als das unbesandete Moor, und die Kopfgrippen der zusammengeprefsten Moormasse Vorflut geben. Wenn die Seitengräben in dem flüssigen Moor gar nicht stehen wollen, so hat Regierungs- und Baurat Krüger mit gutem Erfolg das benachbarte rohe Moor durch Seitengrippen entwässert, die in Abständen von 15 bis 20 m auf 10 m Länge in das Moor getrieben wurden.

Die Herstellung des Wegplanums kann demnächst je nach dem verfügbaren Material und der Beanspruchung des Weges in verschiedener Weise erfolgen. Engineering Record empfiehlt eine Unterlage von Faschinen und darüber eine Erdfüllung, die in der Mitte 30 cm hoch werden und an den Enden, zur Erzielung der erforderlichen Wölbung, spitz auslaufen soll. Auf die Erdfüllung soll eine Schotterdecke von 15 cm und eine Kieslage von 12 cm Dicke aufgebracht werden. Ein solcher Damm ist zweifellos gut, aber auch durch die Schotterlage recht teuer.

<sup>1)</sup> Nach Regierungs- und Baurat Krüger-Bromberg in den Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1907, S. 242.

<sup>2)</sup> Nach Moorkulturinspektor Glafs-Oldenburg ebenda 1907, S. 243.

Ökonomierat Rothbarth<sup>1)</sup> empfiehlt, das Planum als Knüppeldamm aus 4 m langen, 8 bis 12 cm dicken geästeten Fichten oder Kiefernstangen herzustellen, die dicht nebeneinander verlegt werden, so daß die Zopf- und Stammenden zweier benachbarter Stangen sich berühren. Über die Knüppel kommt eine 5 cm starke Moordecke und darüber eine 12 cm dicke Sandschicht. Ein solcher Damm ist nach seinen Erfahrungen jederzeit während des ganzen Jahres fahrbar. Statt der Knüppellage hat man auch an anderen Orten mit gutem Erfolg eine Lage von Faschinen verwendet, sofern Faschinen wohlfeil zu haben waren. Die Faschinen wurden quer gelegt, so daß die Stammenden unter der Wegmitte lagen. Hierdurch wurde der Weg in der Mitte stärker gewölbt und gegen die Tritte der Tiere besser geschützt als bei Lage der Zopfenden in der Mitte. Um ein gleichmäßiges Eindrücken der Faschinen zu erreichen, werden mitunter in der Längsrichtung des Weges drei bis vier endlose Faschinen vorher eingebracht.

Bei schwieriger oder kostspieliger Beschaffung der Faschinen kommt man auch mit einer Sanddecke allein auf dem vorher entwässerten Weg aus. Diese Art der Wegebefestigung ist die am meisten gebräuchliche. Die Sanddecke bleibt 1 m vom Grabenrande entfernt und muß wegen des Fehlens der Faschinenlage stärker aufgebracht werden. Sie wird gewöhnlich 30 bis 40 cm stark mit Wölbung hergestellt.

Bei wenig benutzten Wegen ist eine besondere Befestigung gar nicht erforderlich. Es genügt, sie nach der Entwässerung wie Hochmoorwiesen zu bearbeiten, zu düngen und mit Grasansaat zu versehen.

In dieser Weise mit Entwässerungsgräben, Feldbahnen und Verkehrswegen sind bisher verschiedene Kolonien angelegt worden, unter anderen 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>

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Moorkultur-Vereins 1907, S. 256.

<sup>2)</sup> S. Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur 1900, S. 247.

<sup>3)</sup> Ebenda 1899, S. 259 und 41. Sitzung der Zentral-Moor-Kommission.

<sup>4)</sup> 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.

#### § 107.

**Ausdehnung der Bewässerungen.** Das Bedürfnis zu Bewässerungen ist alt. Es ist zuerst in südlichen Ländern aufgetreten, um die Einwirkungen der tropischen Sonne auszugleichen. Die anfeuchtende Bewässerung (s. S. 553) ist daher älter als die düngende Bewässerung. Die ältesten bemerkenswerten Bewässerungsanlagen sind in Indien, den Euphratländern, Ägypten, Spanien und Italien.

Indien wird von einer großen Anzahl von Kanälen durchzogen, mit deren Hilfe hauptsächlich der südliche Teil des Landes bewässert wird. Ihre Gesamtlänge beträgt ungefähr 68 000 km. Die Kanäle werden meist aus künstlichen Becken gespeist, in denen die Hochfluten der starken Regengüsse gesammelt werden. Die Reiskultur Indiens beruht allein auf der Bewässerung. Deshalb wird auch jetzt noch von den Engländern die künstliche Bewässerung des Landes als wichtigste und unentbehrliche Melioration eifrig gefördert.

Die Bewässerungsanlagen am Euphrat und in Kleinasien haben wegen schlechter Unterhaltung an Bedeutung eingebüßt. Neuerdings bemüht man sich, die Kultur dieser Länder durch Bewässerungen neu zu beleben. So werden z. B. die Bewässerungsanlagen für die Konia-Ebene in Kleinasien gegenwärtig unter deutscher Leitung ausgeführt.

Ägypten war in alten Zeiten das bestbewässerte Land der Erde. Hier wurde das Wasser des Nils auch zur düngenden Bewässerung benutzt. Die Anlagen wurden mangelhaft unterhalten und verloren ihre Bedeutung. Erst in den letzten Jahrzehnten hat man neue Arbeiten unternommen, um dem Nilwasser seine früheren Erfolge zu geben. Man hat dazu neue Staudämme angelegt und das Kanalnetz weiter ausgebaut. Der bedeutendste Staudamm ist der 2 km lange Damm von Assuan, welcher 1903 vollendet wurde.

In Spanien und Südfrankreich sind alte Bewässerungsanlagen vorhanden, denen in Frankreich neuerdings größere Unternehmungen, wie der Verdon-Kanal, zugefügt wurden.

Die Bewässerungsanlagen in Italien sind verhältnismäßig neueren Ursprungs. Sie rechnen erst vom 11. Jahrhundert ab, nachdem die

Italiener die Wohltaten der Bewässerung in den Kreuzzügen kennen gelernt hatten. Einer der ältesten großen Kanäle ist der Naviglio grande, der 1178 vollendet wurde. Ihm folgten eine große Anzahl neuerer Kanäle, von denen der 1869 bis 1873 erbaute 83 km lange Cavour-Kanal der bekannteste und bedeutendste ist.

In Amerika wird eifrig daran gearbeitet, das Wasser zu Bewässerungen nutzbar zu machen. Es werden dazu große Hochbehälter angelegt, von denen aus sich große und kleine Kanäle verzweigen. Bis zum Jahre 1902 waren hierzu 112 Millionen Mark von der Regierung der Vereinigten Staaten ausgegeben worden; für die Jahre 1906 bis 1908 sind wiederum 150 Millionen Mark für denselben Zweck in Ausgabe gestellt.

Australien bedarf bei zeitweise ungewöhnlich reichen Niederschlägen und darauf folgender, lang anhaltender Trockenheit der Bewässerungsanlagen in hervorragendem Maße. Man sucht durch artesischen Brunnen und Regenbecken, neuerdings aber auch durch Sammelbecken und Kanäle dem Übel zu begegnen.

In Deutschland hat man erst sehr spät angefangen, das Wasser zu Bewässerungen zu benutzen. Zuverlässige Nachrichten rühren erst aus dem 16. Jahrhundert her. Das Wasser wurde damals, wie auch jetzt noch, nur zu Wiesenbewässerungen benutzt. Die neuerdings in Deutschland in Ausführung begriffenen großen Schiffahrtskanäle werden nach Möglichkeit zu Bewässerungsanlagen verwendet. So beruhen z. B. die Bewässerungsanlagen Hüntel-Emmeln auf der Zuleitung von Kanalwasser, welches oberhalb der Schleuse Hüntel dem Dortmund-Emskanal entnommen wird.<sup>1)</sup>

### § 108.

**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 wird es für Bewässerungen gern und mit Erfolg benutzt. Die Abwässer von Hüttenwerken oder aus Salzquellen, auch Grubenwasser, Torf- und Moorwasser sind wenig geeignet.<sup>2)</sup>

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 Wasser-

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Bauwesen 1902, S. 450.

<sup>2)</sup> So ist z. B. das Wasser der durch Fabriken stark verunreinigten Emscher bei einem Salzgehalt von durchschnittlich 2500 mg in einem Liter für Bewässerungen ungeeignet.

pflanzen 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.

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.

<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.

## § 109.

**Die Wassermenge.** *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. § 113). Auch *von dem Bewässerungsverfahren*: Berieselungen (§§ 124 bis 128) gebrauchen mehr als Überstauungen oder Stauberieselungen (§§ 121 bis 123); gewöhnliche Rieselwiesen (§§ 124 bis 128), mehr als drainierte Rieselwiesen (§§ 129 und 130). 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. § 124).

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 die Flächen, welche nur mit abgerieseltem Wasser bewässert werden (s. § 113), stets abgezogen.

In der Anrechnung der Flächen, die dem Wechselbetriebe unterliegen (s. § 114), ist der Gebrauch verschieden. Man bezieht die Angabe der Sekundenliter für das Hektar entweder auf das ganze zu bewässernde Land, ohne Rücksicht auf den Wechselbetrieb, oder nur auf diejenigen Flächen, die im Wechselbetriebe zu gleicher Zeit Wasser erhalten. In diesem Falle werden die Flächen, welche im Laufe des Betriebes später

folgend bewässert werden, abgezogen. Wird z. B. ein vierteiliger Wechselbetrieb (vierfache Rotation) beabsichtigt, so würde die Angabe, daß 1 l für das Hektar und die Sekunde der satt oder voll bewässerten Flächen verwendet werden sollen, der Zuführung von 0,25 l Wasser für Hektar und Sekunde des ganzen zu bewässernden Landes entsprechen.

### § 110.

**Wasserbedarf zur Anfeuchtung.** a) *Von Wiesen.* In *Oberitalien* rechnet man für die Anfeuchtung von Wiesen bei sehr schwerem Boden 0,9 l, bei schwerem Boden 1,0 l, bei mittlerem 1,5 und bei leichtem Boden 2,0 l Wasserbedürfnis auf das Hektar und die Sekunde. Im allgemeinen beträgt das Wasserbedürfnis durchschnittlich 1,13 l. Hierbei wird für die Ermittlung der Hektare das ganze zu bewässernde Land berechnet. Bei einem vierteiligen Wechselbetriebe würden z. B. die Flächen mit den vierfachen der oben angegebenen Mengen voll bewässert werden. Auch in *Sizilien* bewässert man mit durchschnittlich 1 l dauernden Zuflufs für das Hektar und die Sekunde. In *Südfrankreich* werden für die anfeuchtende Bewässerung 1,5 bis 2 l auf Hektar und Sekunde gerechnet. Wenn jedoch die Wiesen verwallt und überstaut werden können, so genügt die Zuführung von einem Liter auf das Hektar und die Sekunde. Auch hierbei wird das ganze zu bewässernde Land in Rechnung gezogen. 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 fünf-fache 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 l auf Hektar und Sekunde, in sehr trockener Zeit sogar 4200 cbm,<sup>1)</sup> d. i. 0,53 l auf Hektar und Sekunde.

<sup>1)</sup> Die Zahlen 2800 cbm, 4200 cbm, 4800 cbm usw. 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

Bei *mittlerem Boden* 4800 cbm auf ein Hektar, d. i. 0,6 l 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 l 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 l 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.

b) *Anfeuchtung von Äckern*. Das Wasserbedürfnis für die Anfeuchtung von Äckern ist geringer als für die Anfeuchtung von Wiesen.

In *Oberitalien* rechnet man bei sehr schwerem Boden 0,30 l, bei schwerem Boden 0,34, bei mittlerem 0,50 und bei leichtem Boden 0,68 l, im Durchschnitt 0,38 l Wasser auf Hektar und Sekunde, wobei das ganze zu bewässernde Land ohne Rücksicht auf Wechselbetrieb voll berechnet wird. Im gebirgigen Val di Non in *Tirol* werden 0,1 bis 0,3 Sekundenliter für das Hektar angenommen. In *Ägypten* hat man nach neueren Erfahrungen bei dreiteiligem Wechselbetrieb in der Sommerbewässerung vom Mai bis Juli 20 bis 30 cbm Wasser für den Tag und das Feddan von 0,42 ha nötig, dies entspricht einer dauernden Zufuhr von 0,18 bis 0,28 l für Hektar und Sekunde. In *Südfrankreich* werden für Getreide, Kartoffeln und Weinstöcke in den Sommermonaten zusammen durchschnittlich 0,3 Sekundenliter auf ein Hektar verwandt. Nach den Versuchen von Barzal, Debaube, Hervé Mangon und Conte genügt für Getreide allein 0,04 bis 0,15 l dauernder Zufluss. In *Algier* findet für Wintergetreide eine ständige Zuführung von 0,16 Sekundenlitern auf das Hektar statt. Im südlichen *Kalifornien* beschränkt man gegenwärtig den Verbrauch auf 0,14 Sekundenliter für das Hektar.

Sache des Landwirts und Kulturtechnikers, 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.

<sup>1)</sup> Siehe die vorhergehende Anmerkung.

In *Deutschland* hat man mit der Anfeuchtung von Äckern keine größeren Erfahrungen gesammelt. Aus den Beobachtungen in Italien, wo sich das Wasserbedürfnis bei Getreide, Wiesen und Reis ungefähr wie 1 : 3 : 10 verhält, und nach den Untersuchungen Heuschmidts in Deutschland, denen zufolge für mittlere Böden auf Wiesen die Zuführung von 0,6 l auf Hektar und Sekunde genügt, darf man folgern, dafs bei uns eine Anfeuchtung für Äcker etwa 0,2 l auf Hektar und Sekunde oder in einem Sommermonat von 30 Tagen etwa 52 mm Regenhöhe erfordern wird. Diese Zahl entspricht ziemlich genau den folgenden Angaben Wohltmanns.

Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. Wohltmann in Bonn schätzt für Ackerkulturen die Regenhöhen, bei denen die Pflanzen sich normal entwickeln können:<sup>1)</sup>

	in den Monaten:								Zusammen im Jahre
	November bis März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Oktober	
für Hafer . . . . .	220	40	70	70	80	40	50	60	= 630 mm
„ Wintergetreide . . . . .	220	40	70	60	70	40	40	60	= 600 „
„ Kartoffeln . . . . .	240	40	30	50	80	65	35	40	= 580 „
„ Rüben . . . . .	240	40	30	50	80	65	35	40	= 580 „
„ Gerste . . . . .	180	30	60	50	60	30	50	60	= 520 „

Auf Sandböden mufs die Regenmenge gröfser, auf Tonböden, welche die Feuchtigkeit besser halten, darf sie geringer sein. Die Zahlen werden für alle Gegenden Deutschlands nicht gleichmäfsig zutreffen. So z. B. erzielte Prof. Dr. Gerlach-Bromberg auf dem Versuchsgut Pentkowo in der Provinz Posen im Wirtschaftsjahr 1903/04 bei einer Niederschlagsmenge von 399 mm auf mildem, humushaltigen, sandigen Lehmboden von Roggen, Weizen und Hafer befriedigende Ernten. Roggen, der vorher eine normale Entwicklung gehabt hat, beansprucht nach Gerlach in der Provinz Posen während des Monats Juli kaum noch 70 mm Regen. Ferner gebrauchen Zuckerrüben dort im August und nicht im Juli die gröfsten Niederschlagsmengen.<sup>2)</sup>

§ 111.

**Wasserbedarf zur düngenden Bewässerung.** Das Wasserbedürfnis hierzu bewegt sich in weiten Grenzen. Es ist nicht allein ab-

1) Mitteilungen der D. L. G. vom 29. Oktober 1904, Stück 44.

2) Vortrag des Prof. Dr. Gerlach in der Landeskultur-Abteilung der D. L.-G., Mitteilungen der D. L.-G. 1906, Stück 41.

hängig von dem Gehalt an Nährstoffen, sondern auch von dem Bewässerungsverfahren und der Bauart der Bewässerungsanlage (vergl. § 109).

*Rieselwiesen* (§§ 124 bis 128) erfordern unter Annahme eines mittleren Gehalts an Nährstoffen nach Dünkelberg 17 bis 52 l Wasser auf Hektar und Sekunde, nämlich:

42 bis 52 l,	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, verlangt 60 bis 120 l auf Hektar und Sekunde, nämlich:

120 l 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 (§§ 125 und 126), bei denen also selbst bei 8 m breiten Hängen oder 16 m breiten Rücken ein starker Wasserverbrauch stattfindet, so steht die Vincentsche Angabe nicht allzufern der von Dünkelberg.

Wurffbain hat für die Melioration der Boker Heide 11 l 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 Wechselbetriebe (Rotation) erfolge, zog aber die Flächen höheren Betriebes nicht ab. Werden diese Flächen ebenso abgezogen, wie die Flächen, welche abgerieseltes Wasser erhalten, so entfallen z. B. bei vierfachem Umlauf  $4 \cdot 11 = 44$  l Wasser auf Hektar und Sekunde, und es ist ersichtlich, wie nahe Wurffbains Zahl den Dünkelbergschen Angaben steht.

Hefs gibt das Wasserbedürfnis von Rieselwiesen bei düngender Bewässerung auf 30 bis 80 l, Keelhoof in der belgischen Campine auf 30 l, Debauve bei den Wiesen der Vogesen auf 20 bis 50 l auf das Hektar und die Sekunde an. Auch diese Angaben rechtfertigen für mittlere Verhältnisse die Annahme der Dünkelbergschen Zahlen.

Für *Stauberieselungen* (§ 123) werden nach Hefs 10 bis 20 l auf Hektar und Sekunde gebraucht, im Durchschnitt 15 l, sofern nur die vollbewässerten Flächen zur Anrechnung kommen. Ist das Wasser sehr fruchtbar, so genügen geringere Mengen.

*Drainierte Rieselwiesen* (§§ 129 und 130) verlangen nach Petersen 8 bis 15 l, durchschnittlich 12 l Wasser auf das Hektar und die Sekunde,

nämlich 8,5 l bei sandigem Lehmboden und 14,5 l bei humosem feinen Sandboden.

### § 112.

**Wasserverluste.** Die Wasserverluste, die auf der Meliorationsfläche selbst durch Versickerung, Erhöhung des Grundwasserstandes, Verdunstung u. dergl. entstehen, kommen bei düngender Bewässerung gewöhnlich nicht zur Anrechnung, weil hier ohnehin mit großen Wassermengen gerechnet wird. Bei der anfeuchtenden Bewässerung dagegen, wo man es mit geringen Wassermengen zu tun hat, ist ein Zuschlag am Platze. Keelhoff hat Verluste von 17 bis 20 % des zugeleiteten Wassers gefunden. Hefs fand 9 bis 22 %, bei späteren Versuchen mit Sommerberieselungen nur 6,8 bis 8,6 %. Der Verlust ist abhängig von der Tiefe des Grundwassers, der Temperatur, der größeren oder geringeren Klarheit des Himmels, von der Bodenbeschaffenheit und auch von der Ausdehnung des Rieselfeldes. Je länger der Weg ist, den das Wasser bei der Berieselung zurück zu legen hat, um so größer werden die Verluste sein.

Andere Wasserverluste entstehen in den Zuleitern auf dem Wege zwischen der Entnahmestelle des Wassers und der Verwendungsstelle auf der Meliorationsfläche. 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. § 117), 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 % des ganzen Bedarfs. Seine Messungen ergaben bei der Frühjahrs- und Herbstbewässerung 7 bis 12, bei der Sommerbewässerung 12 bis 22 % 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. 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 zu überziehen. Aufgedämmte Stellen sind zur Verhütung von Wasserverlusten möglichst zu vermeiden.

### § 113.

**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.

### § 114.

**Bewässerung durch Wechselbetrieb (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 gröfsere 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 Wechselbetrieb sind deshalb stets gröfser, als bei der Bewässerung ohne solchen Betrieb.

Die *Zahl der Teile*, in die das Gebiet für den Betrieb zerlegt wird, beträgt mindestens drei, selten für düngende Bewässerung mehr als sechs. Für anfeuchtende Bewässerung wird das Gebiet in eine gröfsere Zahl von Teilen, bis zu 15, zerlegt. Es ist dies abhängig von der Schnelligkeit, mit der das Wasser den Boden durchdringt oder von ihm demnächst bei der Entwässerung abgegeben wird. Demgemäß ist die Zahl der Abteilungen abhängig von der Beschaffenheit des Bodens. Für schweren Boden empfiehlt sich eine grofse Zahl von Abteilungen; denn je gröfser diese Zahl ist, um so wirksamer kann bei schwerem Boden die Durchlüftung des Landes zwischen den Wässerungen erfolgen. Bei leichtem Boden ist ein dreifacher Wechsel, bei schwerem Boden für düngende Bewässerung ein sechsfacher, für anfeuchtende Bewässerung ein zehnfacher, unter Umständen sogar 15facher Wechselbetrieb am Platze.

Die *Umstellung des Wassers* erfolgt gewöhnlich in Zeiträumen von 1 bis 4, selten in mehr Tagen. Bei einem dreifachen Umlauf würde demnach jede Fläche 1 bis 4 Tage lang bewässert und 2 bis 8 Tage lang entwässert werden. Die Ausdehnung der Wässerungszeiten hängt wie die Zahl der Abteilungen von der Beschaffenheit des Bodens ab. Bei schwerem Boden erreicht das Wasser schneller das Ende des Bewässerungsfeldes als bei leichtem. Wird demnächst die Zuleitung fortgesetzt, so wird bei anfeuchtender Bewässerung das Wasser über durchtränkte Flächen rieseln und die Abzugsgräben füllen. Es wird dann viel Wasser unbenutzt durch die Ableiter fortgeführt. Der sparsamste Betrieb erfolgt bei anfeuchtender Bewässerung, so bald die Abzugsgräben so wenig wie möglich Wasser erhalten. Daher sind bei anfeuchtender Bewässerung kurze Bewässerungszeiten auf schwerem Boden besser geeignet als lange. Bei düngender Bewässerung liegen die Verhältnisse anders. Dann ist eine Wasserzuführung von längerer Dauer erforderlich. 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, so daß der Umlauf über alle Flächen gleichmäfsig beendet werden kann, bevor die Jahreszeit die Einstellung der Berieselung verlangt.

Die anfeuchtende Bewässerung pflegt man in Italien mit 7teiligem Wechselbetrieb und 1tägiger Bewässerungsdauer, in Südfrankreich mit

6 teiligem Wechsel und 7 tägiger Wässerungszeit, in Ägypten mit 3 fachem Wechsel bei 6 tägiger Bewässerung auszuführen.

### § 115.

**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. Über die Erbauung der Wehre wird auf den vierten Abschnitt „Baukunde“, Kapitel XII, verwiesen.

Eine zweite Art der Wasserbeschaffung ist die durch Talsperren oder Stauweiher. Es werden nahe den Quellgebieten der Flüsse in geeigneten, durch hohe Ränder umsäumten Schluchten, die wo möglich oberhalb ein breites Tal beherrschen, Dämme oder Sperrmauern gezogen. Hinter diesen staut sich das Wasser in regenreicher Zeit zu seeartigen Becken an. Die Sperranlagen werden aus Erde oder Mauerwerk hergestellt. Sie müssen standsicher erbaut sein und Grundablässe sowie Überfälle enthalten. Das gesammelte Wasser wird in regenarmer Zeit zu Bewässerungen und anderen Zwecken in den unteren Gebieten verwendet. Um es den verschiedenen Bedürfnisstellen zuzuführen, sind Kanäle und Zuleitungsgräben erforderlich.

Man hat auch das Wasser artesischer Brunnen zu Bewässerungen benutzt. Dies ist z. B. in ausgedehntem Maße in Algier, im Tal des Qued Rir<sup>1)</sup> geschehen, ferner in Australien, wo die zu Bewässerungszwecken angelegten artesischen Brunnen bis zu 1246 m Tiefe erhalten haben. Neuerdings hat man auch in den westlichen Teilen der Vereinigten Staaten Nord-Amerikas zahlreiche artesische Brunnen erbohrt. In Deutschland wurden in jüngster Zeit auf dem Königlichen Fohlenhofe Eichel-scheiderdorf in der Bayerischen Pfalz neun artesische Brunnen zu Bewässerungen und Wasserversorgungsanlagen mit gutem Erfolge angelegt.

In fast allen Kulturstaaten werden gegenwärtig Kanäle für Schifffahrtzwecke erbaut. Es liegt der Gedanke nahe, diese Kanäle auch für landwirtschaftliche Zwecke als Bewässerungskanäle mit zu benutzen. Die Frage, ob eine solche gemeinsame Verwendung möglich sei, wurde auf dem XI. Internationalen Schifffahrtkongress in St. Petersburg 1908 unter-

<sup>1)</sup> Jus, Les forages artésiens de la province de Constantine (Algérie) 1890.

sucht. Die Untersuchung führte in den vorgelegten Berichten zu dem Ergebnis, daß die Vereinigung beider Zwecke im allgemeinen nur schwer und zwar nur für einzelne Kanalstrecken möglich sein wird. Denn dann, wenn das Bewässerungswasser vorzugsweise gebraucht wird, nämlich in Zeiten großer Trockenheit, darf dem Schifffahrtskanal nicht viel Wasser entzogen werden, weil die Schiffe sonst die Tauchtiefe verlieren würden. Außerdem ist es bei Bewässerungen oft geboten, gewisse Strecken des Kanals zeitweise abzusperren, besonders dann, wenn es an Wasser mangelt, oder Strecken durch Schleusen abzuschließen, was beim Wechselbetrieb oft vorkommt: diese Umstände erschweren die Schifffahrt oder machen sie streckenweise ganz unmöglich. Endlich überschreiten die Schifffahrtskanäle gewöhnlich Wasserscheiden und finden hier in der Scheitelhaltung gerade nur soviel Speisewasser, um die Verluste durch den Schifffahrtsbetrieb, durch Verdunstung und Versickerung auszugleichen. Eine Abgabe von Wasser aus der schwer versorgten Scheitelhaltung ist fast niemals möglich. Aus all diesen Verhältnissen ergibt sich, daß im allgemeinen nicht darauf zu rechnen ist, in Schifffahrtskanälen Vorratsräume für Bewässerungswasser zu gewinnen. Tatsächlich sind auch umgekehrt Bewässerungskanäle selten oder nie zu Schifffahrtzwecken in Anspruch genommen worden, in Spanien und Frankreich nie, in Ägypten, Indien und Italien nur für einzelne Strecken der Hauptkanäle.

In welcher Weise auch das Bewässerungswasser beschafft werden mag: in jedem Falle ist vorsichtig zu untersuchen, ob und welche Schädigung anderen Personen durch die aus der Bewässerung sich ergebende Wasserentziehung etwa zugefügt werden könnte. Auch 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 natürliche Zuführung nicht die gewünschte Bewässerungshöhe erreichen, oder wird das Wasser dem Untergrunde durch Brunnen entnommen, so muß man zur künstlichen Hebung des Wassers schreiten.

### § 116.

**Wasserhebwerke für Bewässerungen.** Solche Anlagen sind dann im Betrieb teuer, ihre Rentabilität ist zweifelhaft, sobald große Wassermengen für kleine Bewässerungsgebiete zu heben sind. Sie kommen daher für düngende Bewässerungen selten zur Anwendung, wohl aber empfehlen sie sich für anfeuchtende Bewässerungen. Die wichtigsten für diese Zwecke bewährten Einrichtungen sind folgende:

1. *Schöpfträder.* Hierunter versteht man im Gegensatz zu dem bei Entwässerungen gebräuchlichen Wurfrade (§ 26) ein solches Rad, das nur kleine Wassermengen befördert, und das nicht durch eine äußere Kraft-

maschine, sondern durch das fließende Wasser des Baches oder Flusses selbst getrieben wird. Fig. 548 stellt ein Schöpfrad dar, wie es in vielen

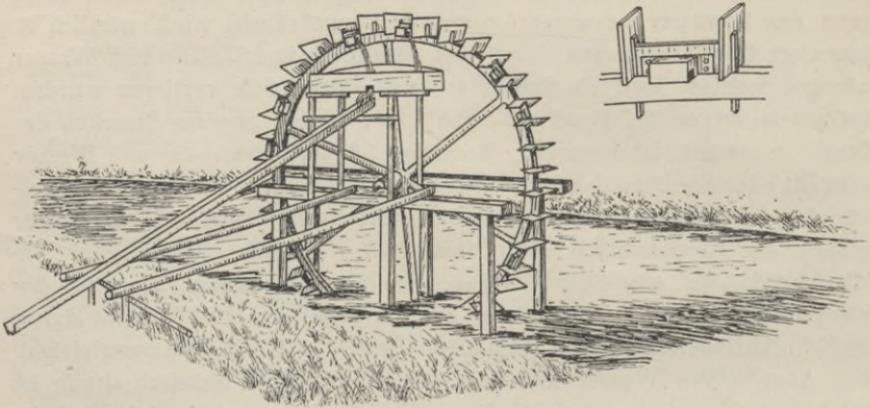


Fig. 548. Schöpfrad in Oberhessen.

Teilen Deutschlands, z. B. in Hessen noch jetzt in Gebrauch ist. Ein etwa 6 m hohes Rad wird mit senkrechten Schaufeln besetzt und auf

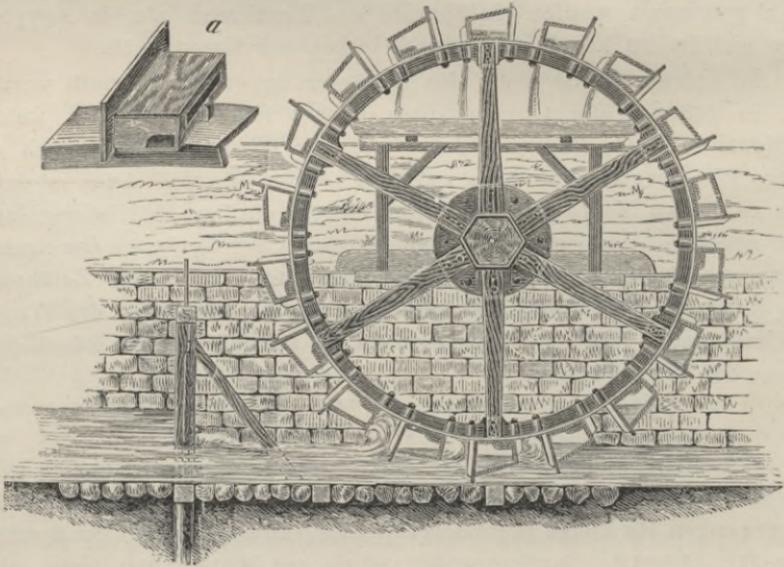


Fig. 549. Kasten-Schöpfrad.

einem einfachen Rahmwerk in einem Bach oder Fluss aufgehängt. Der Fluss wird neben dem Rade durch eingeworfene Steine wehrartig angestaut. Dadurch wird in der Radrinne ein geringes Gefälle von 20 bis 30 cm hervorgerufen. Dies genügt, um dem Wasser die zur Bewegung des Rades

erforderliche Kraft zu geben. Zwischen einzelnen Schaufeln werden Längsbretter befestigt und neben diesen einfache kleine Blechkasten mit einer Öffnung. Die Längsbretter und Blechkasten müssen paarweise entgegengesetzt zum Mittelpunkt des Rades befestigt werden, damit das Rad bei jeder Stellung im Gleichgewicht hängt, und nur das geringe Wassergewicht in den Kästen der aufsteigenden Radhälfte durch den Wasserdruck zu heben ist. Ein Trog neben dem Rad dient zum Sammeln des oben aus den Bechern fließenden Wassers, und eine darunter angebrachte Holzrinne führt dasselbe dem Bewässerungsgraben zu. Zum Ausserbetriebsetzen wird die Holzrinne seitwärts geschoben, dann bewegt sich das Rad weiter, das gehobene Wasser fällt in den Bach zurück.

Ein anderes Schöpfrad ist in Fig. 549 dargestellt. 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

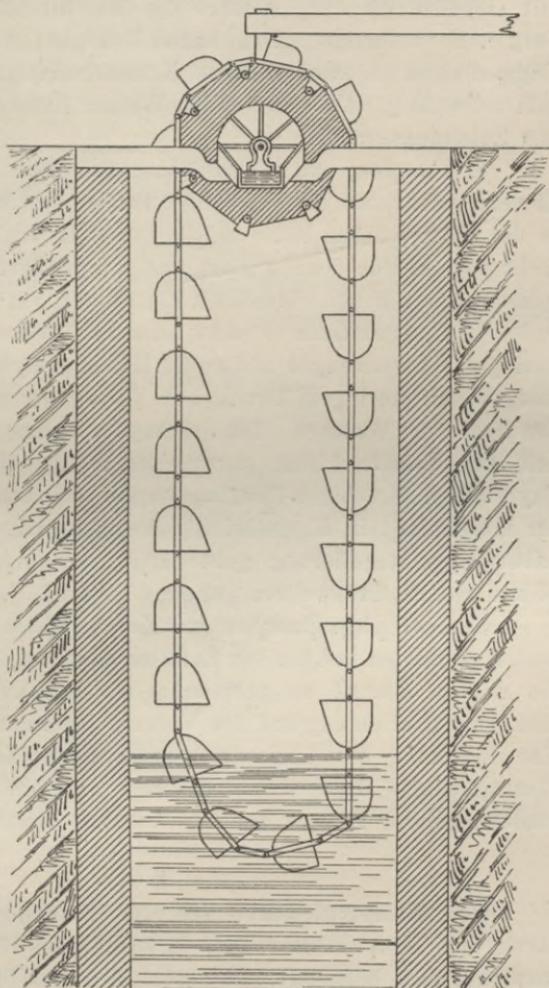


Fig. 550. Becherwerk von Kolb in Strafsburg.

Schaufeln schräg auf dem Umkreise des Rades angebracht, so daß der Wasserstofs 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 M. kostet, kann in der Sekunde 30 bis 35 l 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.

2. *Becherwerke*. Diese eignen sich besonders für die Bewässerungen kleiner Anlagen aus Brunnen. Fig. 550 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. §§ 28, 30 und 31), sind da verwendbar, wo ein Teich oder Becken zur Aufspeicherung des Wassers in der erforderlichen Höhe angelegt werden kann, so daß die Bewässerung nicht vom Winde abhängig ist und ein genügender Wasservorrat zur Bewässerung auch bei windstillen Zeiten zur Verfügung steht.

4. *Hydraulische Widder* oder *Stoßheber* sind für das Heben sehr geringer Wassermengen auf große Höhen geeignet, wenn größere Wassermengen mit geringem Druck zur Verfügung stehen. Sie wirken durch den Stoß des Wassers. Die Störungen, welche die unregelmäßige Tätigkeit der Ventile bisher verursacht haben, sind nach dem Urteil der Bayerischen Maschinen-Prüfungsstation bei dem Widder neuerer Bauart der Gebr. Abt in Mindelheim (Schwaben) mit selbsttätigem Antrieb und selbsttätiger Regulierung gehoben.<sup>1)</sup> Diese Apparate werden mit 20 bis 78 mm weiten Triebrohren geliefert. Vergl. S. 278 bis 281, 308, 309.

5. *Zentrifugalpumpen mit Lokomobilen* (s. §§ 28 und 29) 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 trockener Zeit zu gestatten und die Einträglichkeit dadurch zu erhöhen, daß die Lokomobile auch in bewässerungsloser Zeit zu anderen Zwecken benutzt werden kann.

### § 117.

**Der Hauptzuleiter.** Von der Entnahmestelle wird das Wasser durch den Hauptzuleiter oder Bewässerungs-Hauptkanal nach der Verwendungsstelle 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. 551) führen bei Verwendung nicht ganz undurchlässigen Bodens zu Wasserverlusten. Das aus dem Damm dringende Wasser — *Schweifswasser* — muß durch einen Graben — *Schweifsgaben* — aufgefangen werden, um das unterhalb befindliche Land nicht durch Nässe zu schädigen.

<sup>1)</sup> Genauere Beschreibung mit Abbild. im Kulturtechniker 1906, S. 227.

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. 551). 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

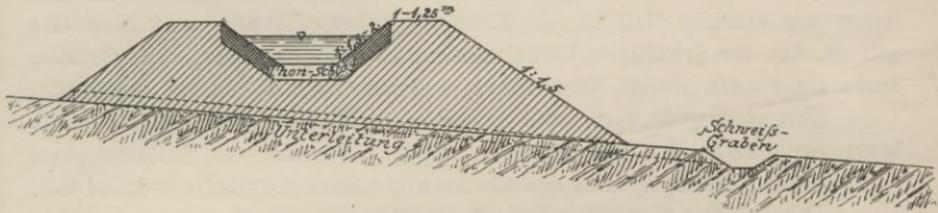


Fig. 551. Zuleiter im Auftrage.

sich gleichmäßig verteilen (Fig. 552). 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.

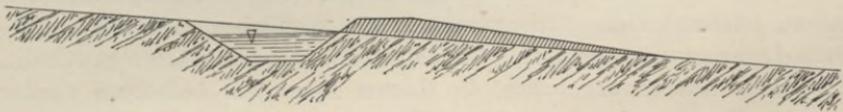


Fig. 552. Zuleiter im Abtrage.

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 großen Zuleitungskanälen bis auf 0,1 ‰. 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 Gefälllinien, 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, bzw. 1,2 m in der Sekunde. Sind größere Geschwindigkeiten unvermeidlich, so müssen Böschungen und Sohle befestigt werden.

### § 118.

**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 Sumpfgenden ausgeführt werden. In Sumpfgenden 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 Erträgnisse 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 Gefällbestimmung 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 schlickreiche 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 Schlickteile 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.

### § 119.

**Bewässerung von Bäumen.** Unter den Waldbäumen stellen die höchsten Ansprüche an den Boden hinsichtlich des Gehalts an Nährstoffen nach den Erfahrungen der Forstbeamten: Ulme, Esche, Ahorn, Eiche, Buche und Tanne. Unter mittleren Verhältnissen gedeihen Lärche, Hainbuche, Linde, Weide, Fichte und Weimutskiefer; und als genügsame Holzarten werden angesehen: Erle, Birke, Akazie und Kiefer. Die verhältnismäßig größte Menge von Bodenfeuchtigkeit beansprucht die Roterle, demnächst folgen Pappeln und Weiden sowie die Birke (Ruchbirke). Roterle und Birke sind am besten imstande, stauende Nässe zu ertragen, weniger ist dies bei der Kiefer der Fall, und noch weniger bei allen übrigen Waldbäumen. Esche, Ulme, Linde und Eberesche verlangen frischen Boden. Auf trockenen Böden kommen noch fort: die gemeine Kiefer, die Weißbirke, Akazie und die kaspische Weide.

Alle Bäume, die Waldbäume sowohl wie die Alleebäume und Obstbäume, 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 Trauflinie 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 Trauflinie 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.

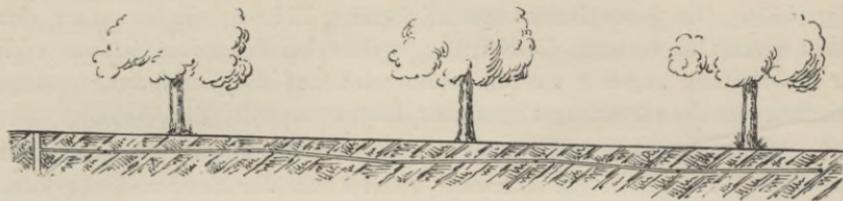


Fig. 553.

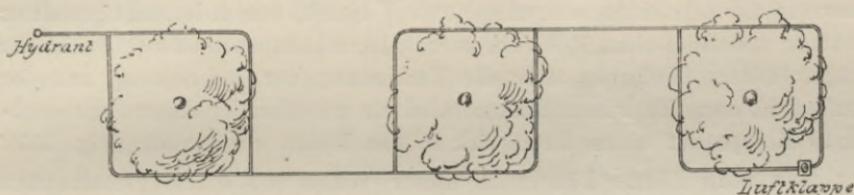


Fig. 554.

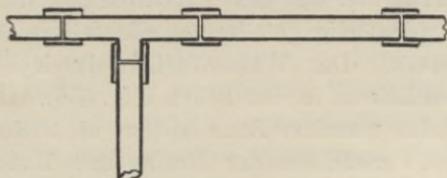


Fig. 555.

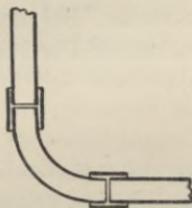


Fig. 556.

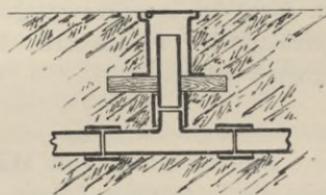


Fig. 557.

Fig. 553 bis 557. Bewässerung von Alleebäumen nach Degenhard.

Für Alleebäume an Strafsen und Spazierwegen, wo die Anlage solcher offenen Rinnen unmöglich ist, empfiehlt sich das nach demselben Grundsatz erdachte und in den Fig. 553 bis 557 dargestellte bewährte Verfahren der *unterirdischen Baumbewässerung durch Drains* des Stadtgärtners Degenhard in Dresden. Gerade bei Alleebäumen in

städtischen Strafen ist eine Bewässerung nicht zu entbehren, weil durch die in Städten gewöhnlich vorhandenen Kanäle der Grundwasserstand gesenkt ist. 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 Trauflinie 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. 555). 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. 553).

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. Dieses 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. 557).

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. 556). 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.

### § 120.

**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 §§ 99 bis 101 und 104 bereits erörtert.

Bei der *Einstauung* wird das Wasser in oder auf die Wiesenfläche geleitet und durch Stauvorrichtungen vom Abflufs zurückgehalten. Man unterscheidet: Grabenstaubau (§ 121) von der gewöhnlichen Überstauung oder der Stauwiese (§ 122) und von der Stauberieselung (§ 123). 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 (§§ 124 und 125), fließt es nach beiden Seiten, im Rückenbau (§§ 126 bis 128). 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 schwächer geneigten als Rücken ausgebildet werden.

Die *Drainierungen* von Wiesen können als gewöhnliche Wiesen-drainage oder als Petersensche Wiesen zur Ausführung kommen. Bei den Petersenschen Wiesen wird eine besonders sorgfältige Verbindung von Entwässerung und Bewässerung durchgeführt.

### § 121.

**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 § 32, 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 Einlafs- 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

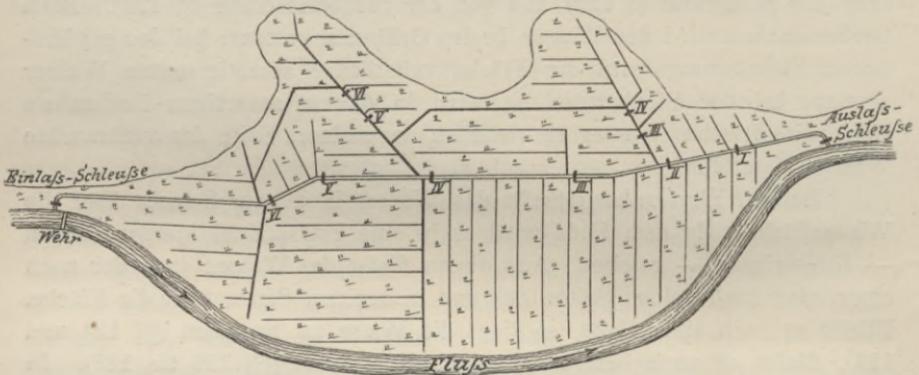


Fig. 558. Grabenstaubau. (I bis IV Grabenstauschleusen.)

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, so daß 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. 558) 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 usw. fortgefahren. So werden alle Gräben mit frischem Wasser von der Einlafsschleuse 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 Einlafsschleuse geschlossen und die Auslafsschleuse geöffnet; nach und nach werden demnächst auch die übrigen Stauschleusen gezogen.

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 (§ 101). Für solche Anlagen eignet sich dies Bewässerungsverfahren in hervorragender Weise.

## § 122.

**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. 559).

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-*

*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 Uwallungsdamm. 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

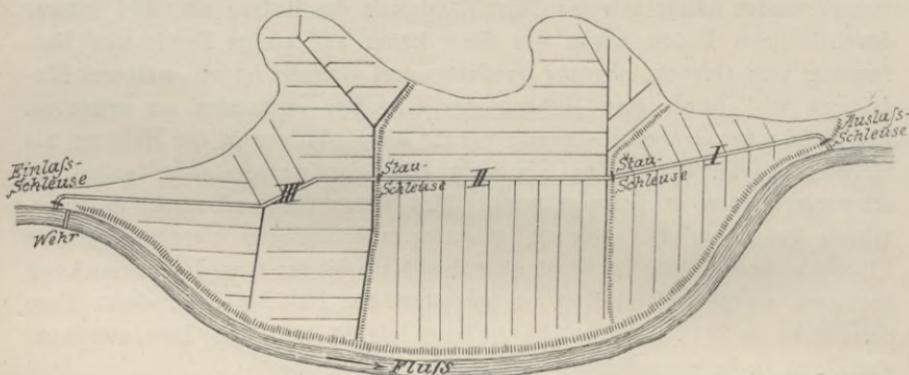


Fig. 559. Überstauung oder Stauwiese.

nach und nach an, gleichzeitig auch die oberen Abteilungen zum Teil unter Wasser setzend. Die Füllung geschieht bis zur Höhe des *Normalstauwasserspiegels*. 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 Einlafsschleuse 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 normalmäÙig unter Wasser steht. Dann erst wird die Einlafsschleuse gesperrt. Auf diese Weise erhält jede Abteilung schlickreiches Wasser unmittelbar aus dem Fluss.

An der Einlafsschleuse ist durch geeignete Bauart — mit Staubrettern, 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 Flusniederungen, 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 Auflandung nach und nach beseitigt, die Pflanzen erhalten durch die Staudecke Schutz gegen Frost. Der Boden gefriert nicht, er ist vor Wärmeausstrahlung geschützt und zeigt deshalb im Frühjahr zeitigeres Wachstum. Allerdings werden die Gräser durch den Abschluß der Luft und der Temperatur-Einwirkungen auf längere Zeit ein wenig verweichlicht, sie werden empfindlicher gegen Spätfröste; auch ist zu beachten, daß das Verfahren sich hauptsächlich bei durchlässigem, weniger bei undurchlässigem und deshalb von Natur kaltem Untergrunde empfiehlt. Dazu kommt, daß die Bewässerung zur Zeit der Vegetation fast garnicht oder nur in sehr beschränktem Maße ausgeübt werden kann. Die 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 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.

### § 123.

**Stauberieselung.** Die Stauberieselung ist die Überstauung von Flächen mit dauerndem Zu- und Abfluß des Wassers. Solche Anlagen

<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.

unterscheiden sich von denen 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 — 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. 560).

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

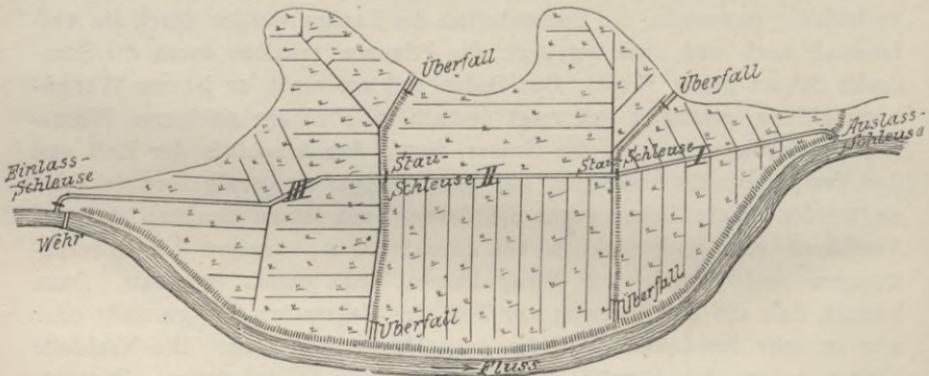


Fig. 560. Stauberieselung.

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 Abfluss an der Auslassschleuse so geregelt, daß die an einem Merkpfehl erkennbare Normalwasserhöhe der unteren Abteilung dauernd erhalten bleibt. Das Wasser durchfließt die Abteilungen von den Überfällen aus. Die Breiten und Tiefen der Überfälle müssen nach der sekundlich durchfließenden Wassermenge bestimmt werden. Dabei ist nach § 113 die Möglichkeit zu wahren, jeder Abteilung auch frisches Wasser zuzuführen. Die Bewässerung im Wechselbetrieb ist gleichfalls zulässig.

Der Hauptvorzug des Verfahrens besteht darin, daß 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 größer 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.

### § 124.

**Natürlicher Hangbau.** Der natürliche Hangbau (vergl. § 120) ist anwendbar auf allen Flächen, deren Durchschnittsgefälle mindestens 1 : 50

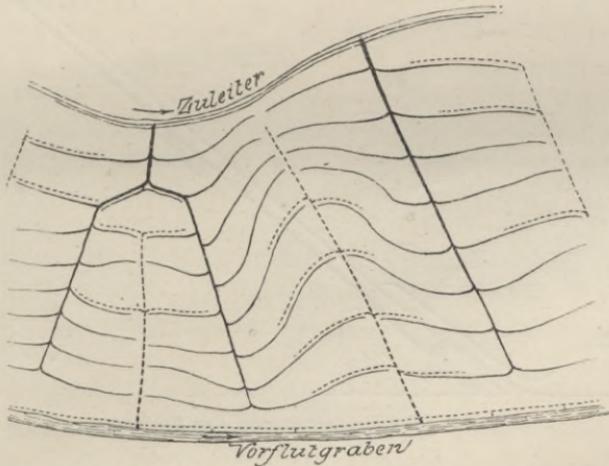


Fig. 561. Natürlicher Hangbau.

beträgt. Es werden von dem Zuleiter *Verteilungsrinnen* in 40 bis 50 m Entfernung so abgeleitet, daß die höchsten Teile des Geländes, die Rücken, getroffen werden. Diese Rinnen erhalten 20 bis 25 cm Tiefe und nach den Enden abnehmende Breite. Je nach den Umständen können *Zwischenverteiler* eingeschaltet werden (Fig. 561).<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

<sup>1)</sup> In dieser und den folgenden Abbildungen sind die Bewässerungsrinnen durch ausgezogene, die Entwässerungsrinnen durch gestrichelte Linien angedeutet.

Tiefe und 10 bis 15 cm Breite. Über den talwärts gelegenen Bord dieser Rinne schlägt das Wasser bei der Berieselung. Diese Kante — die *Überschlagkante* — muß mit besonderer Sorgfalt hergestellt werden. Die Rieselrinnen liegen mit sehr schwachem Gefälle von 1:500 bis fast 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 größer die Wassermenge und je stärker das Gefälle der Fläche ist, um so gleichmäßiger wird sich das Wasser verteilen, um so besser wird es den Aufenthalt überwinden, den starke Grasbüschel oder Unebenheiten bieten, um so größer darf daher die Entfernung der Rieselrinnen sein. Die *erste Rieselrinne* muß stets längs des Zuleiters angelegt werden,

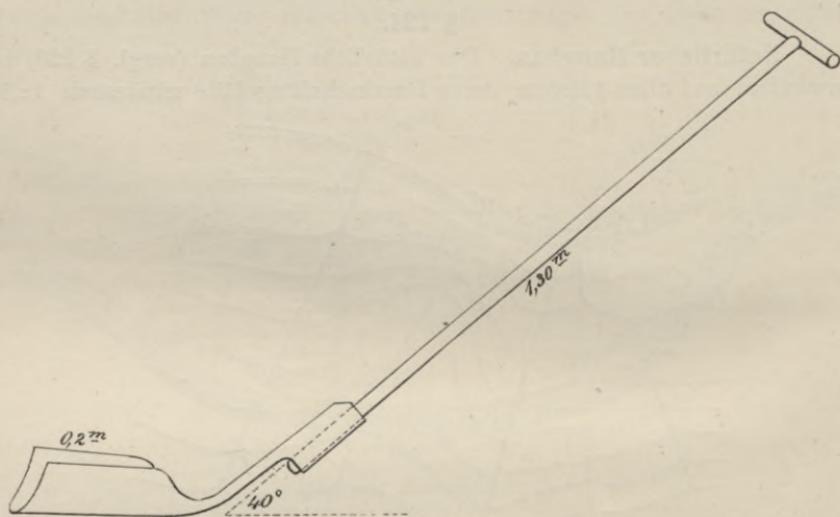


Fig. 562. Rieselrinnenstecher von Zastrow.

denn der Zuleiter ist zur Berieselung nicht zu benutzen, weil er nicht zwei Bedingungen, nämlich Wasserführung und Überschlagen, gleichzeitig erfüllen kann (s. Fig. 561).

Das Ausheben der Rieselrinnen kann ohne Nivellement durch den Zastrowschen *Rieselrinnenstecher* erfolgen. Es ist dies nach Fig. 562 ein gekrümmter Spaten mit scharfer Schneide, welcher bei der Benutzung vorwärts gedrückt wird. Man folgt hierbei dem Lauf des von der Verteilungsrinne 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. 563). Sie befinden sich unmittelbar oberhalb der Rieselinne, jedoch in solcher Entfernung, daß ein Durchsickern des Wassers nicht zu befürchten ist. Demnach beträgt 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.

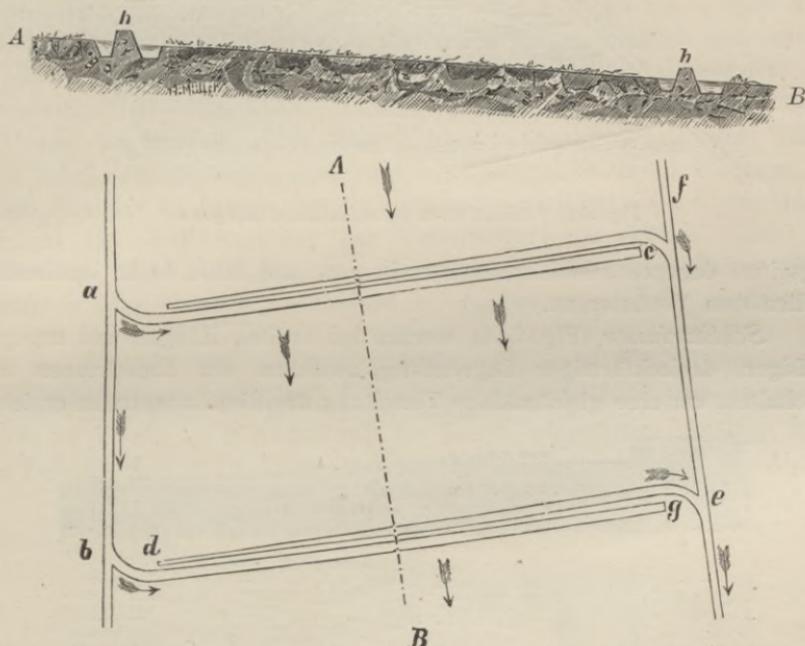


Fig. 563. Rieselinne mit Abzugsrinne beim Hangbau. Querschnitt und Lageplan.

Die Abzugsrinnen vereinigen sich in *Entwässerungsrinnen*. Diese entsprechen den Verteilungsrinnen der Bewässerung. Sie liegen daher gleichgerichtet zwischen den Verteilungsrinnen und nehmen in der Regel die Täler des Geländes ein. 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. § 109). Demzufolge wird die Anlage solcher Rinnen auf das notwendigste beschränkt, sie werden nur überall da angelegt, wo das örtliche Gefälle so 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 laufen und bald Rinnsale und Auswaschungen erzeugen. Die letzte Ab-

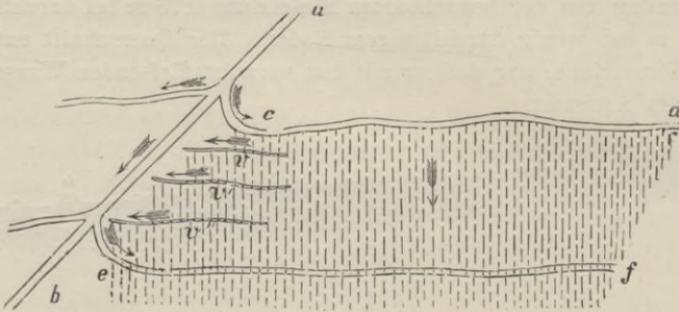


Fig. 564. Schlitzrinnen im natürlichen Hangbau.

zugsrinne dagegen sammelt das Rieselwasser und führt es an bestimmten Stellen dem Vorfluter zu.

*Schlitzrinnen* (Fig. 564) werden bei breiten Hängen und unregelmäßiger, dreieckförmiger Begrenzung zwischen den Rieselrinnen eingeschaltet, um eine gleichmäßige Verteilung des Rieselwassers zu erzielen.

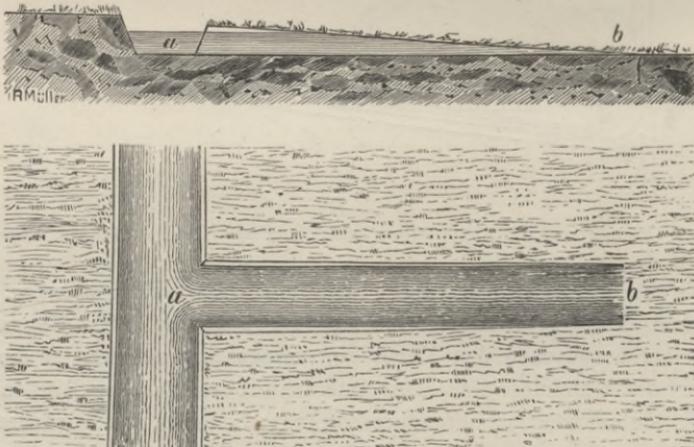


Fig. 565. Entlastungs- oder Einschnittrinne.

*Entlastungs- oder Einschnittrinnen* werden nach Fig. 565 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 Regelung in jeder Rieselrinne geschehen, danach in den Verteilungsrinnen. Schlägt das Wasser der Rieselrinne nur über den höher belegenden, 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 Regelung der Verteilungsrinnen erfolgt durch Erweiterung oder Verengung des Querschnitts, Einstellen kleiner Stau-brettchen oder Einlegen von Steinen auf die Sohle des Grabens u. dergl. m.

### § 125.

**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. 566. 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. 566). 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 ab-

gerieselte 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 usf. (Fig. 566 und 567).

Die Zuleitung frischen Wassers auf die tieferen Hänge (vergl. § 113) wird dadurch ermöglicht, daß man die Nebenzuleiter bis zum Hauptzuleiter verlängert (vergl. Hang III und IV in Fig. 567). Durch Benutzung von Schleusen — an den Stellen *S* der Fig. 567 — kann die Zuführung frischen Wassers auf die unteren Hänge III und IV jederzeit wieder aufgehoben, die Bewässerung mit abgerieseltem Wasser wieder eingeführt werden.

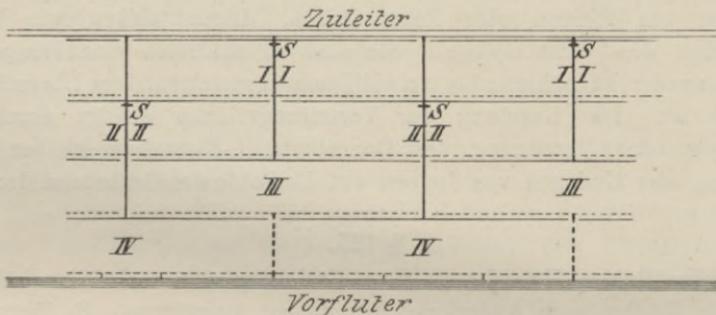


Fig. 567. Künstlicher Hangbau. Lageplan.

### § 126.

**Künstlicher Rückenbau.** Rückenbau (s. § 120) 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. 568). 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 unfruchtbarer 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.

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.

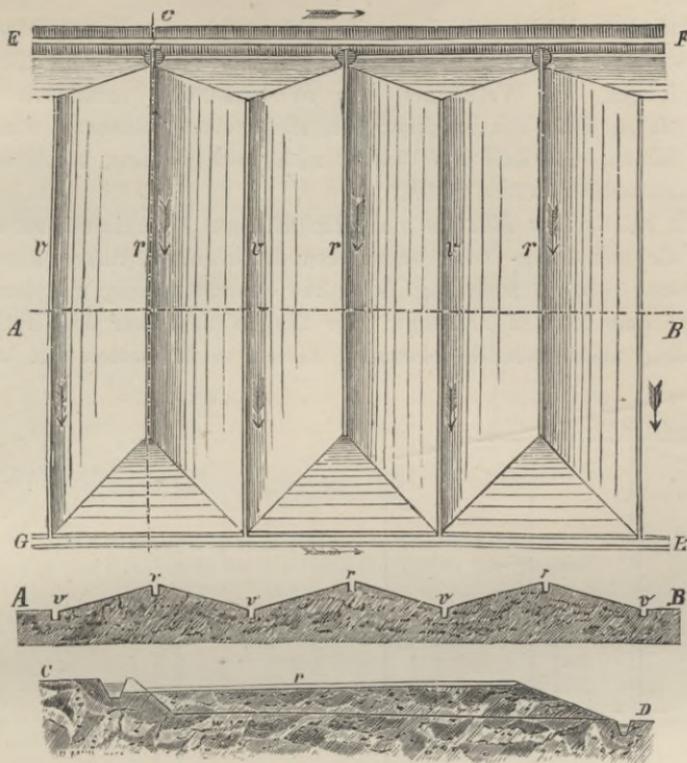


Fig. 568. Rückenbau. Grundriss, Querschnitt und Längenschnitt.

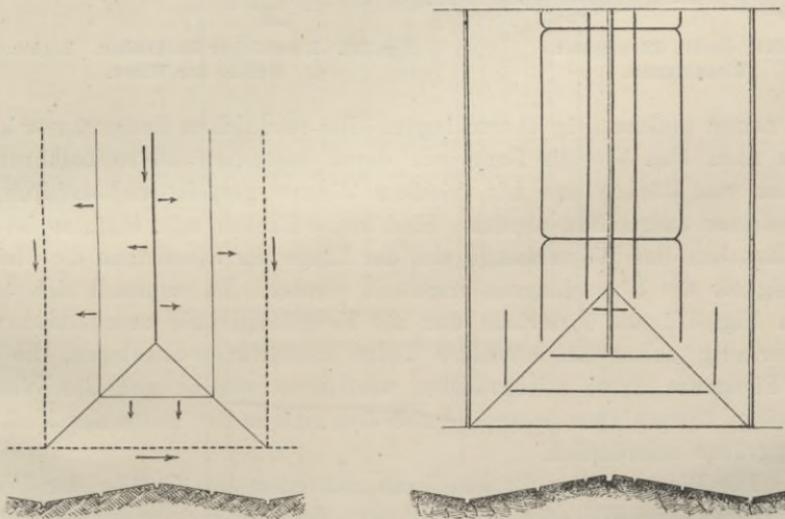


Fig. 569.

Breite Rücken mit Rieselrinnen.

Fig. 570.

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 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. 569 ohne Zusammenhang mit der Rieselrinne auf dem Rücken angelegt. Sie fangen das über den Rücken ungleichmäßig ablaufende Rieselwasser, fassen es zusammen und lassen es

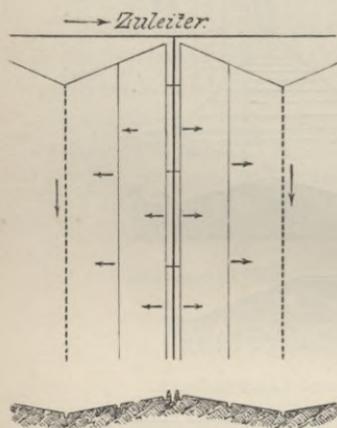


Fig. 571. Breite Rücken mit Rieselrinnen.

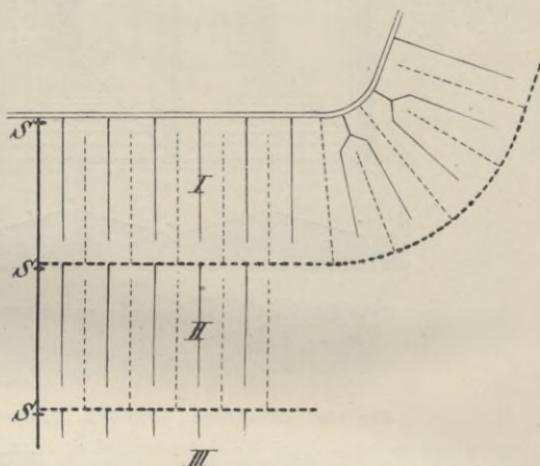


Fig. 572. Künstlicher Rückenbau. Rücken im Gefälle der Wiese.

von neuem gleichmäßig überschlagen. Bei reichlichem Speisewasser kann auch nach Fig. 570 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 Gleichmäßigkeit des Überschlagens erschwert worden. Es empfiehlt sich dann nach Fig. 571 die Firstrinne nur als Verteilungsrinne auszubilden und 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. 572) oder senkrecht dazu, demnach entlang den Schichtenlinien des Geländes verlaufen (Fig. 573). In beiden Fällen wird das ab-

gerieselte Wasser aus den Abzugsrinnen in Entwässerungsrinnen gesammelt und fließt von diesen in die Rieselrinnen der nächsten Abteilung.

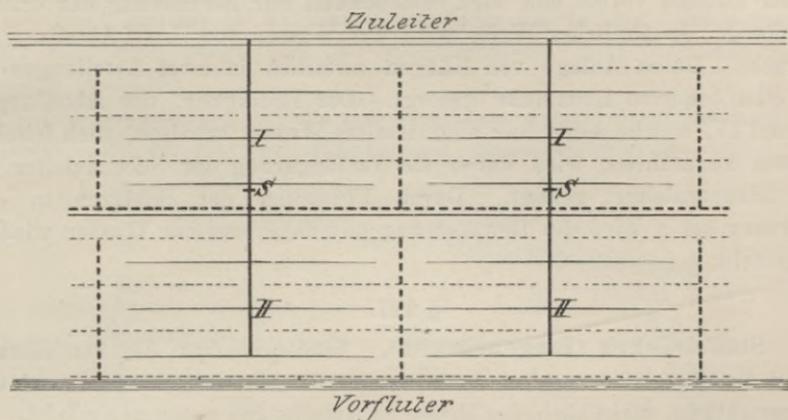


Fig. 573. Künstlicher Rückenbau. Rücken entlang den Schichtenlinien der Wiese. S Schleusen für die Wiederbenutzung des Wassers.

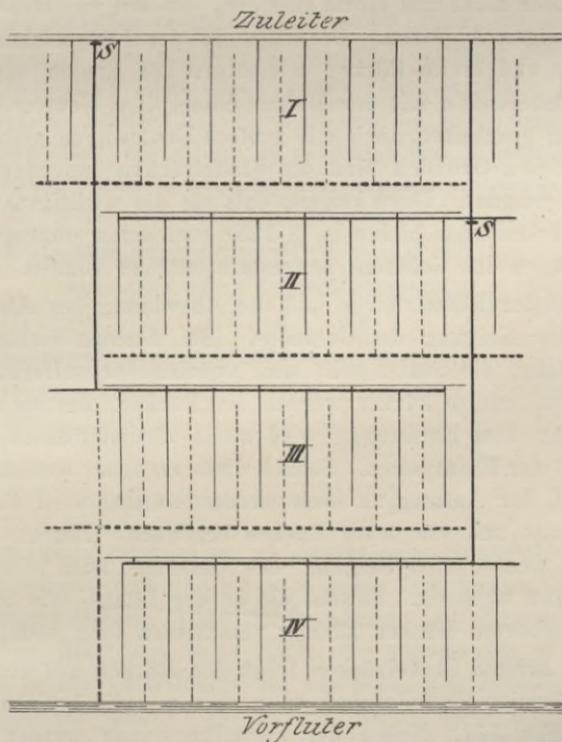


Fig. 574. Künstlicher Rückenbau. Rücken im Gefälle der Wiese mit Hängen als Heufahrten.

Ist das Gefälle des Geländes sehr schwach, so empfiehlt sich die Anlage nach Fig. 574. 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 Heuabfuhr 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.

### § 127.

**Staffelrücken (Etagenrücken).** Eine besondere Art von Rücken bilden die Staffelrücken. 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 Staffelrücken besonders für große Wirtschaften geeignet. Dazu kommt, daß sie die wichtigste Bauform des natürlichen Rückenbaues bilden (s. § 128) 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 Staffelrücken trägt der Rücken auf dem First eine flache schalenförmige Verteilungsrinne, gerade wie die breiten künstlichen Rücken nach Fig. 571. Neben der Verteilungsrinne werden auf beiden Seiten Rieselrinnen angelegt, die gute Überschlagkanten 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

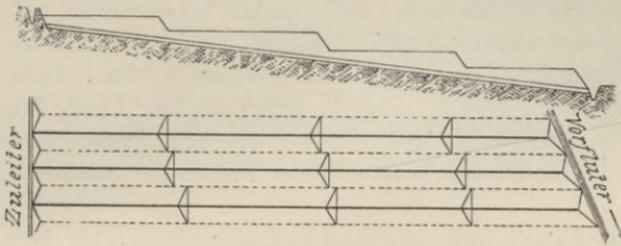


Fig. 575. Staffelrücken ohne Abwasser-Benutzung.

sich von Rücken zu Rücken über die Staffel fortsetzen (Fig. 575), und zeigen auch die Entwässerungsrinnen ähnliche Linien, die mit fast gleichmäßigem Gefälle in das Gelände einschneiden, so wird das Wasser ohne wiederholte Benutzung die Staffelrücken 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-

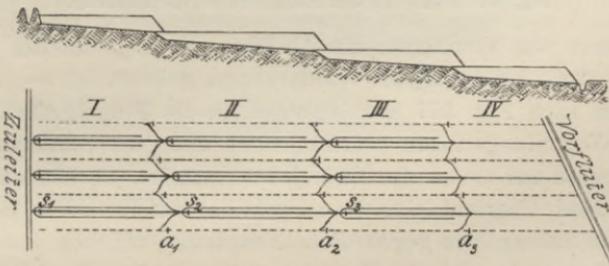


Fig. 576. Staffelrücken mit Flügelgräben.

absätze kleine Stauvorrichtungen an, Steine oder Brettstückchen ( $a_1$   $a_2$   $a_3$  in Fig. 576), 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  $a_1$ ,  $a_2$  usw. (Fig. 576) in den Abzugsrinnen auch kleine Staubrettchen  $s_1$ ,  $s_2$  usw. 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.

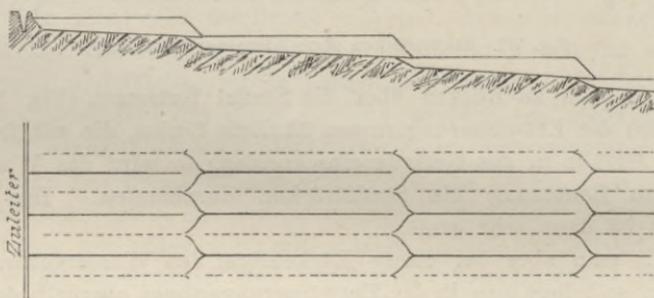


Fig. 577. Staffelrücken mit Abwasser-Berieselung.

Hat man von vornherein die Absicht, nur abgerieseltes Wasser zu benutzen — was bei geringem Wasservorrat geboten ist —, so sind die Staffelrücken nach Fig. 577 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. 572, statt aus gemeinsamer Entwässerungsrinne, aus je zwei Abzugsrinnen der ersten Staffel gespeist, und man erhält die Staffelrücken nach Fig. 577.

Welche Erfolge beim Staffelrückenbau erzielt werden können, geht aus der Mitteilung Klinkerts hervor, nach welcher auf der Casa Conelli bei Novara Staffelrücken von 12 m Breite und 0,3 m Höhe, die mit 40 bis 60 Sekundenliter auf das Hektar bei etwa dreimaliger Benutzung des Wassers berieselert werden, durchschnittlich jährlich sechs Schnitte ergeben.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Klinkert, Bericht über eine Besichtigung der Bewässerungs-Einrichtungen in Oberitalien; Kulturtechniker 1907, S. 121.

## § 128.

**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.

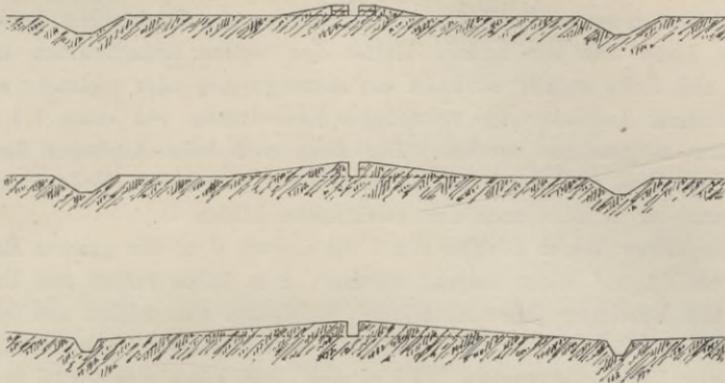


Fig. 578. Ausbildung der natürlichen Rücken.

Es geschieht dies nach Fig. 578 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 Rieselrinne gebraucht, der Boden daneben zur ersten Anlage der Rückenfläche verwendet. Je nach dem Bodenbedürfnis

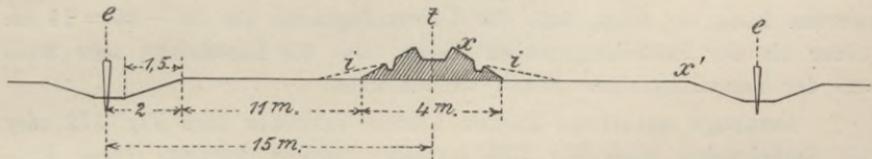


Fig. 579. Ausbildung eines natürlichen Rückens mit Verteilungsrinnen.

für den Aufbau der Rieselrinne 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, so daß eine Firstrinne als Verteilungsrinne und zu beiden Seiten besondere Rieselrinnen angelegt werden, so ist nach Dünkelberg<sup>1)</sup> der natürliche Rücken der Fig. 579 entsprechend anzulegen. Es ist hier ein 30 m breiter Stafflrücken in Aussicht ge-

<sup>1)</sup> F. W. Dünkelberg, Enzyklopädie und Methodologie der Kulturtechnik. Braunschweig 1883, II. Band, S. 359.

nommen, für welchen die Mittellinien der Gräben *etc* 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. 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  $15 - (1,025 + 2) = 11,97 =$  rund 12 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<sup>0</sup>/<sub>0</sub> erzielt werden. Bei 12 m Breite ergibt 3<sup>0</sup>/<sub>0</sub> 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  $50 - 36 = 14$  cm tiefer als der Verteilungsgraben liegen, also die Rieselrinne sehr wohl aus der Verteilungsrinne gefüllt werden kann.

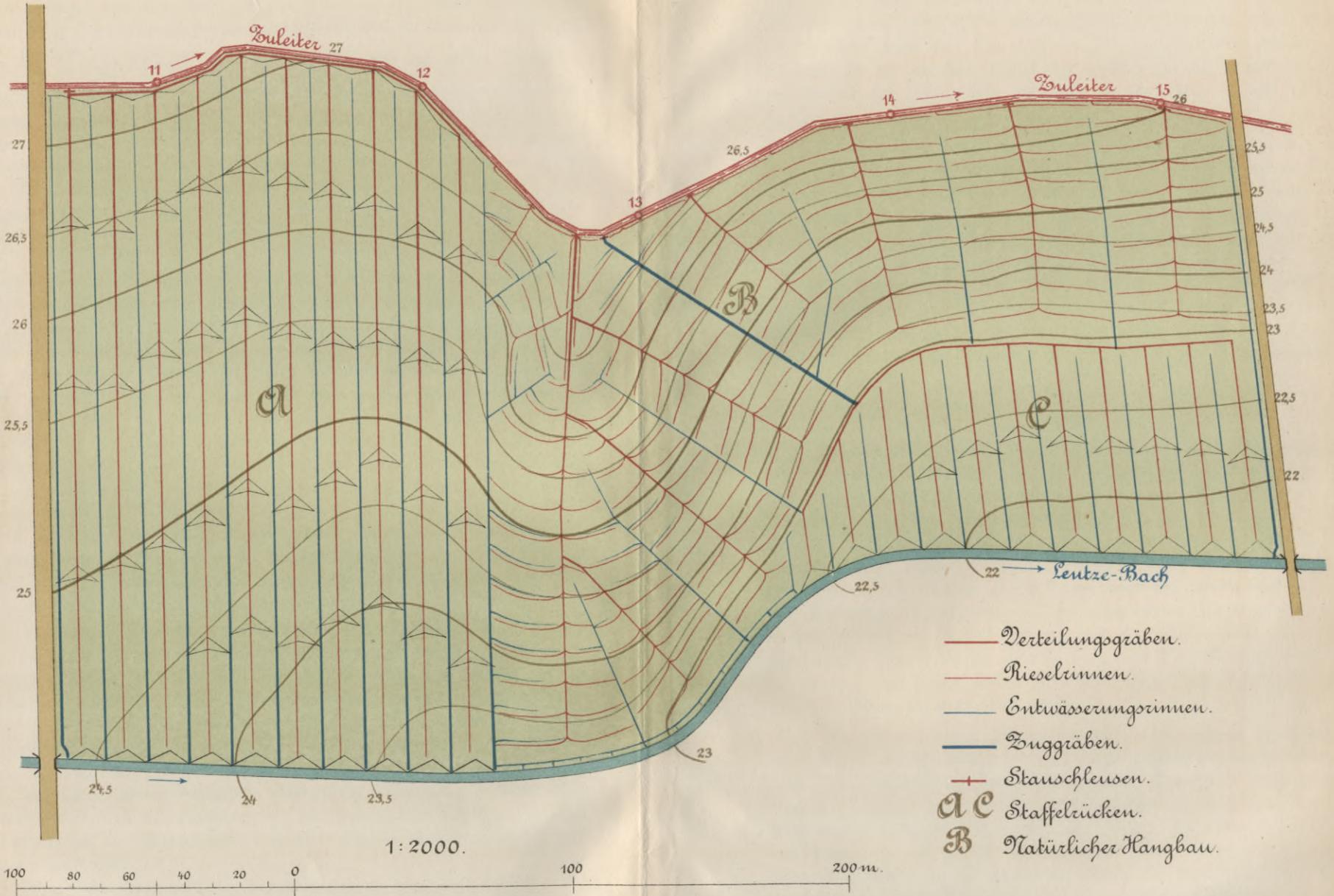
Derartige natürliche Rücken können entweder nach Fig. 572 oder als Staffellücken nach Fig. 575 bis 577 angelegt werden. Diese Bauformen gestatten, die Rückenlinie zu brechen, sobald der Aushub für die Abzugsrinne und der Aufbau für die Rieselrinne zu groß werden würden. Mit der Zeit wird die Rückenform 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. 572 muß davon abgesehen werden, daß die Sammelrinnen zwischen den Abteilungen parallel dem Zuleiter ver-



# Wiesen-Melioration

## eines Teiles der Domäne N. N.





laufen, die einzelnen Rücken untereinander gleich lang werden. Die Lage der Sammelrinne ist vielmehr der Neigung des Geländes anzupassen, so daß 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. 575 bis 577 gestattet ohne weiteres, die Rückenlinien zu brechen, sobald der Aushub für die Abzugsrinnen und der Aufbau der Rieselrinnen zu groß werden würde. (Tafel VIII nach S. 592).

Die Benutzung der Form nach Fig. 572 hat den Vorteil, daß, wenn einmal das Wasser aus irgend einer Rinne der höher belegenen 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 Stafflrückenform nach Fig. 575, 576 oder 577 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.

### § 129.

**Drainierte Wiesen.** Die Wiesendrainage ist nur da anzuwenden, wo eine Drainage wirklich nötig und möglich ist, wo also nasser Boden 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 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. 580).

Die Systeme haben gewöhnlich nur 1 ha Größe. 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.

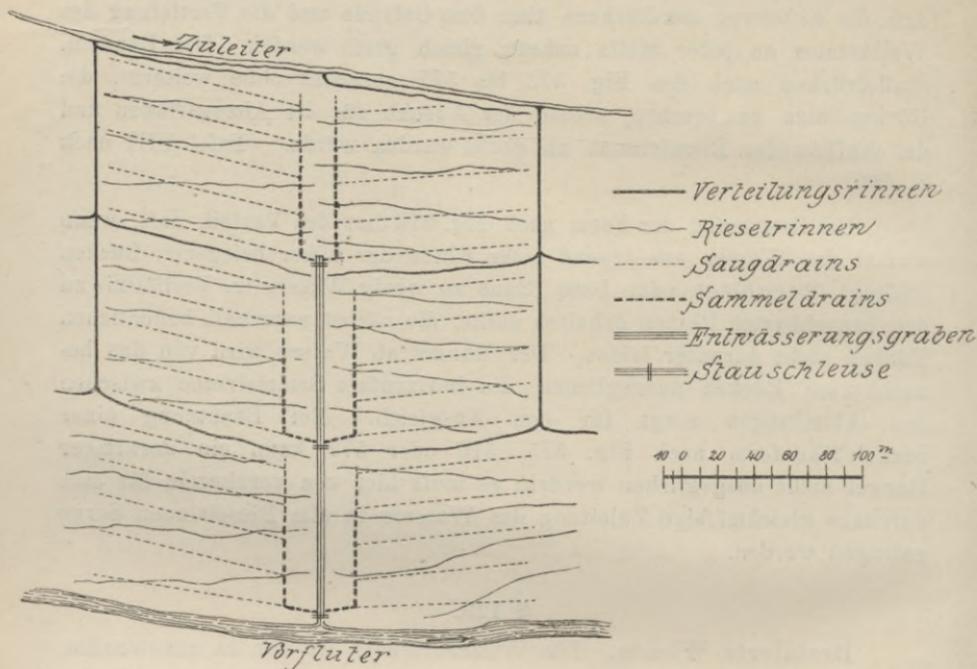


Fig. 580. Drainierte Wiese.

### § 130.

**Petersensche 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. 581 in kleine *Abteilungen* von 1 bis 4 ha Größe durch 0,10 bis 0,15 m hohe, 0,50 m breite Dämme zerlegt. Je nach der Größe der Fläche werden mehrere dieser Abteilungen für die Bewässerung im Wechselbetrieb (§ 114) zu *Gruppen* von möglichst gleicher Größe zusammengefaßt. Die Anzahl der Gruppen wird am besten auf 6 bis 7 bemessen, so daß 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 Ent-

fernung 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

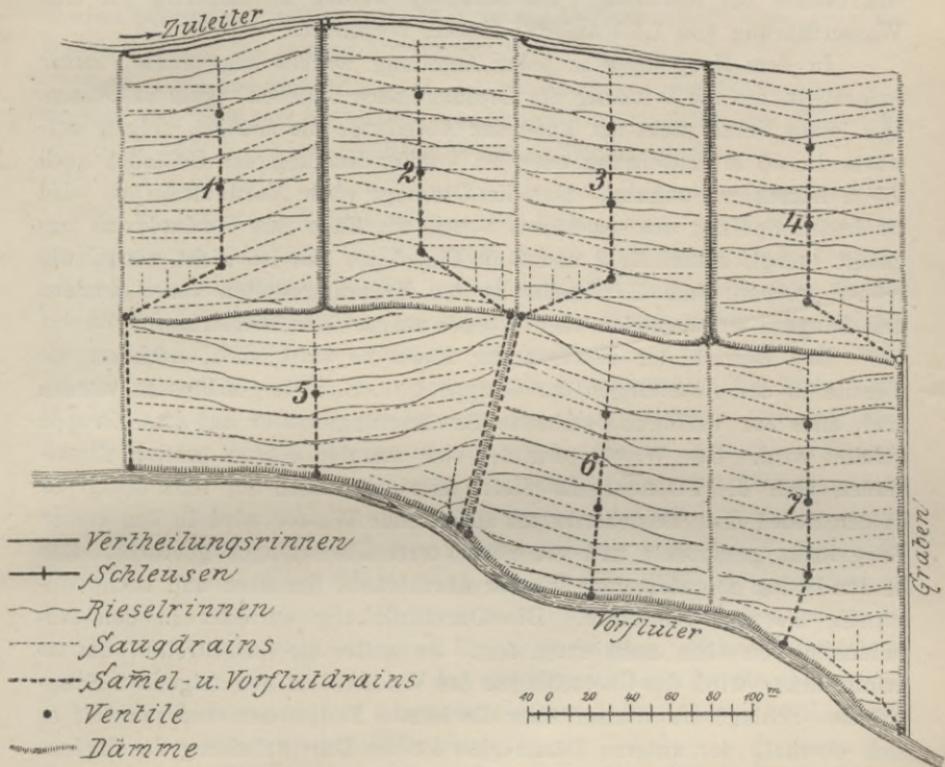


Fig. 581. Petersensche Wiese. Lageplan.

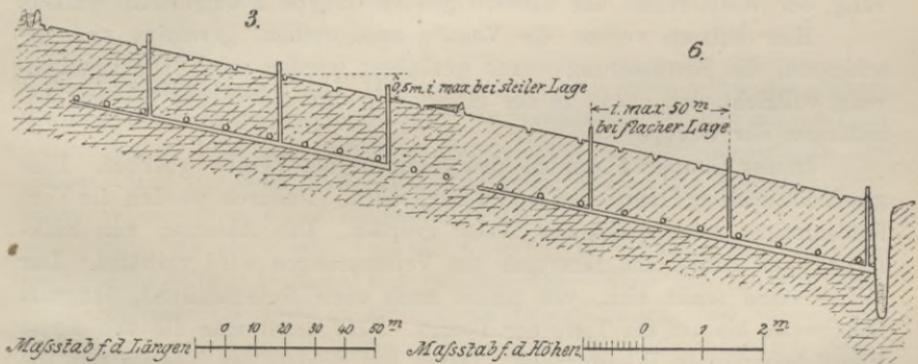


Fig. 582. Petersensche Wiese. Querschnitt durch die Abteilungen 3 und 6.

tiefe Drains, die stets nach dem Grundsatz der Querdrainage verlegt werden. Die Sauger liegen im Gefälle 1:270 und erhalten auf 100 m

38\*

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 zweckmäßig für eine Wasserführung von 1,5 l auf das Hektar berechnet.

In dem Hauptsammler jeder Abteilung werden sogenannte *Ventile* aufgestellt, um die Wirkung der Drainage nach Belieben regeln zu können. 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. 581). 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.

Der Betrieb der Bewässerung findet so statt, daß, nachdem die Ventile in den Abteilungen der Gruppe 1 (s. S. 595) geschlossen worden sind, alles zur Verfügung stehende Bewässerungswasser auf diese Gruppe geleitet wird. Das Wasser ergießt sich von den oberen breiten Rieselrinnen 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 Umlauf 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.

Da der Erfolg der Wiesenanlagen nach Petersen hauptsächlich auf der Wechselwirkung von Wasser und Luft beruht, sowie auf der hierdurch erzielten Oxydation der Nährstoffe, so ist erklärlich, daß Petersensche Wiesen vorzugsweise da am Platze sind, wo nach der Bodenbeschaffenheit diese Wirkung am sichersten zu erreichen ist. Dies ist bei mineralischen Böden von gewisser Durchlässigkeit der Fall. In sehr schwer durchlässigen Böden verlangt das Durchtränken des Bodens mit Wasser und das Ablassen des Wassers eine gewisse Zeit. Dadurch wird der Erfolg der Petersenschen Wiesen herabgedrückt. Aus diesem Grunde ist Moorboden kein so gut geeigneter Untergrund für Petersensche Wiesen wie mineralischer Boden. Hat dagegen das Moor nur eine geringe Mächtigkeit, und ruht es gar auf durchlässigem Grunde, so daß nicht allein die Drains sicher liegen, sondern auch mit Hilfe des durchlässigen Untergrundes eine schnelle Wirkung der Drainage zu erwarten ist, so ist mit solcher Anlage auch ein guter Erfolg verbunden. Solche Untergrundverhältnisse finden sich z. B. bei der auf Veranlassung der Moor-Versuchstation in Bremen auf dem Klosterkammergut Burgsittensen in Hannover ausgeführten Petersenschen Drainage.

Über die Bauart der bei den Petersenschen Wiesen anzuwendenden Ventile s. § 132.

### § 131.

**Ventildrainage auf Wiesen.** Wie man nach § 82 die Ackerdrainage neuerdings zur Regulierung des Grundwasserstandes mit Ventilen ausstattet, so hat man derartige Ventile auch in Wiesendrainagen eingebaut. Man ist dabei zu Anlagen gekommen, welche von den Petersenschen Wiesen in mancher Hinsicht abweichen.

Fig. 583 stellt eine vom Kulturtechniker Krause in Pleß O.-S. ausgeführte Wiesendrainage mit Ventilen dar. Nach den Erläuterungen im Kulturtechniker 1905, S. 196 hat zu diesem Entwurf die Beobachtung Anlaß gegeben, daß in Wiesen mit feinkörnigem undurchlässigen Boden während der trockenen Monate des Jahres 1904 sich überall da gute Erfolge zeigten, wo Wasser in Gräben und Drainagen angestaut werden konnte. Krause schließt daraus, daß die Beherrschung des Wassers im

Bereich der Pflanzenwurzeln besonders wichtig ist, und meint, daß mitunter die zur Verfügung stehende Wassermenge für eine Überrieselung zu gering wäre, aber noch ausreiche, um den Pflanzenwurzeln Wasser zuzuführen. Er glaubt, daß die Regulierung des Grundwasserstandes den Ertrag günstiger beeinflusse als die Überrieselung.

Die Wiese ist der Länge nach von einem Sammeldrain durchzogen, der oben mit einem abstellbaren Einlaß in einen Teich mündet, unten in einen Graben. In Höhenabständen von 0,25 m sind Ventile nach der in

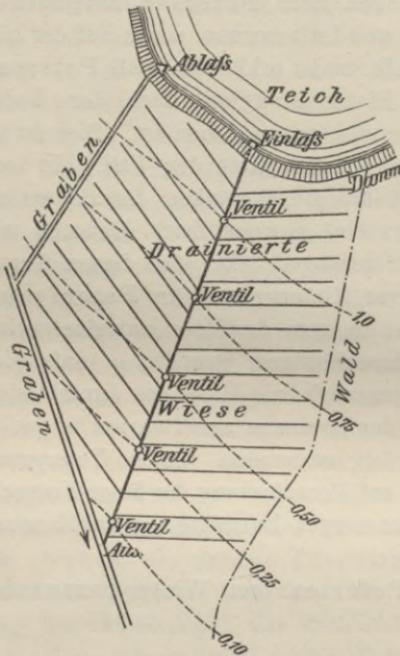


Fig. 583. Ventildrainage auf Wiesen.  
(Nach Krause.)

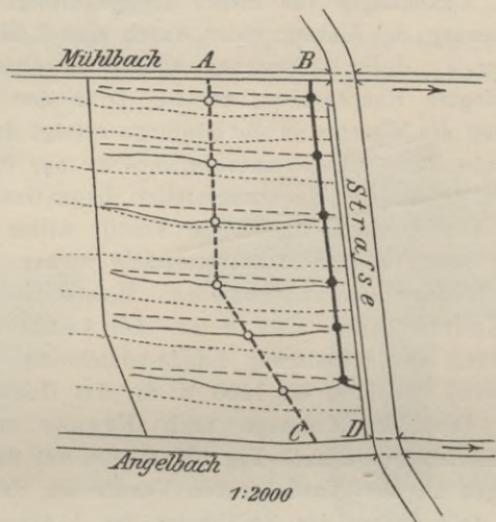
Fig. 518, S. 486 beschriebenen, von der Firma Liebold & Co. in Holzminde ausgeführten Bauart eingestellt. Das zur Füllung der Drains dem Teich entnommene Wasser ist warm und sauerstoffreich. Der Boden wurde abwechselnd mit diesem vortrefflichen Wasser durchtränkt und dann durchlüftet. Die Anlage hat nach Krause guten Erfolg gehabt.

Einen anderen Grundgedanken hat Frhr. v. Astrup bei Ausführung seiner Wiesendrainage mit Ventilen nach Fig. 584 verfolgt.<sup>1)</sup> Er will nicht allein wie Krause den Grundwasserstand nach Belieben heben und senken, sondern außerdem auch der Wiesenoberfläche nach Belieben das Wasser zuführen und es ihr entziehen. Er behandelt also die Ent- und Bewässerung der Wiese gleichsam in zwei getrennten Schichten übereinander,

und sucht diese Anlagen so einzurichten, daß er jede Schicht für sich durchfeuchten und trocken legen kann. Er verfolgt dabei das Ziel, jeder Wiese nach ihrer physikalischen Beschaffenheit eine bestimmte Mindestmenge Wasser zuzuführen; nicht mehr, weil das Übermaß schaden könnte und eine Verschwendung bedeuten würde, und nicht weniger, weil sonst der Boden zufolge der starken Verdunstung des Wassers auskälten würde. Um dies durchzuführen, um bei möglichst sparsamem Wasserverbrauch die Bodenbestandteile wirksam zum Verrotten zu bringen, sucht er den Wechsel zwischen Wassersättigung und Durchlüftung so häufig

<sup>1)</sup> S. Kulturtechniker. 1905, S. 19.

wie möglich und so rasch wie möglich vorzunehmen. Da die Wurzeln der Süßgräser nicht sehr tief in den Boden dringen, so würden sie von einer unterirdischen Bewässerung allein nur schwer und langsam erreicht werden können: v. Astrup hält deshalb die oberirdische Bewässerung für nötig. Für die so bewässerte Schicht ist aber nach seiner Ansicht eine besondere Entwässerung erforderlich, weil gerade in der oberen Schicht ein häufiger und rascher Wechsel zwischen Durchlüftung und Durchsättigung geschehen muß, und weil das Absinken des oberen Wassers in die tiefer liegende Drainage zu viel Zeit und zu große Wassermengen beanspruchen würde. Die untere Wasserzuführung für die Hebung des Grundwassers soll die Möglichkeit bieten, den Grundwasserstand jederzeit in der Gewalt zu haben und die Verwitterung des Bodens in den unteren Lagen durch häufige Trockenlegung und Durchsättigung zu beschleunigen. Die Anstauung des Untergrundes wünscht v. Astrup aber nicht zu hoch zu führen, um das Wurzelgebiet der besseren Gräser zu schonen.



- |       |                        |                         |
|-------|------------------------|-------------------------|
| ..... | Schichtenlinien        |                         |
| —     | Rieselrinnen           |                         |
| ----  | Oberer Zuleitungsdrain |                         |
| ----  | Untere Saugdrains      |                         |
| —     | Zuleitungsgraben       | } für die untere Anlage |
| —     | Entwässerungsgraben    |                         |
| ○     | Obere Ventile          |                         |
| ◆     | Untere Ventile         |                         |

Fig. 584. Wiesen-Drainage mit Ventilen.  
(Nach v. Astrup.)

Die erste Wiesenanlage dieser Art wurde vom Frhrn. v. Astrup 1903 in Lettin bei Prestitz ausgeführt, die zweite 1904 in Hammern. Fig. 584 stellt die Anlage in Hammern dar. Hier wird für beide übereinanderliegende Bewässerungsanlagen das Speisewasser dem Mühlbach bei A und B entnommen und dem Angelbach als Vorfluter bis C und D zugeführt. Die obere Bewässerungsanlage besteht aus mehreren in Entfernungen von 16 bis 18 m nahezu horizontal angelegten Rieselrinnen und einem 10 cm weiten Drainrohr. Dies Drainrohr liegt nur 0,40 m

tief, hat bei *A* ein kleines Schütz und an jeder Rieselrinne ein Ventil mit einem kurzen Steigrohr. Die Ventile sind so eingerichtet, daß jeder Rieselrinne aus dem Drainrohr nach Belieben Wasser zugeführt werden kann. Nach Abstellung der Ventile soll das Drainrohr auch die Entwässerung der oberen Schicht bewirken.

Unabhängig von dieser Anlage erfolgt die Bewässerung und Entwässerung des Untergrundes durch eine 1 bis 1,2 m tief verlegte Querdrainage. Jeder Querstrang mündet in einen längs der Bezirksstraße angelegten Hauptgraben, der bei *D* in den Angelbach führt. Die Zuleitung des Wassers in die Drainage erfolgt durch ein bei *B* angebrachtes Einlaßschütz mittels eines besonderen nur 0,25 m tiefen Bewässerungsgrabens. An den Kreuzungsstellen dieses Grabens mit den Drainsträngen sind Ventile eingebaut. Diese Ventile sollen nach v. Astrup mit Hilfe einer beweglichen Flasche selbsttätig wirken, um ein zu hohes Anstauen des Grundwassers zu vermeiden. Eine Abbildung des Ventils findet sich im Kulturtechniker 1905, S. 23. Die Anlage bei Hammern ist mit Unterstützung des böhmischen Landesauschusses ausgeführt und hat einen Aufwand von 1100 bis 1200 M. für das Hektar erfordert.

Die Ventildrainage nach Krause unterscheidet sich von der drainierten Wiese nach Fig. 580 S. 594 nur dadurch, daß statt der Stauanlagen in dem Vorflutgraben Ventile im Sammeldrain eingestellt sind, und daß ferner die Zuführung des Wassers nicht oberirdisch durch Rieselrinnen, sondern unterirdisch durch den Sammeldrain erfolgt. Das Vermeiden des offenen Grabens im Ackerfelde ist erwünscht. Ob aber die unterirdische Wasserzuführung nach Wirkung und Sparsamkeit im Wasserverbrauch den Vorzug vor der oberirdischen Zuführung durch Rieselrinnen verdient, muß noch durch Versuchsanlagen festgestellt werden.

Die Wiesenanlage nach v. Astrup mit Stauventilen dürfte dem Betriebe durch gewöhnliche Wiesenwärter recht viel Schwierigkeiten bieten. Die Zuführung des oberen Bewässerungswassers würde durch einen offenen Zuleiter leichter und wohlfeiler erreicht werden können, als durch den Drain. Die Ableitung dieses Wassers kann der nur 0,4 m tief liegende Drain in vollem Umfange nicht ausführen. Das Wasser wird vielmehr, soweit es von den Pflanzen nicht verbraucht ist, in die tieferen Schichten absinken. Auch die untere Be- und Entwässerungsanlage ist nicht einwandfrei. Für die Zuleitung erscheint der besondere Bewässerungsgraben nicht nötig, die Verbindung des Sammeldrains mit dem Mühlbach würde einfacher sein. Die Bauart der Stauventile mit den beweglichen Flaschen, welche selbsttätig wirken sollen, halten wir für verfehlt. Wir haben die Anlage nach v. Astrup mitgeteilt, weil wir glaubten, sie wegen der bemerkenswerten neuen kulturtechnischen Grundgedanken nicht übersehen zu dürfen, und weil sie für die weitere Behandlung der Bewässerungswiesen vielleicht

anregend wirken kann. Im allgemeinen scheint uns der Petersensche Wiesenbau mit seinen klaren und seit Jahren praktisch bewährten Grundgedanken durch die neueren Ausführungen von Ventildrainagen auf Wiesen noch nicht übertroffen zu sein.

§ 132.

**Die Ventile der Petersenschen Wiese.** Die Bauart der Ventile muß möglichst einfach sein, sie müssen leicht bedient werden

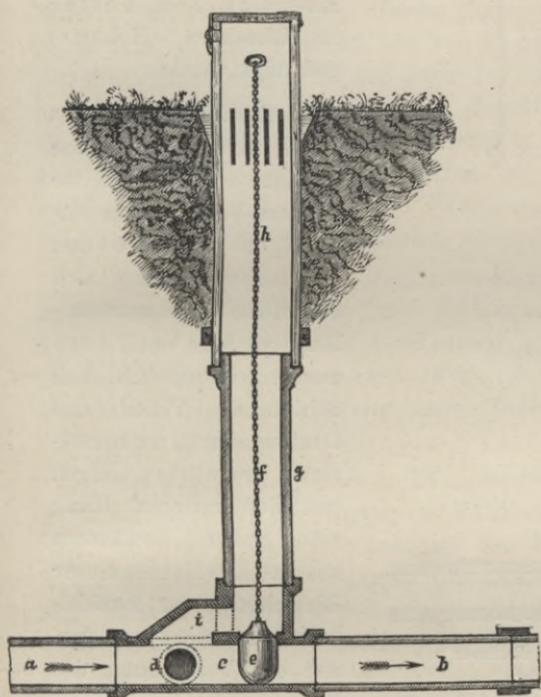


Fig. 585.

Ventil nach v. Raumer. Querschnitt und Ansicht.

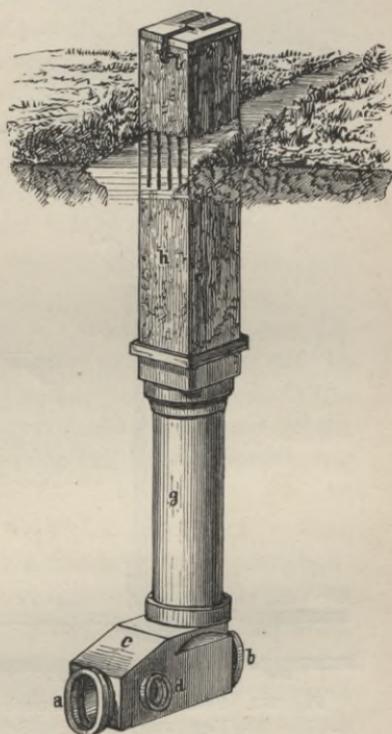


Fig. 586.

können, aus widerstandsfähigem Material bestehen, einen vollkommenen Verschluss, wenn zugänglich ohne Gefällverlust, bilden und gegen Zerstörung von außen gut geschützt sein. In mineralischen Böden, welche ziemlich frei von Humussäure sind, würde nichts im Wege stehen, die im § 83 beschriebenen Zementventile zu benutzen, welche neuerdings für die Ventildrainage vorgeschlagen sind. In stark humussaurer Böden sind solche Ventile aber nicht am Platze: sie würden nicht dauerhaft sein,

weil der Zement von der Humussäure zerstört wird. Hier muß zum Bau der Ventile ein anderes Material verwendet werden. Ein zuverlässiges Material ist besonders für die Verschlussvorrichtung erforderlich. Dieser 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. 585 und 586) oder aus Eisen besteht (Fig. 587). Als gute Bezugsquelle für Petersensche Ventile wird die Tonröhrenfabrik von Aug. Niemann in Flensburg empfohlen. Dort sind auch die Ventilrohre nach Dr. Schacht erhältlich,

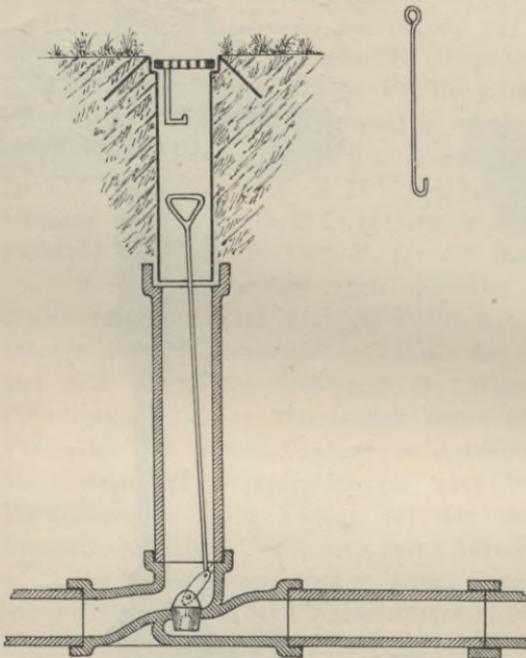


Fig. 587. Gedrücktes Ventil nach v. Raumer mit Ventilrohr nach Dr. Schacht.

rinne zu verzichten (Fig. 587), die Abteilung vielmehr gleichmäßig und in voller Ausdehnung von oben her zu bewässern, und 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 Petersensche 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.

die von dem Elmshorner Eisenwerk Joh. Vester in Elmshorn (Holstein) gefertigt werden.

Zur Verbindung des Ventils mit der Oberfläche wurden früher Schlitze in dem Ventilkasten angebracht (Fig. 585 und 586); dann befand sich eine Rieselrinne unmittelbar über dem Ventil, und man erreichte, daß nach Schluß des Ventils das Drainwasser in die Rieselrinne 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 Riesel-

## § 133.

**Die Schlauchberieselung.** Schon vor Jahren hatte man in England und dem nördlichen Frankreich Versuche unternommen, durch Röhren das Bewässerungswasser unter Druck nach der Verwendungsstelle zu führen, und es dort in feiner Verteilung über Felder und Wiesen wie Regenwasser zu verstreuen. Man verwandte damals große Mengen von Jauche, die mit der acht- bis zehnfachen Menge Wasser verdünnt wurden. Die Röhren bestanden aus Gußeisen. An Hydranten, die in den Leitungen auf den Feldern angebracht waren, wurden Schläuche befestigt, oder es wurden lotrechte Röhren mit Brausemundstücken aufgestellt, von denen aus das Wasser sich fein verteilte. Solche Einrichtungen wurden von Mechi auf Farm Triptree Hall in Essex und von Kennedy auf Myer-Mill in Ayrshire getroffen. Sie fanden um das Jahr 1870 eine nicht unbedeutliche Verbreitung. Mifsstände, welche sich einstellten, führten später dazu, das Verfahren zu verlassen. Diese Mifsstände bestanden hauptsächlich darin, daß die Anlagekosten zu hoch waren, daß der erforderliche Druck nicht vorhanden war und deshalb ein Pumpwerk angelegt werden mußte, und daß demzufolge die Betriebskosten stiegen.

Neuerdings hat der Magistrats-Baurat A. Wulsch in Posen die Berieselung durch Röhren und Schläuche wieder aufgenommen und in Verbindung mit namhaften Landwirten zu einem guten Erfolge geführt. Wulsch wendet das Verfahren da an, wo dungreiches Wasser mit hohem Druck wohlfeil zur Verfügung steht. Dies ist der Fall bei der Beseitigung städtischer Abwässer.

Die erste Anlage war in Eduardsfelde bei Posen entstanden.<sup>1)</sup> Hier hatte die Stadt zur Beseitigung der Fäkalien ein Abfuhrsystem eingerichtet. Aber da durch die stete Zunahme der Wasserklosetts die Fäkalien an Wert verloren, so verweigerten die Landwirte ihre Abnahme. Da erbot sich Ende 1896 Richard Noebel, der Besitzer des 5 km von Posen entfernten Gutes Eduardsfelde, alle Wasserfäkalien von Posen dauernd und zu jeder Jahreszeit abzunehmen, falls sie ihm unentgeltlich durch sein Gut derartig befördert würden, daß er sie aus einzelnen Standröhren entnehmen und mittels Jauchewagen auf den Äckern verteilen könne. Dieser Vorschlag wurde angenommen. Aber da die Verteilung mittels Jauchewagen verhältnismäßig teuer und wenig leistungsfähig war, so wurde in den folgenden Jahren auf Vorschlag und nach dem Entwurf des Baurats Wulsch die Anlage umgestaltet und zur Schlauchberieselung ausgebildet. Es wurden statt der Tonrohrleitungen, die leicht undicht wurden, eiserne Rohrleitungen benutzt, und diese wurden teils unter-

<sup>1)</sup> Vergl. Adolf Wulsch, Die landwirtschaftliche Verwertung der städtischen Kanalwässer nach dem Vorbilde von Eduardsfelde bei Posen. Posen 1903.

irdisch fest, teils oberirdisch beweglich verlegt. An den Enden der beweglichen Leitungen wurden Schläuche befestigt, mit deren Hilfe das Wasser über die Felder versprengt wurde (Fig. 588). Ein Versprengen auf grössere Entfernungen war möglich, weil ein Druck von 4 bis 5 Atmosphären vorhanden war. Fig. 589 zeigt die Anlage in Eduardsfelde.

Die so geschaffene Anlage bewährte sich durchaus. Eine einseitige Übersättigung von Dungstoffen, wie sie bei der gewöhnlichen Berieselung eintritt (vergl. § 140), war ausgeschlossen, weil der zugeführte Stickstoff als Mafsstab für die Düngung diente, und die fehlenden Dungstoffe an Phosphorsäure, Kali und Kalk durch künstlichen Dünger ersetzt wurden.



Fig. 588. Schlauchberieselung.

So blieb der Boden dauernd in gesundem, kulturfähigem Zustande. Zur besseren Ausnutzung des Stickstoffes wurde möglichst viel Abortwasser nach der Bestellung als Kopfdüngung gegeben, so z. B. Roggen im Frühjahr, Kartoffeln bis zur zweiten Hacke, Hafer Ende Mai.

Wie guten Erfolg das Verfahren hatte, ergab sich daraus, daß das 260 ha große Gut Eduardsfelde, welches 1893 für 180000 M. erworben worden war, nach Einrichtung der Schlauchberieselung, für deren Anlage der Besitzer 52000 M. aufgewendet hatte, im Jahre 1902 für 340000 M. verkauft wurde. Nach weiteren Aufwendungen von etwa 60000 M. für Wohnhausneubauten u. dergl. wurde das Gut 1905 für 520000 M. verkauft.

Das Verfahren verbreitete sich. Es trat besonders da erfolgreich auf, wo es in Wettbewerb mit dem Rieselfahren städtischer Abwässer

kam. Bei diesem Rieselverfahren ist eine mehr oder minder grosse Ein-  
 ebnung des Geländes nötig. Bei der Schlauchberieselung dagegen konnte

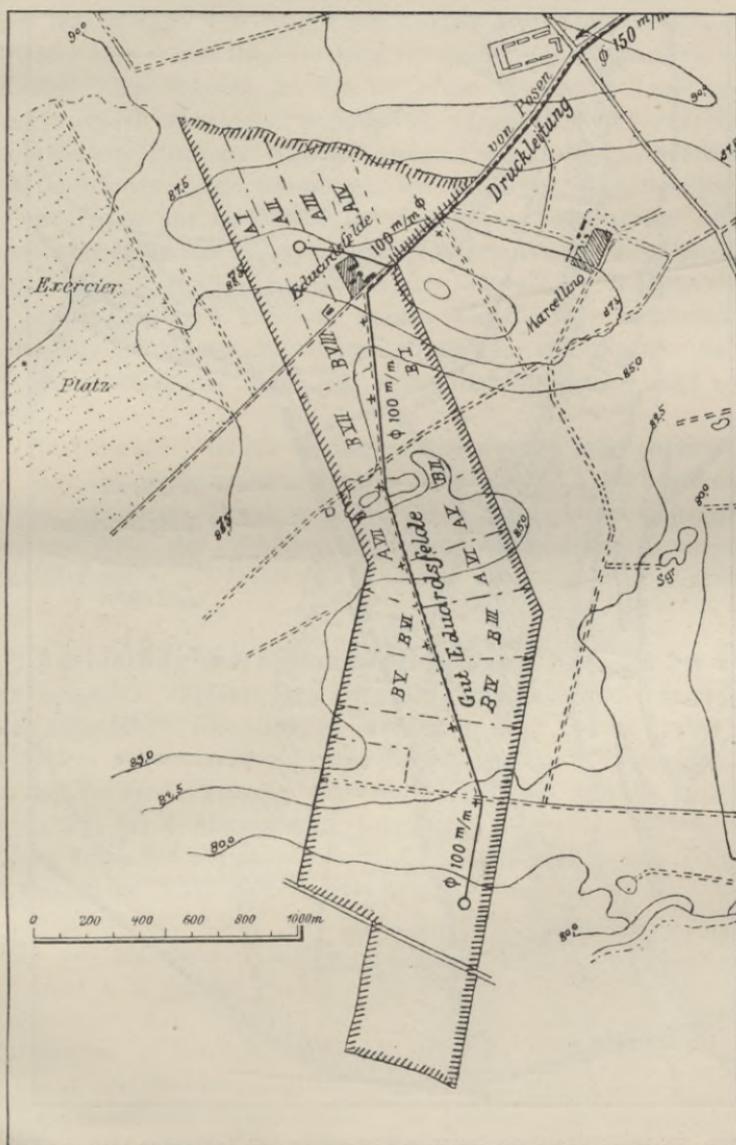


Fig. 589. Schlauchberieselungsanlage in Eduardsfelde.

auch unebenes, geneigtes oder welliges Gelände ohne Umformung verwendet  
 werden. Denn das in der Stärke eines Landregens aufgespritzte Wasser,

wurde auch von geneigtem Gelände festgehalten. Dadurch fallen die hohen Kosten für Aptierung und Drainierung fort, die sonst aufgewendet

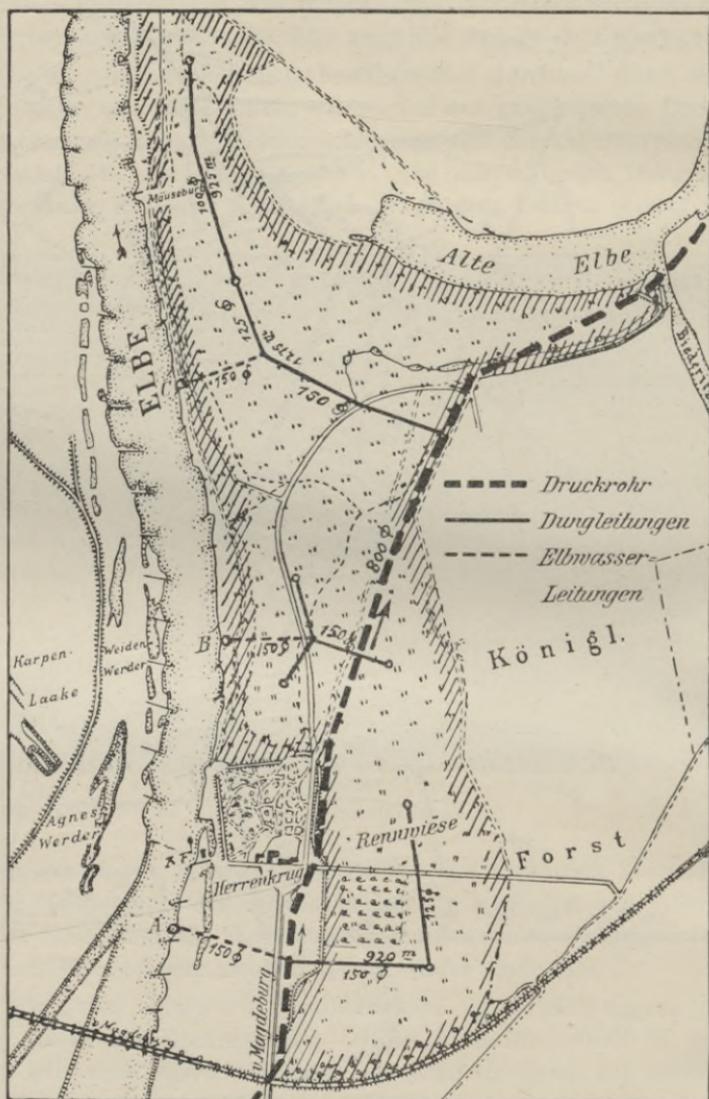


Fig. 590. Schlauchberieselung der Herrenkrugwiese bei Magdeburg nach A. Wulsch.

werden müssen. Auch die Röhrenlage wurde wohlfeil, weil nur Küchen- und Hauswasser, kein Tag- oder Straßwasser abzuführen war, die Röhren also einen geringen Durchmesser erhalten konnten.

So wurde, nachdem die Anlage in Eduardsfelde 1901 vollendet und in Betrieb genommen war, zuerst 1904 und 1905 in Magdeburg, demnächst 1906 in Osterode eine Schlauchberieselung eingerichtet. In Magdeburg<sup>1)</sup> wurde, nach dem glücklichen Ausfall kleiner Versuche, die Herrenkrugwiese am rechten Ufer der Elbe für die Schlauchberieselung ausgebaut (Fig. 590). Das Gelände ist 350 ha groß. Da es im Anschluß an den Herrenkrugpark gleichfalls parkähnlich ausgestaltet und mit Wegen für Spaziergänger, Reiter und Wagen versehen werden sollte, auch Belästigungen durch Geruch vermieden werden mußten, so wurde anfangs vorgeschrieben, daß die Wiesen nur im Winter mit Jauche besprengt werden sollten. Im Sommer war dafür eine Besprengung mit reinem Wasser vorgesehen, welches an den Stellen *A, B, C* der Fig. 590 mittels Lokomobilen der Elbe entnommen und in die Leitungen gedrückt werden konnte. Die Beschränkung, die Wiesen nur im Winter mit Jauche zu düngen, wurde später aufgehoben, weil eine Belästigung durch die sommerliche Düngung nicht empfunden wurde.

In Osterode<sup>2)</sup> werden die Regenwassermengen in den nahen Drewenzsee, alle Gebrauchswasser dagegen nach dem 3,5 km entfernten Gut Waldau mit einem Druck von  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Atmosphären gepumpt. Über die Anwendung der Schlauchberieselung an anderen Orten schweben Verhandlungen.

### § 134.

**Ausführung der Schlauchberieselung.** Nach den bei diesen Anlagen gemachten Erfahrungen wird die Schlauchberieselung in folgender Weise ausgeführt: die Abwässer werden in einer Sammelgrube von Sand und groben schwimmenden Stoffen befreit und dann durch Druckpumpen nach der Verwendungsstelle befördert. Der Druck muß je nach der Entfernung  $2\frac{1}{2}$  bis 4 Atmosphären betragen. Er muß so stark sein, daß an dem äußersten Schlauchende auf dem Rieselfelde das Wasser noch mit wenigstens einer halben Atmosphäre Überdruck 10 bis 15 m weit versprengt werden kann. Die nach dem Felde gerichtete *Hauptleitung* besteht aus gußeisernen Röhren, die wasserdicht in frostfreier Tiefe von mindestens 1 m verlegt werden. Der Durchmesser richtet sich nach der Wassermenge, dem Wasserdruck, der Länge der Leitung und den Reibungswiderständen; er beträgt in Eduardsfelde 150, in Osterode 250 mm.

Auf dem Bewässerungsfelde werden *Zweigleitungen* unterirdisch an die Hauptleitungen angeschlossen. Sie bestehen aus demselben Material und werden in gleicher Weise verlegt. Ihre Entfernung von der Haupt-

<sup>1)</sup> Vergl. Salomon, Die städtische Abwässerbeseitigung in Deutschland, II. Bd., 2. Lieferung 1906, S. 338.

<sup>2)</sup> Zentralblatt der Bauverwaltung 1906, S. 114.

leitung oder untereinander, ist nach Fig. 591 auf 2 bis 3 km, von der Grenze auf 1 bis 1,5 km zu bemessen. Bei diesen Entfernungen kann das zwischenliegende Land von den Feldleitungen beherrscht werden. Der Durchmesser nimmt entsprechend der Abnahme der Wasserführung auf 125 und 100 mm ab. Die Röhren müssen wie die Hauptleitungen mindestens 1 m tief liegen und erhalten in Abständen von 300 bis 400 m Anschlussständeröhren mit Schiebern. Sie werden meist in gebrochenen Linien so geführt, daß sie selbst oder wenigstens ihre Ständeröhren neben

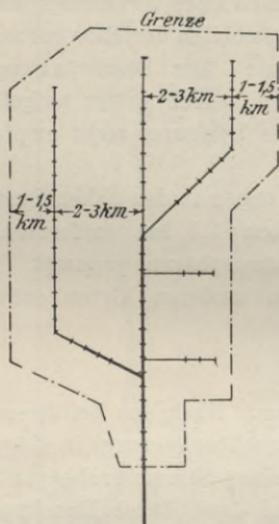


Fig. 591. Lage der Erdleitungen bei der Schlauchberieselung.

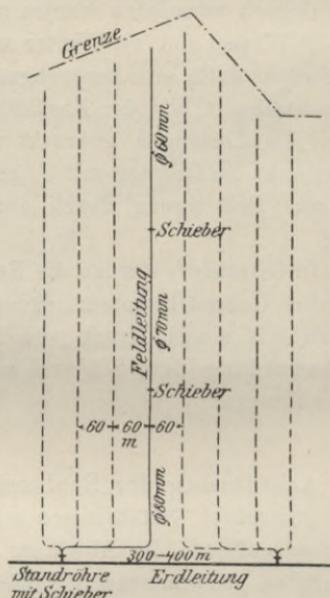


Fig. 592. Lage der Feldleitungen bei der Schlauchberieselung.

Straßen oder Feldwegen liegen, weil dadurch die Anfuhr der beweglichen Feldleitungen erleichtert wird.

Die *Feldleitungen* werden nach Fig. 592 oberirdisch lose verlegt. Sie können eine Länge von 1000 bis 1500 m von den Ständeröhren erhalten. Um sie leicht bewegen zu können, wird ihr Durchmesser auf 80 bis 60 mm beschränkt. Sie bestehen aus 5 m langen Flanschenröhren, die mit wenigstens 3 Schrauben und einer eingelegten 5 mm starken Gummischeibe dicht schließend verbunden werden. Gewöhnlich werden 2 Röhren dauernd durch Muffenkupplung vereinigt, so daß 10 m lange Doppelröhren zu verlegen sind. Dadurch wird die Arbeit des Verlegens und der Kupplung erleichtert und beschleunigt. Das Verlegen findet durch zwei Arbeiter statt, und erfolgt senkrecht zur Erdleitung in den Furchen des Feldes, um die Pflanzen zu schonen. Je nach dem Fortgange des

Sprengens werden die Feldleitungen nach und nach aufgenommen und in etwa 60 m Entfernung von neuem verlegt.

An das Ende der Feldleitung wird ein 20 m langer *Hanfschlauch* von 60 mm Weite befestigt, der in ein Strahlrohr von 30 mm Weite endigt. Mit Hilfe dieses Schlauches wird das Dungwasser regenartig und strichweise über Felder und Wiesen versprengt. Ist die Sprengung, so weit sie bei der jeweiligen Lage der Feldleitungen möglich ist, vollendet, so wird der Schieber geschlossen, der Schlauch gelöst und die Feldleitung um ein angemessenes Stück gekürzt, hier der Schlauch wiederum befestigt und das Sprengen fortgesetzt. Das abgelöste Stück der Feldleitung wird auf 60 m Entfernung in die neue Lage befördert und zur späteren Verwendung niedergelegt. Um der Bedienungsmannschaft die weiten Gänge bis zum Schieber der Erdleitung zu ersparen, werden in der Feldleitung an angemessenen Stellen kleine Zwischenschieber eingeschaltet. Bei Beendigung der Arbeit bleiben die Feldleitungen für die Arbeit des folgenden Tages einfach liegen. Sie können später auf besonders eingerichteten leichten Wagen verfahren werden. So wird nach und nach die Feldleitung von den berieselten Flächen entfernt und über die unberieselten Flächen neu gestreckt; und es ist möglich, mit einer einzigen Feldleitung und einem Schlauch weite Flächen zu düngen. Der Bedarf an Feldleitungen und Schläuchen ist nur beschränkt.

Die Schlauchberieselung muß nach einem vorher überlegten Düngungsplan so erfolgen, daß Äcker und Wiesen eine vollkommene Bewässerung und normalmäßige Düngung erhalten. Hierbei ist zu beachten, daß wohl die Wiesen, aber nicht die Äcker jederzeit Wasser aufnehmen können. Das Wasser dringt in die obere Krume und durchfeuchtet sie bis zur Wurzeltiefe, zum oberirdischen Abfluß kommt es nicht. Als Beispiel für einen Düngungsplan diene die in Fig. 593 mitgeteilte, von A. Wulsch aufgestellte Zeittafel des Bedüngens mit eingeschalteten Bewässerungen für die Herrenkrugwiesen bei Magdeburg.

Das Sprengen darf nicht im Übermaß, aber auch nicht in zu dünner Schicht erfolgen. Man hat an anderen Orten, wo das Spritzverfahren zur Anwendung kam, in dem Bestreben, mit möglichst geringen Wassermengen auszukommen, die Erfahrung gemacht, daß auf lehmigen, besonders durch Austrocknung pulverig gewordenen Böden die geringen Wassermengen nicht in den Boden eindringen, sondern den Lehmboden oberflächlich in dünner Schicht auflösen, bald verdunsten und dann eine dünne zähe Haut zurücklassen, welche von den Kulturpflanzen nicht durchdrungen werden kann. Hieraus ergibt sich, daß bei der Anwendung des Sprengverfahrens, besonders in lehmigen bindigen Bodenarten, die zur Kultur erforderlichen Wassermengen nicht in zu kleinen Mengen auf lange Zeit verteilt werden dürfen, sondern in größeren Mengen während

kurzer Zeiten periodenweise gegeben werden müssen. Dann dringt das Wasser genügend tief in den Boden ein, um bis an die Wurzeln der Kulturpflanzen zu kommen und die Bildung der erwähnten undurchdringlichen Haut zu verhindern.

Eine Schwierigkeit entsteht für die Schlauchberieselung dann, wenn sie zur Aufnahme städtischer Abwässer dienen soll, durch die Regelmäßigkeit des Betriebes der Pumpstation. Diese arbeitet auch bei Dunkelheit ohne Unterbrechung weiter, wenn die Leute auf dem Rieselfelde ihre Tätigkeit einstellen wollen, sie arbeitet auch bei Nacht, sowie Sonntags und Feiertags, wenn auf dem Rieselfelde überhaupt nicht gearbeitet wird. Diesem Übelstande begegnet man dadurch, daß man

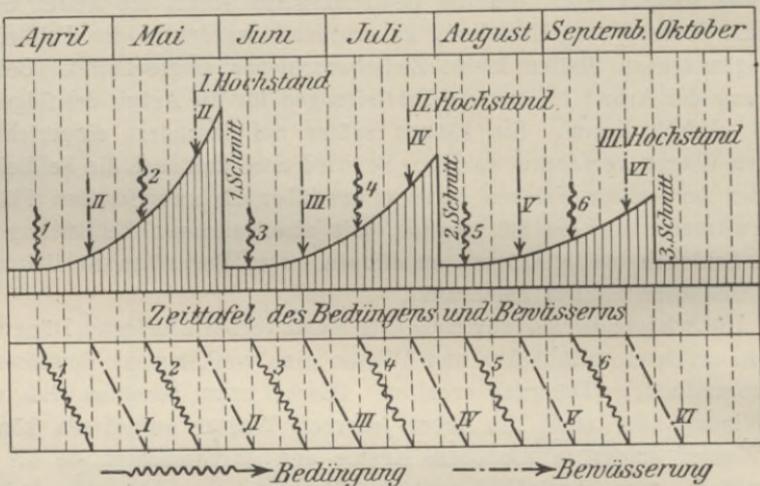


Fig. 593. Zeittafel des Bedingens und Bewässerns bei der Schlauchberieselung nach A. Wulsch.

niemals Äcker, sondern nur Wiesen für die nächtliche oder sonntägliche Berieselung in Aussicht nimmt. Hier läßt man das Wasser von den höchsten Stellen einfach ablaufen. Sehr zweckmäÙig ist die Anlage in Osterode. Dort hat Wulsch die Endleitung nach einem 10 m hohen Sandrücken, der am Ende des Gutes Waldau liegt, geführt, und auf demselben ein 4,5 ha großes Rieselfeld für Wiesenkultur angelegt. Die Endleitung endigt mit 25 mm Weite. Sie wird dann benutzt, wenn der Rieselbetrieb mit Schläuchen auf den Äckern eingestellt wird. Es ist aber im allgemeinen zu bemerken, daß der aus dem dauernden Betriebe der Pumpstationen sich ergebende Nachteil nicht überschätzt werden darf. Denn die von den Pumpen gelieferten Wassermengen pflegen in den letzten Tagesstunden abzunehmen und nachts so gering zu sein, daß sie weit unter dem Tagesdurchschnitt bleiben. An manchen Orten wird sogar

während der Nacht überhaupt nicht gepumpt. Jedenfalls macht bei der Schlauchberieselung die Aufnahme des Rieselwassers zu Nachtzeiten keine Schwierigkeiten; ein Nachtbetrieb ist deshalb auf dem Rieselfelde nicht einzurichten.

### § 135.

**Ausführung der Wiesenbauten.** Bei allen Wiesenbauten sind nach den erforderlichen Absteckungsarbeiten zunächst zur Trockenlegung des Geländes die Haupt- und Nebenentwässerungsgräben, Zuggräben u. dergl. auszuführen, ferner diejenigen Arbeiten, die eine besondere Gründung oder ein tiefes Aufgraben des Bodens erfordern, wie Stauschleusen, Brücken, Durchlässe, Drains, Petersensche 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

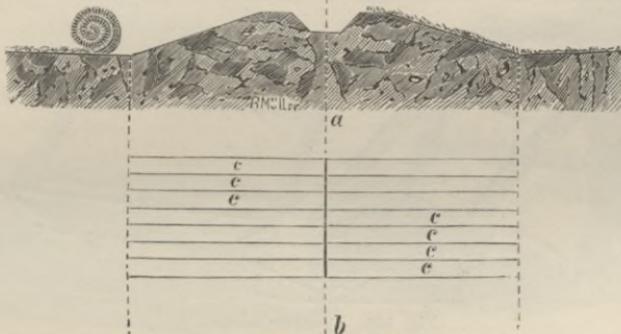


Fig. 594. Rollen des Rasens.

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 Verbande 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 Größe und bei uns in Deutschland gewöhnlich 8 bis 10 cm Dicke. Es ist aber sehr fraglich, ob diese Dicke zweckmäßig ist. Ein Abstechen in dünneren Schichten muß vielmehr empfohlen werden. In Holland z. B. werden die Rasen für 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 muß als die zu berasende Fläche — wird rascher begrünt. 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 grofsen Anlagen zur Anwendung. Das Rollen erfolgt in 0,25 m breiten Streifen von grofser 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. 594).

Die *Erdarbeiten* werden meist durch Arbeiter mit Spaten und Schubkarre ausgeführt, nur bei umfangreichen Arbeiten wird das *Muldbrett* oder

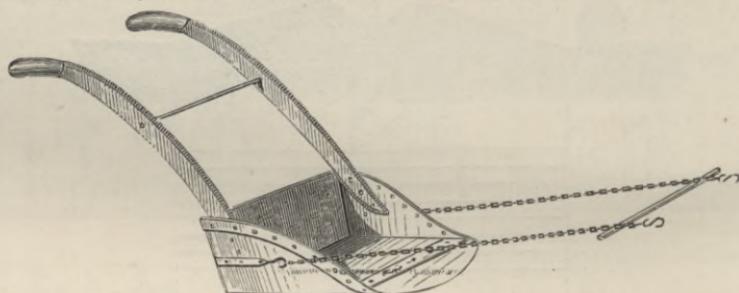


Fig. 595. Pferdeschaufel.

die *Pferdeschaufel* benutzt (Fig. 595). Dies Gerät wird durch ein Pferd gezogen und entnimmt den Boden in dünnen Schichten der Oberfläche. Man kann es sich nach der Abbildung leicht selbst herstellen lassen.

Dasselbe Gerät ist als *Erdschaufel* (Dotysches Muldbrett) zum selbsttätigen Kippen und Entleeren eingerichtet. Es besteht nach Fig. 596 *a* und *b* aus einer Mulde aus Stahlblech mit scharfer Schneide, die innerhalb eines Rahmens sich drehen läßt und an der Unterseite zwei Bügel als Schlittenkufen zur Schonung der Mulde trägt. An der Vorderseite des Rahmens werden an einen drehbaren Bügel die Zugtiere — Pferde oder Ochsen — gespannt. Das hintere Ende des Rahmens trägt einen Handgriff zur Bewegung der Schaufel. An einem Querbalken, inmitten des Rahmens, ist ein Dorn zum Stützen der Schaufel befestigt.

Ist man an der Stelle angekommen, wo der Boden entnommen werden soll, so hebt der Führer die Handbügel ein wenig in die Höhe. Dann greift die Spitze der Mulde in den Boden ein und schabt diesen in sehr flacher Schicht ab. Das Gelöste sammelt sich in der Mulde. Ist die Mulde gefüllt, so wird durch Niederdrücken der Handhabe die Spitze vom

Erdboden entfernt und die Mulde gleitet dann als Schlitten nach der Abladestelle. Um hier den Boden zu stürzen, wird die Handhabe kräftig in die Höhe gehoben. Dann greift die Spitze tief in den Boden ein, so tief, daß sie nicht mehr schält, sondern sich fest fährt. Der Zug der Tiere bringt die Schaufel zum Umschlagen. Dabei werden zwei am oberen Rande der Mulde befestigte Dorne in den Boden gedrückt. Sie hindern das Mitschleifen der umgestürzten Mulde, bewirken vielmehr, daß die Mulde durch die Vorwärtsbewegung der Tiere, welche den Rahmen gleichmäßig weiter ziehen, sich um  $180^{\circ}$  dreht, so daß sie wiederum in die erste Lage kommt und nach der Entnahmestelle zur Aufnahme einer neuen Ladung geschleppt werden kann.

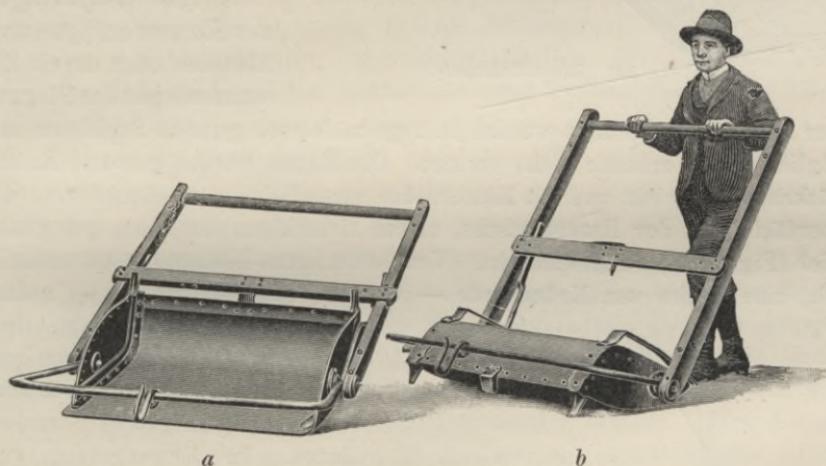


Fig. 596. Erdschaufel.

Die Vorzüge dieses Betriebes beruhen darin, daß die Zugtiere stets in Bewegung bleiben, sowohl beim Füllen der Schaufel wie bei der Bewegung und dem Stürzen, und daß der Boden in sehr flacher Schicht entnommen wird, eine Arbeit, die sonst von gewöhnlichen Arbeitern nur sehr schwer und ungeschickt ausgeführt wird. Die Schaufel liefert daher gute und billige Arbeit. Selbst kleine Hügel und flache Senken können wohlfeil ausgeglichen werden. Besonders bequem ist die Schaufel zur Beseitigung der Abraumerde von den Rändern der Gräben und Flußläufe. Hat der Boden eine feste Grasnarbe gehabt, so muß der Erdschaufel ein Pflug vorangehen, der die Narbe zerreißt, und eine Scheibenegge, die sie zerkleinert. Auch nach Ausführung der Einebnung ist noch die Benutzung des Pfluges zu empfehlen, um die abgehobenen Stellen gleichmäßig tief zu bearbeiten.

Die Erdschaufel wird gewöhnlich in zwei Größen gefertigt: mit 0,8 m breiter Schneide, für 90 l Inhalt und den Zug von 2 Pferden (Preis

66 M.) und mit 0,9 m breiter Schneide für 100 l Inhalt und den Zug von 2 bis 3 Pferden (Preis 72,50 M.). Sie wird geliefert von L. W. Gehlhaar in Nakel a. d. Netze, von der Ostdeutschen Maschinenfabrik vorm. R. Wermke A.-G. in Heiligenbeil O.-P., von der Elbinger Maschinenfabrik F. Komnick vorm. H. Hotop in Elbing, von Hodam & Refslar in Danzig,

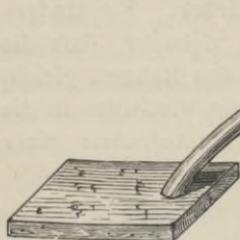


Fig. 597. Rasenklatsche.

Witt & Svendsen in Danzig und Königsberg Ostpr., H. Kriesel in Dirschau, Geo W. Sillcox in Halle a. S. u. a.

Das *Aufbringen* des Rasens erfolgt durch Abrollen oder durch Zusammenlegen der Plaggen oder Stücke. Die Stücke werden in regelmässigen, geraden Schichten und möglichst im Verbande dicht verlegt. Die Fugen werden gut mit Rasenstückchen verzwickelt und mit Mutterboden ausgefüllt. Demnächst wird die Oberfläche mit der Rasenklatsche, einem viereckigen Brett am gebogenen Stiel (Fig. 597), festgeschlagen. Von besonderem Nutzen ist es schliesslich, eine Decke von Krümelerde — Garten- oder Muttererde — aufzu-

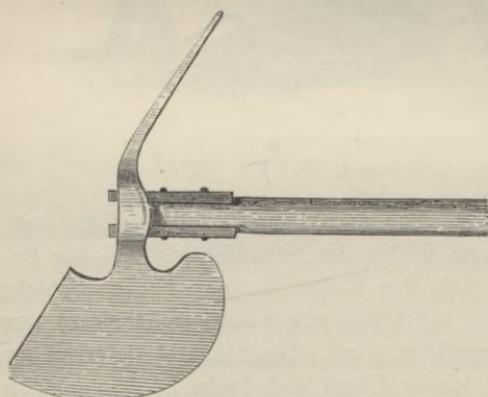


Fig. 598. Das Siegener Wiesenbeil.

bringen. Sie dient nicht allein zur Ausfüllung der Fugen und losen Stellen, sondern auch zum Schutz gegen grosse 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. 598) 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 Ebren von Maulwurfshügeln und vielen anderen bei der Ausführung wie bei der Unterhaltung von Wiesenbauten vorkommenden Arbeiten gebraucht. Die geübten Siegener Wiesenbauer verstehen es mit grossem Geschick zu benutzen.

## § 136.

**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 instand 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 aufgehöhrt; 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. Bei dem Einstellen des Wassers in die Gräben findet man leicht Unregelmäßigkeiten, die man beseitigen muß, auch Maulwurfs- und andere Löcher, die ausgefüllt werden müssen. Wird die erste Abteilung bewässert, so werden in der zweiten Abteilung die Gräben, Rieselrinnen und Abzugsrinnen geräumt. Während darauf die zweite Abteilung berieselt wird, legt man die erste trocken und bessert die dritte aus. So wird fortgefahren im Umlauf durch alle Abteilungen, und zwar 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 durch einen Wiesenwärter beaufsichtigt werden. Er hat darauf zu achten, daß das Wasser überall gleichmäßig übertritt, und daß keine Schäden durch Verstopfungen der Gräben, Rinnen und Bauwerke, durch Maulwurfgänge oder andere Umstände entstehen. 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 usw. Besonders wichtig ist die gründliche 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 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 Be-

wässerung 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.

Im nördlichen Schweden wird die winterliche Bewässerung als sogen. *Eisdeckmethode* zur Vorbereitung roher Hochmoore benutzt. Das Gelände wird mit einem kleinen Wall umgeben und im Herbst überstaut. Der starke Frost im Winter bildet aus dem Wasser eine Eisschicht, dringt in das Moor und bringt alle in und unter dem Eise stehenden Pflanzen zum Absterben. Hierdurch werden die Rodungs- und Planierungsarbeiten, die im Frühjahr auf dem aufgetauten Moor auszuführen sind, sehr erleichtert. Außerdem wird die Zersetzung der oberen Moosschicht, der widerstandsfähigen und sperrigen Sphagnumschicht beschleunigt und vervollkommenet. Wenn es notwendig ist, wird das Verfahren im folgenden Winter wiederholt.

### § 137.

**Bewässerung von Äckern.** Die Bewässerung von Ackerländereien ist in Tropenländern, wie Amerika, Afrika, Australien, auch in Italien, Spanien und Südfrankreich längst als Bedürfnis anerkannt. Für die gemäßigten Länder, wie Deutschland, liegt das Bedürfnis in geringerem Maße vor. Hier wurde diese Frage erst in den letzten Jahren, besonders seit der Wasserklemme von 1904, lebhaft erörtert. Man kam dabei zu dem Ergebnis, daß die Bewässerung von Äckern für diejenigen Gebiete Deutschlands in Frage kommen könnte, wo entweder überhaupt sehr wenig Niederschläge fallen, wo der jährliche Niederschlag weniger als 500 mm beträgt, oder wo die Niederschläge ungünstig über die Jahreszeiten verteilt sind, so daß sie nicht in der Zeit fallen, in der die Pflanzen zu ihrer Entwicklung des Wassers bedürfen.

Man nimmt an, daß etwa 6 % aller Ackerflächen in Deutschland für die künstliche Anfeuchtung in Frage kommen könnten. Hierbei ist die Beschaffenheit des Bodens, die Neigung des Geländes, die Temperatur des Wassers und der Kulturzustand des Feldes zu beachten. Schwerer Ackerboden eignet sich weniger für die Bewässerung, weil die Gefahr vorliegt, daß der Boden versauern könnte. Dies ist besonders dann zu befürchten, wenn nach der Bewässerung starke und lang anhaltende Regengüsse auftreten und der Boden nicht drainiert ist. Bei stark ge-

neigtem Gelände können die feinen Erdteile durch starke Bewässerung abgeschwemmt werden. Die Temperatur des Wassers darf nicht geringer sein als 10° C., weil sonst die Bodentemperatur zu sehr herabgedrückt werden würde.<sup>1)</sup> Endlich ist zu bemerken, daß ein Erfolg der Ackerbewässerung nur dann zu erwarten ist, wenn der Acker sich in guter Kultur befindet, und wenn durch richtige Düngung für die Zufuhr der erforderlichen Nährstoffe gesorgt ist.

Die Zeit der Ackerbewässerung hängt von dem Zustande der Pflanzen ab. Sie darf während der Blüte und der lebhaften Entwicklung der Ähren nicht stattfinden. Man wässert während des ersten Keimens vor der Aussaat bis zur Entwicklung der Ähren und später nach der Blüte noch einige Male. Es ist nach Prof. Dr. Gerlach in Bromberg<sup>2)</sup> die Bewässerung dann nötig, wenn die Pflanzen sich in der Zeit ihres üppigsten Wachstums befinden und dann die größten Wassermengen gebrauchen und verdunsten. Dieser Zeitabschnitt fällt in den verschiedenen Teilen des Deutschen Reiches nicht in dieselbe Jahreszeit. Er tritt im Süden und Westen früher ein als im Norden und Osten. In der Provinz Posen z. B., welche wegen ihrer geringen Niederschläge für die Bewässerung von Äckern besonders in Frage kommt, tritt nach Gerlach das stärkste Wachstum der nachbezeichneten Pflanzen gemäß der folgenden, bildlich zusammengestellten Übersicht ein:

Ernten:	April	Mai	Juni	Juli	August
Winterung . . . . .	—————				
Sommerung . . . . .		—————			
Kartoffeln . . . . .			—————		
Mais . . . . .				—————	
Zuckerrüben . . . . .				—————	

In diesen Zeiten wird in trockenen Gegenden und trockenen Jahren am ehesten das Bedürfnis nach Wasser auftreten und demgemäß eine Bewässerung Aussicht auf Erfolg haben. Dabei kann es aber vorkommen, daß in ungewöhnlich trockenen Jahren auch schon früher eine Bewässerung notwendig wird. Eine solche frühere Bewässerung wird dann aber nur geringere Wassermengen erfordern. Es ist auch nicht anzunehmen,

<sup>1)</sup> So hat z. B. die Bewässerung des Marchfeldes in der Nähe von Wien mit zu kaltem Donauwasser die Entwicklung der Pflanzen ungünstig beeinflusst.

<sup>2)</sup> Welche Ertragssteigerung kann durch Ackerbewässerung in unserem Klima erzielt werden? Vortrag, gehalten im Ausschuss der Landeskultur-Abteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft von Prof. Dr. Gerlach in Bromberg (Mitteilung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 21. Jahrg., Stück 40, 1906 und Wasserwirtschaft u. Wasserrecht vom 1. November 1906, S. 29).

dafs Jahr für Jahr während dieser Zeiten die Anfeuchtung erforderlich ist. Die Frage aber, unter welchen Umständen und wie oft in einer gewissen Reihe von Jahren die Bewässerung würde ausgesetzt werden können, ist noch nicht geklärt.

Über die für die Bewässerung von Ackerländereien erforderliche Wassermenge wird auf die Ausführungen im § 110 (S. 556 u. 557) verwiesen. Danach wird in Deutschland voraussichtlich bei mittleren Bodenarten die Zuführung von durchschnittlich 0,2 l auf Hektar und Sekunde oder in einem Sommermonat von 52 mm Wasserhöhe genügen. Die Bedürfnisse für verschiedene Kulturpflanzen in verschiedenen Monaten sind aus der Tabelle Wohltmanns (S. 557) ersichtlich. Die Wassermenge darf aber nicht auf die ganze Dauer der beabsichtigten Wässerungszeit gleichmäfsig verteilt werden, es ist vielmehr im Wechselbetriebe (mit Rotationen, s. § 114) zu bewässern. Statt andauernd und schwach zu bewässern, ist es besser, dies zeitweise und stärker zu tun. Denn wenn der Boden durch die Trockenheit stark ausgedörrt ist, also viel Wasser gebraucht, wenn bei hoher Temperatur die Luft viel Feuchtigkeit aufnimmt, so würde eine geringe Wasserzuleitung von dem Boden und der Luft schnell in Anspruch genommen werden und kaum den Pflanzen zugute kommen. Wird dagegen das Überrieseln des Wassers zwar auf eine kürzere Zeit beschränkt, dafür aber in gröfserer Menge ausgeführt, so wird die Zeit, in der Boden und Luft Wasser entnehmen können, ermäßigt, die entnommene Wassermenge dadurch selbst beschränkt und der Wasservorrat vergrößert, den die Pflanzen zum eigenen Aufbau verbrauchen können.

Die Beschaffung des Wassers für Ackerbewässerungen wird bei der im allgemeinen hohen Lage der Äcker und ihrer Entfernung von den in der Tiefe Wasser führenden Einsenkungen sich selten aus Flüssen oder Bächen ermöglichen lassen. Gröfstenteils wird man in Deutschland auf Entnahme aus dem Grundwasser und künstliche Hebung angewiesen sein. Diese Entnahme wird keine Schwierigkeiten bieten, weil zu der Zeit, in der die anfeuchtende Bewässerung von Äckern nötig ist, die den Landwirten etwa zur Verfügung stehenden Lokomobilen selten in Anspruch genommen sein werden. Liegt das Grundwasser sehr tief, wird dann der Brunnen sehr teuer und die Hebung kostspielig, so fragt es sich, ob die Kosten der Anlage mit dem zu erwartenden Vorteil in Einklang stehen. Werden andererseits flache Grundwasserlagen angebohrt, so ist zu untersuchen, ob nach der geologischen Gestaltung nicht schädliche Wasserentziehungen an anderer Stelle zu befürchten sind.

### § 138.

**Betrieb der Ackerbewässerung.** Die für die Ackerbewässerung bisher benutzten oder vorgeschlagenen Verfahren werden nachstehend übersichtlich zusammengestellt und beurteilt:

a) Die *Stauberieselung*. Sie wird in Amerika unter dem Namen Check-System angewandt.<sup>1)</sup> Das Feld wird durch kleine Erddämme in Staubecken geteilt, welche nacheinander, von oben beginnend, so lange mit Wasser gefüllt werden, bis der Boden genügend durchfeuchtet ist. Das Verfahren gleicht unserer gewöhnlichen Überstauung (s. § 122); es ist in der ersten Anlage teuer, doch im Betriebe billig. Es erfordert große Wassermengen, auch ist der Verlust durch Versickerung sehr groß. Dazu kommt, daß die zahlreichen Dämme die Bewirtschaftung erschweren. Das Verfahren wird daher nach Krüger in Amerika hauptsächlich für Luzerne angewandt, wenn das Gelände kein stärkeres Gefälle als 3 ‰ hat. Für Deutschland kann es nicht in Frage kommen, weil unsere Halmfrüchte eine solche Bewässerung kaum ertragen würden.

b) Eine *unterirdische Bewässerung* durch poröse und durchlochte Tonröhren ist in Amerika hauptsächlich für Baumbewässerungen benutzt worden. (Vergl. auch unsere Mitteilungen in § 119, S. 571.) Man ist aber von dieser Bewässerungsart abgekommen, weil die Wirksamkeit der durchlochten Röhren durch Verschlämmen und Einwachsen von Wurzeln gelitten hat.

c) Die *Furchenbewässerung*. Sie entspricht unserer bei Wiesen angewandten Grabeneinstauung (s. § 121). Zur Bewässerung des Getreides wird sie in Spanien und Algier benutzt. Die Furchen werden dort nach der Saatbestellung in größeren oder geringeren Abständen gezogen, mitunter in Abständen bis zu 5 m. In diesen Furchen wird das Wasser eingestaut; es soll von hier aus den Boden durchdringen. Dabei stellt sich aber immer heraus, daß in der Mitte zwischen den Furchen je nach der Entfernung und der Durchlässigkeit des Bodens ein mehr oder minder breiter Streifen trocken bleibt. In Amerika wird die Furchenbewässerung bei allen in Reihen gepflanzten Früchten angewandt. Auch auf einem Gute im nördlichen Frankreich, Masny, im Departement du Nord, einem Herrn Fievet gehörend, ist die Furchenbewässerung zur Anwendung gekommen. Hier waren die Furchen anfänglich zu dem Zweck angelegt worden, um die Abwässer einer Zuckerfabrik für die Düngung der Felder zu verwerten. Später wurden sie dazu benutzt, um nach Aufstellen einer Lokomobile nebst Zentrifugalpumpe die Felder mit reinem Wasser aus einem benachbarten Teich zu durchfeuchten. Die Anfeuchtung erfolgte für Weizen, Hafer und Flachs vom Mai bis Mitte Juli und hatte befriedigende Ergebnisse.<sup>2)</sup>

In Deutschland wird die Furchenbewässerung auf Rieselgütern für Gemüsebau mit Erfolg angewandt. Die Furchen erhalten aber hier nur

<sup>1)</sup> Vergl. die Mitteilungen des Regierungs- und Baurats Krüger im Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1906, S. 415.

<sup>2)</sup> Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1892, S. 119.

etwa 1 m Entfernung. In Bayern werden in der Gegend von Bayersdorf (Mittelfranken) nach Spöttle Meerrettichfelder durch teilweisen Einstau in Ackerfurchen befeuchtet. Interessante Versuche mit der Furchenbewässerung für Getreide hat der Rittergutsbesitzer Blanck im Regierungsbezirk Posen ausgeführt.<sup>1)</sup> Die Einstellung in den Furchen hatte nach seinen Beobachtungen nur auf etwa 0,32 m Entfernung auf beiden Seiten der Furchen gewirkt. Darüber hinaus war eine Einwirkung der Bewässerung kaum zu spüren. Danach ist von der Furchenbewässerung bei gewöhnlichen Boden- und Witterungsverhältnissen in Deutschland ein Erfolg nicht zu erwarten, wenn die Furchen weiter als 0,65 m von einander entfernt sind.

d) *Berieselung*. Die wilde Berieselung aus kleinen Zuleitern hat in Amerika weitaus die größte Verbreitung gefunden. Das Wasser wird in Drillreihen geleitet, die 0,5 bis 1 m Entfernung haben und dem natürlichen Gefälle folgen, und verteilt sich von hier aus über die Oberfläche des Geländes. Das Verfahren ist in der Anlage billig, stört den Wirtschaftsbetrieb wenig und eignet sich für die meisten Feldfrüchte. Auch in Italien werden die Äcker berieselt. Hier werden Zuleitungs- und Ableitungsrinnen, die nahezu gleich gerichtet verlaufen, mit Gefälle angelegt. Zwischen ihnen darf das Gelände nur eine sehr geringe Neigung, etwa 1 bis 1,5 ‰, haben. Der Abstand der beiden Rinnen ist im allgemeinen recht beträchtlich, er beträgt mitunter bis 500 m. Die Rinnen werden in das Gelände eingeschnitten, jedoch beiderseitig mit kleinen Dämmen eingefasst. Für die eigentliche Verteilung des Wassers werden in der Hangrichtung, also rechtwinklig zu den Rinnen, Ackerfurchen gezogen. Das Wasser wird aus den Hauptgräben in die Bewässerungsrinnen eingestaut und die abwärts belegenen Dämme dieser Rinnen an mehreren Stellen durchstoßen. Dadurch gelangt das Wasser in die Furchen, durchfeuchtet die Flächen und staut sich schließlich längs des oberen Dammes der Entwässerungsrinne. Ist dies eingetreten, so gilt es als ein Zeichen, daß das Land genügend durchfeuchtet ist. Es wird dann die Zuleitung abgestellt und der obere Damm der Ableitungsrinne an so vielen Stellen durchstoßen, als zur Ableitung des Wassers nötig ist. Häufig genug ist die Wassermenge so gering, daß sie während der Berieselung vollständig verbraucht wird oder versickert, so daß eine Wasserabführung in die Abzugsrinnen überhaupt nicht stattfindet.

In Deutschland hatte Blanck versuchsweise eine Berieselung der Ackerflächen ausgeführt.<sup>2)</sup> Es wurden an den Gefälleseiten der zu bewässernden Parzelle 0,63 m tiefe und 0,63 m breite Gräben angelegt und

<sup>1)</sup> Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1892, S. 124.

<sup>2)</sup> Ebenda 1902, S. 124.

der Grabenauswurf als Wall benutzt. Nach der Planierung fand die Ein-saat statt und danach das Auswerfen der 16 cm tiefen Ackerfurchen senkrecht zu den Hauptgräben und in 3,8 m Entfernung. Das Feld wurde mit Hafer, Luzerne, Bohnen und Kartoffeln bestellt. Sobald die Saat 10 cm hoch war, wurde der Hauptgraben mit Wasser gefüllt. Das Wasser lief in die Furchen und überrieselte von hier aus das Feld 4 Stunden lang. Sobald der Zufluß aufhörte, verschwand auch das Wasser allmählich, es sickerte ein. Die Bewässerung fand in den Monaten Mai und Juni 7 mal statt. Der Erfolg war im allgemeinen eingetreten, wenngleich nicht überall in derselben Weise; er befriedigte viel mehr als der oben unter c) erwähnte Versuch mit der Furchenbewässerung.

e) Die *Schlauchbewässerung* (vergl. §§ 133 und 134). Sie hat für die Bewässerung von Ackerländereien den großen Vorzug, daß die Zurichtung der Flächen, die Herstellung von Gräben und Furchen fortfällt, und daß das Wasser fein verteilt und mit Sauerstoff bereichert als Regen dem Acker zugeführt wird. Sie hat sich deshalb in Amerika überall da eingebürgert, wo wenig Wasser zur Verfügung steht und das Gelände eine wellige Form hat. In Deutschland kommt das Verfahren für die Verwendung des Rieselwassers großer Städte nach den Entwürfen des Baurats Wulsch mehr und mehr zur Aufnahme. Bezüglich der Ausführung verweisen wir auf die Angaben im § 134 und die Mitteilungen im Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1904, S. 44.

Im allgemeinen ist die Frage der Ackerbewässerung im nördlichen gemäßigten Klima und nach der Ermittlung des dabei zu benutzenden Verfahrens noch nicht genügend aufgeklärt. Sie wird eine Förderung erfahren durch die unter Leitung des Regierungs- und Baurats Krüger stehende kulturtechnische Abteilung des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Landwirtschaft in Bromberg.<sup>1)</sup> Praktische Versuche mit Ackerbewässerungen sind eingeleitet. Wie die Erfolge auch ausfallen werden: in jedem Falle tut der Landwirt gut, diejenigen Hilfsmittel nicht außer acht zu lassen, welche ihn ohnehin bis zu einem gewissen Grade gegen Trockenheit schützen. Dahin gehört eine geeignete Bodenbearbeitung, besonders durch Tiefkultur (vergl. auch § 139), eine richtige und ausreichende Düngung, die Umwandlung von Ackerflächen in Wiesen- oder Weideland und die Wahl richtiger Arten der Kulturgewächse, welche den Boden- und den Feuchtigkeitsverhältnissen am besten entsprechen. Durch diese Mittel kann man dem Wasserbedürfnis unserer Böden oft erfolgreich begegnen.

### § 139.

#### **Trockenkultur — Dry farming — an Stelle der Bewässerung.**

Nach den Ausführungen am Schlusse des § 138 stehen dem Landwirt manche

<sup>1)</sup> Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1908, Heft 141.

Mittel zur Verfügung, um seine Ländereien auch ohne Bewässerungsanlagen bis zu einem gewissen Grade vor Austrocknung zu schützen. Das wirksamste dieser Mittel ist die Tiefkultur. Während man sich früher scheute, beim Pflügen den toten Boden nach oben zu bringen, hierdurch das Eintreffen von Missernten fürchtete, auch den Pferden die Arbeit nicht erschweren wollte, hat man jetzt erkannt, daß Missernten viel eher beim flachen Pflügen entstehen, wenn das Kulturgebiet nur eine dünne Schicht bildet und die Pflanzen nur ein beschränktes Nahrungsfeld haben. Dem unter der aufgelockerten Schicht liegenden toten Boden fehlt die Tätigkeit der kleinen Lebewesen, der Bakterien oder Mikroorganismen, welche sich sehr schnell vermehren und schnell wieder eingehen, dann aber den Pflanzen als Nahrung dienen. Diese Lebewesen kann man durch die Lockerung des Bodens hervorrufen und ihre Entwicklung demnächst durch die Beigabe von tierischem Dünger beschleunigen.

Das Tiefpflügen geschieht in wirksamster Weise im Spätherbst oder im Winter, falls die Witterung es gestattet. Sie erfolgt bis zu einer Tiefe von 40 cm entweder mittels des Untergrundpfluges, der den Boden nur lockert, oder mittels des Rigolpfluges, der ihn vollständig an die Luft bringt. Auf dem gelockerten und gehobenen Boden wirken Schnee und Frost, zerkleinern und zerkrümeln ihn, so daß der Sauerstoff der Luft an alle Bestandteile des Bodens treten und sie zur Oxydation bringen kann. Wenn nicht schon im ersten Frühjahr, so doch in den kommenden Jahren bildet der früher tote Boden eine gleichmäßige, leicht zerfallende nährstoffreiche Masse. Neben der Beigabe von Dungstoffen kann leichter lockerer Boden durch Anbau von Gründüngungspflanzen verbessert werden. Schwerer Boden wird gewöhnlich erst nach und nach durch die Arbeit mehrerer Jahre bis zu der beabsichtigten Tiefe kultiviert. Der Erfolg dieser Arbeiten beruht nicht allein in der Gewinnung eines größeren Vorratgebiets von Nährstoffen für die Pflanzen, sondern auch in der Gewinnung gleichsam eines größeren Wasserbeckens, dessen Inhalt den Pflanzen an den Wurzeln bequem zur Verfügung steht. Die zahlreichen größeren und kleineren Hohlräume, welche durch die Lockerung im Boden entstanden sind, halten das Wasser fest, speichern es auf, schützen es vor den Einwirkungen der Außenluft und bewahren es auf für die heißen Tage des Sommers. So können sich die Pflanzenwurzeln und die Pflanzen selbst kräftig entwickeln und Frost und Hitze leicht überwinden.

Nach diesen auch bei uns in Deutschland seit langer Zeit bekannten Erfahrungen, die leider noch nicht in gebührender Weise beachtet und benutzt werden, hat man in dem letzten Jahrzehnt in Amerika ein neues Kulturverfahren — ein Bewässerungsverfahren ohne Wasser — ausgebildet und in umfangreichem Maße mit gutem Erfolge angewandt. Die Amerikaner

nennen es Dry farming,<sup>1)</sup> Trockenkultur. Es wurde im Jahre 1897 von dem Professor H. W. Campbell in Nebraska angegeben und auf mehreren großen Musterfarmen erprobt. Die Erfolge erregten 1903 die Aufmerksamkeit des Departments of Agriculture, welches das Unternehmen dadurch unterstützte, daß es ermitteln ließ, für welche Gegenden und unter welchen Umständen das Verfahren sich eigne, und mit welchen Pflanzen und Pflanzenarten es die besten Erfolge hervorbringe. 1907 wurde durch Governor Mc. Donald in Kolorado ein Kongress der Dryfarmers einberufen, auf dem die Erfahrungen ausgetauscht und neue Vorschläge erörtert wurden. Die Auswahl unter den geeigneten Pflanzen ist groß. Eine vom Board of Trade vor kurzem in Cheyenne, Wyoming, 1800 m über dem Meere eingerichtete Versuchsstation hat dargelegt, daß selbst in dieser Höhe Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Felderbsen und Zuckerrüben nach dem neuen Verfahren mit Erfolg gebaut werden können. Das Verfahren ist jetzt besonders in den westlichen Staaten Amerikas verbreitet. In Kolorado, Kansas, Nebraska, Washington, Oregon, Wyoming, Idaho und Utah werden Tausende von Hektaren hiernach kultiviert.

Es sind hauptsächlich sogen. halbtrockene Gebiete, welche für das Verfahren in Frage kommen. Darunter versteht man Gegenden, die zwar trocken sind, in denen aber in beschränktem Umfange Niederschläge noch vorkommen, Gegenden, wo der jährliche Regenfall zwischen 200 und 500 mm Höhe erreicht. Im allgemeinen hat sich allerdings herausgestellt, daß in Bezirken mit weniger als 350 mm Regenhöhe besonders gute Erfolge nicht zu erwarten sind. Weiter hat man beobachtet, daß hügeliges Hochland sich besser eignet als das Gebiet der Täler. Im hügeligen Hochlande kann der fallende Regen leichter aufgespeichert und festgehalten werden als in den Tälern. Das Hochland wird daher in Amerika zuerst für das neue Verfahren in Anspruch genommen.

Die Kultur wird mit kräftigen, tief arbeitenden Dampfpflügen begonnen. Pflüge mit 12 bis 16 Pflugscharen werden gern benutzt. Je tiefer sie arbeiten, um so inhaltreicher wird das Wasser-Vorratbecken, um so größer der Wurzelbereich der Pflanzen. Dem Pfluge folgt ein Untergrundpacker (sub-surface packer), ein Scheibenpflug, der etwa 10 Scheiben von 46 cm Durchmesser enthält. Er wird von derselben Maschine bewegt, die den Pflug gezogen hat. Die keilförmigen Scheiben sollen den Boden besonders in den tieferen Teilen der Furchen dichten. Zuletzt werden Eggen von großem Umfange benutzt, die aber oft an dem Scheibenpflug angehängt und mit ihm gleichzeitig bewegt werden. Sie bearbeiten den Boden so, daß er eine ebene Oberfläche von gleichmäßigem Korn bildet. Diese

---

<sup>1)</sup> Dry farming in semi-arid districts. By W. Frank McClure. Im Scientific American vom 22. August 1908, S. 120.

Arbeiten werden mehrere Monate vor der Aussaat begonnen und lange Zeit, mitunter bis nach der Saat, noch fortgesetzt. Besonders die Bearbeitung mit der Egge ist sehr wichtig. Sie muß oft, z. B. nach jedem Regenfall und bei anhaltender Trockenheit, wiederholt werden. Man darf nie zugeben, daß der Boden sich zusammenballe oder in Spalten berste. Sobald dies eintritt, muß die Egge von neuem über das Feld laufen.

Die atmosphärischen Niederschläge können in ein nach diesem Verfahren bearbeitetes Feld leicht eindringen, weil die Oberfläche des Bodens zwar geglättet, doch aber rauh genug ist, um das Wasser bei der Bewegung aufzuhalten, und der gelockerte Boden Hohlräume genug zur Aufnahme des Wassers enthält. Es kommt daher jeder, auch der kleinste Regenfall dem Boden zugute. Die Wassermengen dringen im allgemeinen nur bis zu der vom Pfluge hergestellten Sohle, nicht tiefer, weil der tote Boden ein dichtes Gefüge hat und sehr oft auch seiner Zusammensetzung nach schwer durchlässig ist. Es geht daher von dem Wasserschatz nur wenig durch Absickerung verloren, der Boden hält das Wasser fest wie ein Schwamm. Die Kulturpflanzen verbrauchen das Wasser zu ihrem Aufbau und verdunsten es durch Stamm und Blätter. Dies Verdunstungswasser geht verloren. Andere Verdunstungsmengen aber, welche sonst durch den Boden in die Luft entweichen, werden beschränkt. Dies geschieht durch das Eggen. Es ist bekannt, daß eine glatte Oberfläche viel weniger Wasser verdunsten läßt als eine rauhe.<sup>1)</sup> Durch das fleißige Eggen und Begleichen der Erdoberfläche wird daher dem Verdunsten des Wassers mit Erfolg bis zu einem gewissen Maße begegnet. So ist erklärlich, daß die Trockenkultur auf den weiten und wenig kultivierten Flächen Amerikas als Ersatz für das teure und oft kaum anwendbare Bewässerungsverfahren sich schnell hat einbürgern können.

### § 140.

**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.

<sup>1)</sup> Vergl. die Mitteilungen des Verf. über Verdunstungen an der Erdoberfläche im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften III. Teil, 1. Band, 4. Aufl., 1905, S. 55.

*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 Mittelernnten 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 erschwert z. B. beim Grase durch den Überschufs an Eiweißstoffen das Heuen und auch das Pressen. Das Heu wird braun, schwarz und fault sehr leicht. Es wird demnach, wenn irgend angängig, auf allen Rieselfeldern das gewonnene Gras nur grün verkauft und verwendet. Die Nähe der großen Städte erleichtert diese Art der Verwertung. In den letzten Jahren ist es indessen gelungen, mit Hilfe von besonderen Trockengerüsten und Trocknungsverfahren auch Heu auf Rieselfeldern zu gewinnen. In Berlin hat sich das Trocknen auf 2 m hohen Gerüsten, sogen. Hieseln, am besten bewährt. Das hier gewonnene Heu wird sogar wegen seines hohen Protëingehalts, der den des gewöhnlichen Wiesenheus um das Doppelte übertrifft, besonders geschätzt.

*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 rechnete man z. B. *250 Personen* auf ein Hektar, in anderen Städten noch mehr.<sup>1)</sup> 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 7mal geschnitten*.

*Zu 3.* Der große 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.

<sup>1)</sup> In Berlin sind durch Erwerbungen der letzten Jahre die Rieselfelder so groß geworden, daß gegenwärtig nur ungefähr 160 Personen auf ein Hektar entfallen.

*Zu 4.* Die Kanaljauche enthält nach Berliner Verhältnissen ungefähr nur 8% Abortwasser, 92% Tag- und Straßwasser. 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, so daß insgesamt 2,4 m Wasserschicht jährlich in den Rieselfeldern absickern muß. Hieraus ergibt sich, daß *nur durchlässiger Boden* für die Anlage von Rieselfeldern sich eignet, und daß es nötig ist, die Durchlässigkeit noch durch *Drainage* zu erhöhen. Es darf allerdings der Boden nicht allzu durchlässig sein, weil sonst die Bewirtschaftung der Rieselfelder erschwert wird. Es ist vorteilhaft, wenn der Sand noch ein wenig bindigen Boden enthält.

*Zu 5.* Die großen 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 bis 5 m Seitenlänge, die in größerer Zahl nebeneinander erbaut werden. Der in ihnen abgelagerte Schlamm wird in gewissen Zeitabschnitten — 3 Wochen — geräumt. Diese Vorsicht ist jedoch nur geboten bei Wiesenbewässerungen. Bei Beetbewässerungen (s. § 141) 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 größere *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 Stragentfernung drainiert werden, damit sie möglichst schnell das entbehrliche Wasser ableiten und ihr Fassungsvermögen dadurch steigern können (vergl. § 141). Der abgesetzte Schlamm wird entweder im Frühjahr als Dung verfahren, oder das Becken wird umgepflügt und als Acker bestellt. Neuerdings werden bei Anlage von Rieselfeldern die Staubecken dann fortgelassen, wenn man horizontale Felder in genügender Größe anlegen und zur Verfügung halten kann. Denn da die Rieseljauche gewöhnlich warm ist, so kann sie verhältnismäßig lange Zeit, auch während des Frostes, auf die Felder geleitet werden. Die Aufleitung auf die Felder ist wirtschaftlicher als die Einleitung in Staubecken und verdient darum den Vorzug.

### § 141.

**Die Berieselung mit städtischem Kanalwasser.** Die Spüljauche wird durch eiserne *Druckröhren* von großem Durchmesser — in Berlin

1, mitunter auch 1,2 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.

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 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<sup>0</sup>/<sub>0</sub> Gefälle nach dem Hangbau umgeformt. Jedes Stück wird weiter in quadratische Teile von ungefähr 20 bis 30 a 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. Neuerdings hat man auch das Walzen unterlassen, aber nur dann, wenn die Rieselwärter geschickt genug sind, um durch passend angeordnete Rücken für eine gleichmäßige Verteilung des Wassers zu sorgen. 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. Angebaut

wird auf den Rieselfeldern Weizen und Roggen, Gerste und Hafer, Möhren, Kartoffeln, Futter- und Zuckerrüben, Klee und Lupine.

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 Grasses.

*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.

*Fischteiche* in Rieselfeldern. Große Schwierigkeiten verursachte anfänglich die Abgabe des drainierten Rieselwassers an die öffentlichen Gewässer. Besonders die Fischzüchter fürchteten eine Beeinträchtigung ihrer Erträge. Um diesen Einwürfen zu begegnen, hatte die Stadt Berlin im Jahre 1889 auf dem Rieselgut Malchow fünf kleine Teiche angelegt, diese ausschließlich mit abdrainiertem Rieselwasser bespannt und mit Edelfischen besetzt.<sup>1)</sup> Der Versuch gelang über Erwarten und ergab die Unschädlichkeit des Rieselwassers für die Flüsse. Nach diesen anfänglich zur Abwehr übertriebener Ansprüche von Fischereiberechtigten gemachten Anlagen sind später auf verschiedenen Rieselgütern neue Fischteiche entstanden. Sie liefern ausnahmslos befriedigende Erträge.

*Doppelberieselung*. Trotz dieser mit dem abdrainierten Rieselwasser erzielten günstigen Ergebnisse hat sich in den letzten Jahren dennoch ein Übelstand bei der Einführung der Berliner Abwässer in die Vorfluter gezeigt: es trat mitunter ein lästiger Pilz auf — *Leptomit* —, der dichte filzartige Büschel und lange fadenförmige Zöpfe bildete, die stark wucherten. Der Pilz trat im Herbst vom September ab auf, blieb im Winter und verschwand im Frühjahr. Seine Beseitigung war sehr schwierig. Man ermittelte, daß er da vorkam, wo das Wasser stark eisenschüssig war, und daß er verschwand, sobald der Eisengehalt aufhörte. Hieraus wurde als wirksamstes Mittel zur Vertilgung des Pilzes die Oxydation des Eisens durch den Sauerstoff der Luft und des Wassers ermittelt. Man führt dies aus entweder durch die sogen. Doppelberieselung oder durch Ansammlung des Wassers in größeren Staubecken. In beiden Fällen kommt unter der Einwirkung des Sauerstoffs der Pilz zur Entwicklung und das Wasser kann demnächst ohne Schaden den öffentlichen Gewässern zugeleitet werden. Die Doppelberieselung wird wie die erste

<sup>1)</sup> Vergl. die Mitteilungen des Verf. im Zentralblatt der Bauverwaltung 1890, S. 544 und 1893, S. 216.

Berieselung ausgeführt: es wird das abgerieselte Wasser der höheren Rieselfelder auf einer tiefer gelegenen Anlage von neuem verwendet. Diese tiefere Anlage wird gewöhnlich als Wiese benutzt. Man erzielt

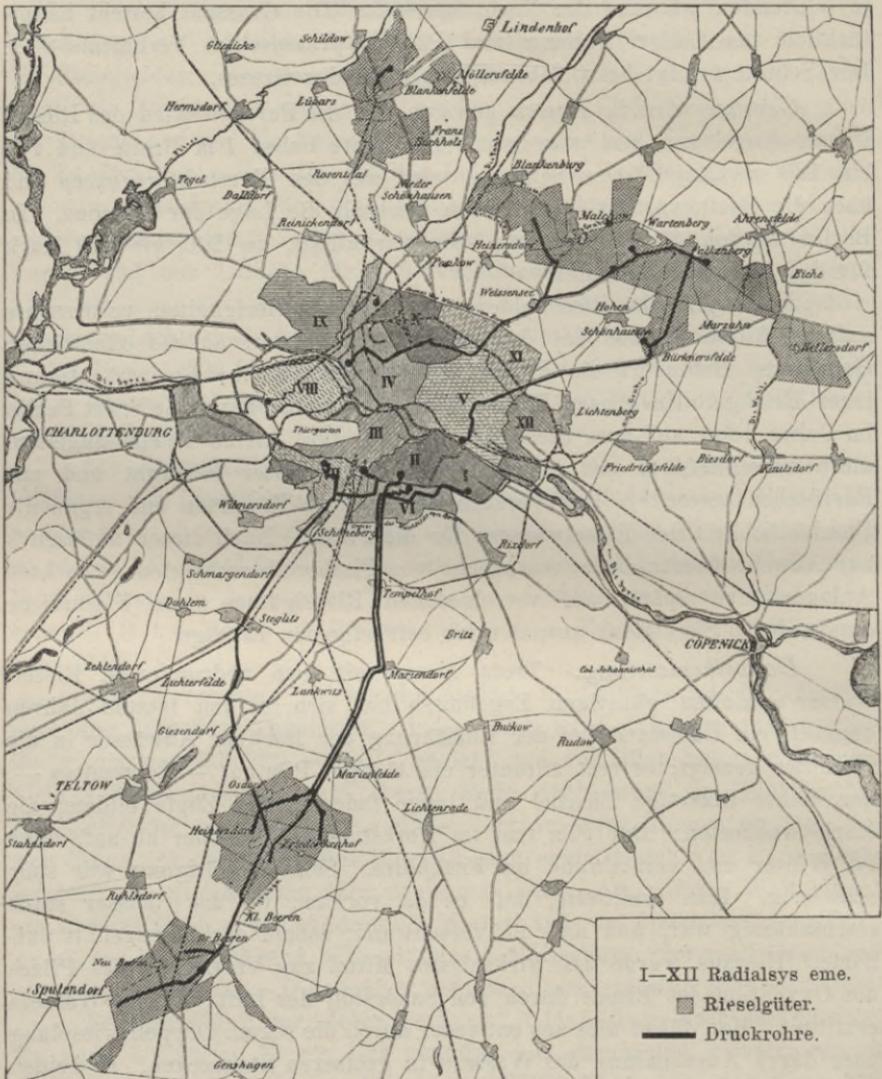


Fig. 599. Lage der Rieselfelder bei Berlin.

in drei Schnitten ein Gras, welches den Vorzug hat, daß es geheut werden kann. Die Staubecken werden drainiert und erhalten Überfälle an den Seiten. Derartige Staubecken sind in Berliner Rieselfeldern längs der Wuhle und Panke angelegt. Man hat sie 0,6 m tief hergestellt und mit

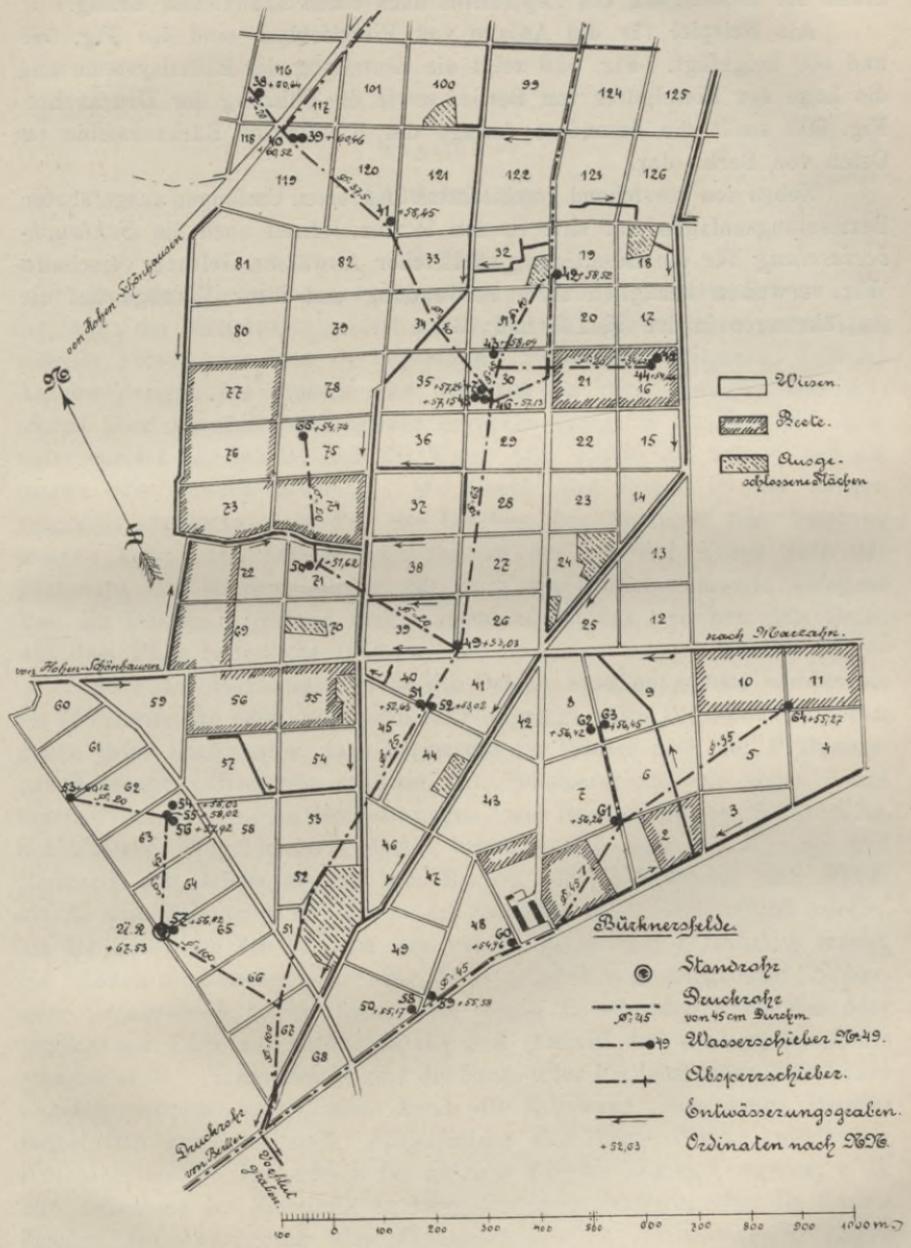


Fig. 600. Rieselgut Bürknersfelde bei Berlin.

Fischen besetzt. Da diese gute Erträge ergeben, so haben die Staubecken neben der Beseitigung des Leptomitus auch einen finanziellen Erfolg.

Als Beispiel für die Anlage von Rieselfeldern sind die Fig. 599 und 600 beigelegt. Fig. 599 zeigt die Einteilung der Radialsysteme und die Lage der Rieselgüter von Berlin, sowie die Führung der Druckrohre. Fig. 600 stellt die besondere Anlage des Rieselgutes Bürknersfelde im Osten von Berlin dar.

Neben den vorstehend geschilderten in großen Umfängen ausgeführten Berieselungsanlagen hat sich in den letzten Jahren auch die *Schlauchberieselung* für die Beseitigung städtischer Abwässer Geltung verschafft. Wir verweisen bezüglich ihrer Anwendung und ihrer Vorzüge auf die Ausführungen in den §§ 133 und 134.

## Kapitel VI.

### Eindeichung.

#### § 142.

**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. § 12, S. 330). 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 Aufsenland 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 Gefahrdeich* 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 ge-

wöhnlich parallel dem Hauptdeich gehen. Die Errichtung und Unterhaltung von Deichen ist fast in allen Ländern durch besondere Gesetze geschützt.

### § 143.

**Winterdeiche.** Winterdeiche, auch *Haupt-* oder *Bandeiche* 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 größeren

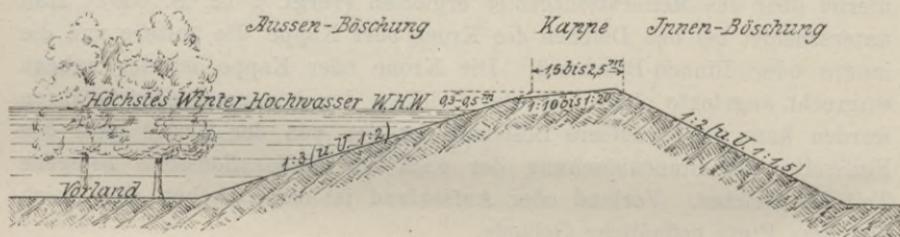


Fig. 601. Querschnitt eines Winterdeiches.

Flüssen. Zieht sich der Deich hinter Ortschaften hin, so wird die Krone bei kleineren Flüssen um 1 m, bei größeren um 1,2 bis 1,5 m über W. H. W. geführt.

Die Kappe wird bei Winterdeichen für kleinere Flüsse 1,5 bis 2,5 m breit angelegt (vergl. Fig. 601), 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 sogar 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 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 aufsen im Verhältnis 1 : 10 bis 1 : 20. Das Pflanzen von Bäumen auf den Deichen ist im allgemeinen zu unterlassen. Flach wurzelnde Bäume sind gefährlich, weil sie bei Windbrüchen eine Höhlung im Deich und damit eine Angriffsstelle für das Wasser bilden, die leicht zu einem vollständigen Deichdurchbruch und zu einer Überflutung der Niederung Anlaß geben kann. Tief wurzelnde Bäume sind zwar nicht in gleichem Maße schädlich, der Wurzelballen kann sogar unter Umständen den Deichkörper gegen Abrutschen sichern: sie haben aber immer den Nachteil, durch Beschattung und die Ausbildung ihrer Wurzeln die Entwicklung des Graswuchses auf dem Deich und die Dichtigkeit des Rasens zu beeinträchtigen. Ein dichter Rasen ist aber der beste Deichschutz und muß ganz besonders gepflegt werden. Außerdem hat der Baumwuchs bei seinem Absterben üble Folgen für die Sicherheit des Deiches, denn die absterbenden Wurzelstöcke begünstigen das Auftreten von Quellungen. Es müssen daher alle abgestorbenen Baumreste im Deich unter allen Umständen entfernt werden. Längs des Fusses der Aufsenböschung sind Bäume, besonders biegsame Bäume wie Weiden, am Platze. Sie üben hier einen guten Schutz aus sowohl gegen Wellenschlag wie gegen Eisschub. Solche Bäume im Vorland dürfen aber nur in 5 bis 20 m breiten Längsstreifen den Deich begleiten, niemals Querreihen bilden, welche die Bewegung des Wassers hindern könnten. Zum Schutz gegen das Eis ist es vorteilhaft, die Weiden zu armstarken Bäumen auswachsen zu lassen, nicht stärker, weil sie sonst nicht elastisch genug bleiben, und nicht schwächer, weil sonst die Rinde von dem schiebenden Eise zu leicht rundum abgeschält wird und dann die Bäume eingehen. Das Abschaben der Rinde längs einer Seite bringt den Baum noch nicht zum Absterben. Die armdicken Weiden legen sich unter dem Druck des Eises flach über die Aufsenböschung, tragen das schiebende Eis und schützen dadurch den Rasen vor Beschädigungen. Sie sind elastisch genug, um nach dem Abgang des Eises ihre aufrechte Lage wieder anzunehmen.

#### § 144.

**Sommerdeiche.** Die Sommerdeiche sollen die Niederung nur gegen gewöhnliches Sommerhochwasser schützen. Sie erhalten daher stets eine 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. Solche Sommerdeiche werden überall da angelegt, wo man der am Flusse belegenen Niederung die Überflutung durch das fruchtbare Winter- oder Frühjahrshochwasser erhalten möchte.

Die Höhe der Sommerdeiche ist im allgemeinen nur sehr gering, sie beträgt 0,5 bis 3 m. Über die Bestimmung der Höhe s. § 145. Oft bilden die Sommerdeiche keine durchlaufende Anlage längs des Flusses. Es genügt die Ausfüllung der Senkungen im Gelände, um die Sommer-



Fig. 602. Querschnitt eines Sommerdeiches von 1 m Höhe.

bedeichung 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



Fig. 603. Querschnitt eines Sommerdeiches von 2 m Höhe.

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 flache Binnenböschung der Sommerdeiche führt dazu, daß der Querschnitt eines Sommerdeiches unter Umständen größer werden kann als der Querschnitt eines höheren Winterdeiches an derselben Stelle werden würde. 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. 602 und 603.

### § 145.

**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 bis zehnten Jahre eine*, also in 16 bis 20 Jahren zwei, in 24 bis 30 Jahren ungefähr drei *Überflutungen* eintreten können. Eine höhere Lage würde dem Winterdeich entsprechen; 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 nächstfolgenden 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. Diese Nachwirkungen der sommerlichen Überflutungen führen erklärlicherweise dazu, daß die

Landwirte im allgemeinen mehr Neigung für die Anlage von Winterdeichen als von Sommerdeichen haben.

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 S. 357, § 23.) 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 bzw. 10 (s. oben S. 637), 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.

### § 146.

**Überlaufstellen.** Bei der Überflutung der Sommerdeiche sind diejenigen Stellen am meisten gefährdet, an welchen das Wasser zuerst überschlägt. Dies sind diejenigen Stellen, wo der Deich unter Beachtung des

beim Sommerhochwasser sich einstellenden Gefälles verhältnismäßig niedrig liegt. Die niedrige Lage kann schon bei der ersten Herstellung durch schlechte Schüttung oder nicht genügende Beachtung des Setzmafses vorgekommen sein, oder sich auch erst später durch ungewöhnlich starkes Setzen des Deiches oder durch Belastung infolge seiner Benutzung als Weg oder Übergang eingestellt haben. Nach diesen tiefen Stellen drängen sich die Wassermassen, hier findet der erste Angriff statt, hier ist später, wenn bei weiterem Steigen des Wassers der Deich in ganzer Länge überströmt ist, die Wassertiefe am grössten, also der Angriff des Wassers am stärksten. Um den Deich vor Schaden zu bewahren, muß dringend empfohlen werden, das erste Überlaufen des Wassers vorher zu bestimmen, indem man gewisse gut befestigte Stellen hierfür einrichtet. Diese heißen Überlaufstellen. Ihre Wahl ist abhängig in erster Linie von der Beschaffenheit des Flußlaufes und des äußeren Vorlandes; es muß die Möglichkeit gegeben sein, die für die Überflutung erforderlichen Wassermassen in der gewünschten Beschaffenheit und Menge in die Niederung einleiten zu können. Ferner ist die Lage der Überlaufstellen abhängig von der Beschaffenheit des Binnenlandes, des Polders selbst. Hier sind die Höhen des Deiches, die Beschaffenheit der Oberfläche der Niederung und die Gestalt der Niederung maßgebend. Es müssen für die Überläufe solche Stellen ausgewählt werden, hinter denen hohes Binnenland vorhanden ist, so daß 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, daß eine möglichst große 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. Gewöhnlich haben die Überlaufstrecken eine Länge von 50 bis 200 m.

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 kopfgroßen 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 muß in solchem Falle 1:12 betragen. Für die äußere Böschung ist eine Neigung 1:5 nötig, sobald Eisschub zu befürchten ist.

### § 147.

**Ausführung der Deiche.** Die Richtungslinie der Deiche muß 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 daß plötzliche Erweiterungen oder Verengungen des Hochwasserquerschnitts entstehen. Alle derartigen Unregelmäßigkeiten beeinflussen den Hochwasserabfluß ungünstig und gefährden damit die Deiche.

Der Bau der Deiche muß möglichst zeitig begonnen werden, so daß 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. Moos 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 % der Masse beträgt. 15 % sind nötig, um ein nachteiliges Schwinden zu vermeiden; 45 % 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 % Sandzusatz erfüllt.

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 Fest-

treten 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, dafs man entweder in der Mitte

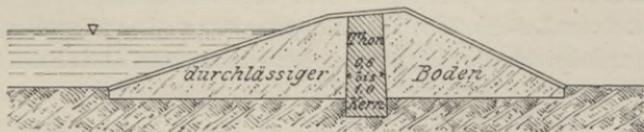


Fig. 604. Dichtung eines Deiches durch Tonkern.

des Deiches einen 0,6 bis 1 m starken wasserdichten Kern aus Tonboden herstellt (Fig. 604), oder dadurch, dafs man auf die Außenböschung eine 0,3 bis 0,6 m dicke Lage von Ton aufbringt (Fig. 605).<sup>1)</sup> Der Tonkern hat den Vorzug, dafs weniger Tonmasse gebraucht wird und die Dichtungsstelle vor Auswaschungen geschützt ist. Dagegen besteht der Nachteil,



Fig. 605. Dichtung eines Deiches durch Tonböschung.

dafs 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, dafs bei Beschädigungen der äufseren Böschung die dichtende Schicht selbst leidet. Nächst gutem Deichboden ist für eine feste Grasnarbe sowohl auf der äufseren wie inneren Böschung zu sorgen.

### § 148.

**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, dafs auch schwerere Teile des Bodens

<sup>1)</sup> Vergl. die Dichtung der Moordämme des holländischen Rheinkanals nach der Abhandlung des Verf. im Zentralbl. d. Bau-Verw. 1894, S. 153.

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 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

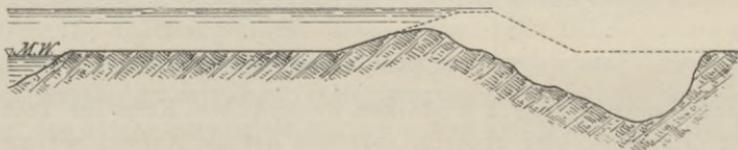


Fig. 606. Querschnitt durch einen Kolk.

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 Krone und innerer Böschung ab. Dadurch verliert die Krone ihren Halt und stürzt weiter nach. Die Seiten folgen, die Wassermasse und die Gewalt des Wassereinbruchs nimmt zu, je mehr Boden abbröckelt. Der blofsgelegte Deichkörper kann dem Einbruch nicht mehr genügend Wider-

stand entgegensetzen; ein starker, bis zum Fufs des Deiches und noch tiefer gehender Einrifs ist die unvermeidliche Folge.



Fig. 607. Wiederherstellung des Deiches nach dem Deichbruch.

Sowohl bei Grundbrüchen wie bei Kappenstürzen wird durch das einbrechende Aussenwasser der Boden des Binnenlandes hinter dem Deich tief ausgerissen. Es bildet sich ein

*Kolk* von mitunter 10 bis 15 und 20 m Tiefe (Fig. 606). Um die Durchbruchsstelle zu sichern, ihre Verbreiterung zu verhindern, müssen die Enden des durchbrochenen Deiches möglichst rasch durch Senkfaschinen und Faschinenpackungen befestigt werden.

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. 607). Die *Einlage* ist zweckmäfsiger, 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 ent-

zogen und bildet eine dauernde Deichgefahr, da er den Andrang des Qualmwassers (§ 12) 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. Ist dies eingetreten, so ist es angebracht, den Deich wieder in die alte Lage vorzurücken. Dies unterbleibt allerdings oft genug aus Mangel an Mitteln oder aus Nachlässigkeit, indem man die Vorzüge der gleichmäfsigen Linienführung des Deiches nicht gebührend würdigt.

Über die Gefahren, welche der Niederung durch die Winter-Eindeichung drohen, siehe §. 151.

### § 149.

**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, Schiffsegeln, 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 Unregelmäfsigkeit in der Beschaffenheit der Deiche mufs sofort erkannt, gemeldet und beseitigt werden.

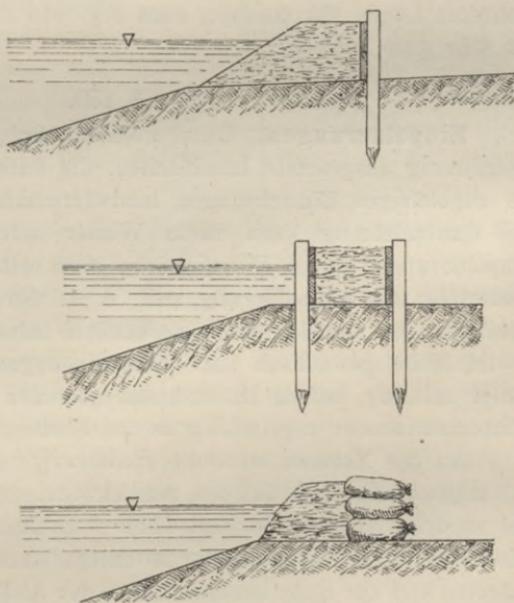


Fig. 608 bis 610. Aufkädungen.

*Quellen* an der Binnenböschung werden von der *Aufsenseite* 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 Senkfaschinen ausgefüllt.

In den meisten Fällen ist ein *Überlaufen* des Wassers über den Deich zu befürchten. Erreicht das Wasser eine gefährliche Höhe, so sind *Aufkudungen* oder *Aufkastungen* auszuführen.

Derartige *Aufkudungen* 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 Außenkante der Deichkrone zaunartig aufgestellt werden (Fig. 608). Die Pfähle werden in 1,5 m Entfernung in den Boden getrieben und Bretter leicht dagegen genagelt; aufsenseitig vor den Brettern wird Dünger und guter Deichboden geschüttet und festgestampft. Oder es werden nach Fig. 609 zwei niedrige Pfahlwände mit eingestellten Brettern fangdammartig angeführt und dazwischen Erde eingefüllt, die der größeren Dichtigkeit wegen gleichfalls zu stampfen ist. Auch eine Reihe von Sandsäcken in mehreren Lagen übereinander nach Fig. 610 mit Düngeranschüttung davor tut sehr gute Dienste.<sup>1)</sup>

### § 150.

**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 Mafsnahmen getroffen werden, um das fruchtbare Winterhochwasser regelmäfsig in die Niederung eintreten zu lassen.

An der Nordsee wird die *Polderreife* dadurch künstlich gefördert, dafs man zur Ebbezeit auf dem Schlickwatt, sobald es betretbar ist, Gräben und niedrige Dämme (s. Fig. 611) — in Holland auch Flechtzäune und Faschinendämme — planmäfsig so anlegt, dafs das Flutwasser ungehindert eintreten und zur Ruhe kommen kann, der Abfluß des Ebbewassers dagegen verzögert wird (vergl. Teil I, S. 69, Fußnote 2). Auf diese Weise wird bei jeder Tide eine geringe Menge Schlick auf der Oberfläche des Watts und besonders in den Grippen und Gräben zurückgehalten. Die Grippen und Gräben werden alljährlich geräumt; der Abraum wird zur Erhöhung auf die Beete verteilt. So wird in Ostfriesland 2,5 bis 5 cm

<sup>1)</sup> Mit derartigen Aufkudungen aus Sandsäcken gelang es im Jahre 1881, den Rheindeich bei Ruhrort zu verteidigen.

Höhe in jedem Jahre gewonnen, so daß 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 seit einigen Jahren 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. §§ 22 bis 31). Die Binnengräben dürfen sich nicht zu sehr dem Deiche nähern, weil sie ihn sonst leicht

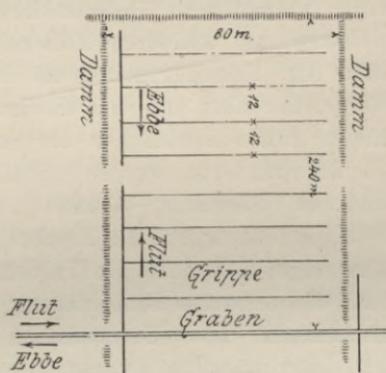


Fig. 611.

Förderung der Polderreife auf dem Watt.

<sup>1)</sup> So wurden derartige Dämme von der Hallig Oland einerseits nach dem Festlande auf 4,5 km, andererseits nach der Hallig Langenels auf 3,5 km Länge ausgeführt, ferner von der Hamburger Hallig und der Insel Nordstrand nach dem Festlande.

gefährden und zu Durchquellungen von Drängewasser Veranlassung geben. Zur Abhaltung des fremden Höhenwassers sind Randgräben anzulegen.

Polderanlagen mit Sommerdeichen sind in kleinem Umfange vielfach ausgeführt, in größerem Umfange dagegen selten. Man findet in Deutschland größere Sommerpolder im Flußgebiet des Rheins und der Oder, z. B. in der Nähe von Schwedt und im Oderbruch. An der mittleren Oder zwischen Oppeln und der Neißemündung werden gegenwärtig sogen. Überlaufpolder angelegt. Diese haben den Zweck, die Durchflutung der Niederung durch das Hochwasser der Oder in so wirksamer Weise zu ermöglichen, daß dadurch eine Absenkung der Hochwasserhöhe erreicht wird. Polder mit Winterdeichen sind überall und in großer Zahl 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 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 wird die teilweise Einpolderung und Trockenlegung der Zuider See sich anschließen. Dies Unternehmen beschäftigt die Holländer seit langer Zeit. Der kürzlich eingebrachte Gesetzentwurf beschränkt sich darauf, die Insel Wieringen mit dem Festlande zu verbinden, um dadurch eine Landfläche von 195 000 ha Größe zu gewinnen.<sup>1)</sup>

### § 151.

**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>2)</sup>

Die leicht errungenen und blendenden Erfolge reizen zur Nachahmung. Es wird daher die Anlage von Winterpoldern und die dadurch ermöglichte Beackerung der eingedeichten, tiefliegenden Ländereien 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, die früher in reichen Mengen

<sup>1)</sup> Vergl. De Ingenieur 1907, S. 915 und 1908, S. 43; Engineer 1908, S. 207; Zentralblatt der Bauverwaltung 1908, S. 143.

<sup>2)</sup> Im Mitteloderbruch hat man unmittelbar nach der Entwässerung drei Jahre hintereinander ohne Düngung Gerste bauen können.

vorhanden waren, sind verbraucht und durch Dungstoffe nicht genügend ersetzt. Der vollkommene Ersatz durch neue Düngung ist sogar durch die örtlichen Verhältnisse oft unmöglich geworden: es haben sich die nachteiligen Einwirkungen des Kuver- und Drängewassers (s. § 12) bemerklich gemacht. Die Wassermassen laugen nicht allein die Nährstoffe des Düngers aus, sondern entziehen auch dem Boden die in ihm vorhandenen Nahrungstoffe und führen sie fort. Hierdurch vor allem tritt eine Schädigung der Landwirtschaft infolge der winterlichen Bedeichung tief belegener Ländereien ein. 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 und laugt ihn mit zunehmenden Jahren immer stärker aus. Denn die Menge des Drängewassers nimmt stetig zu, weil die Wasserwege im Boden sich von Jahr zu Jahr erweitern und dadurch das Eindringen des Grundwassers erleichtern. Deshalb nehmen auch die Pumpkosten bei Winterpoldern mit den Jahren zu.<sup>1)</sup>

Zu diesen schwerwiegenden wirtschaftlichen Nachteilen der Winterpolder kommen die Gefahren, welche durch Brüche der Winterdeiche entstehen (vergl. § 148). Das Wasser wühlt tiefe Kolke in der Niederung neben und unter dem Deiche auf, vermischt sich mit dem Sand und Kies, der den Untergrund der Flusstäler gewöhnlich bildet, und überschüttet die fruchtbare Niederung mit diesen wertlosen Bodenarten, ausgedehnte 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 der Elbe im Jahre 1888. Durch besondere Notstandsgesetze hat der Staat dem dadurch entstandenen Unglück abzuhelfen 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

<sup>1)</sup> Das Haarlemer Meer wurde anfänglich allein durch das Schöpfwerk von Cruquius entwässert, jetzt sind 4 Schöpfwerke hierzu erforderlich.

wurde, und gleichzeitig zufolge äusserer Einflüsse, wie Krieg oder dergl., die Deiche nicht sorgfältig genug unterhalten waren.<sup>1)</sup>

### § 152.

**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.

<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.

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 Regelung 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 ist es wirtschaftlich richtig, mit ihr zu rechnen, die Flufsniederung so zu benutzen, daß der Schaden eines Deichbruches so gering wie möglich wird.

Die gefährlichen Hochwasser treten im Winter und Frühjahr, also in der vegetationslosen Zeit auf. Die Hochwasser, welche der Sommer bringt, sind weniger gefährlich, denn sie sind nie mit Eisgang oder Eisversetzungen verbunden und erreichen nur selten die Höhe der Frühjahrschmelze. Gegen derartige Wasser können die Winterdeiche wohl geschützt werden. Eine Überflutung in der vegetationslosen Zeit ist aber Wiesen und Weiden nicht schädlich, sondern nützlich.

Eine Minderung der Hochwassergefahren in den Flufsniederungen ist sonach dadurch zu erreichen, daß eine gänzliche Trockenhaltung der Niederung in ihren tiefsten Teilen während des Winters aufgegeben wird, die Ackerwirtschaft in diesen tiefen Lagen aufgehoben und hier 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 den tiefen Teilen der Polder, welche als Wiese benutzt und überflutet werden, zurückgehalten und als Dungstoffe verwertet.

<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).

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 Flufs durch Aufnahme von Sinkstoffen zur Verlandung gelangen, die eingedeichte Niederung hiervon ausgeschlossen ist.

c) Weiter vermindert das eingelassene Flufswasser das Eindringen des schädlichen unfruchtbaren Qualmwassers und vermindert dadurch das Auslaugen des Bodens. Das Qualmwasser tritt gerade in den tiefsten Teilen der Niederung auf. Es genügt daher zu seiner Zurückhaltung die Überflutung dieser tiefsten Teile. Ein vollkommener Ausgleich der Wasserstände binnen- und außenseits ist 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 Kuerwasser, die Bildung von Wasseradern am Fuß des Deiches.

e) Das in die Niederung eingelassene Hochwasser nimmt den etwa vorkommenden 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 den ausschließlich zur Grasnutzung angelegten tiefen Teilen der Niederung eine feste Grasnarbe, die dem strömenden Wasser einen sicheren Widerstand entgegensetzt. Das Aufwühlen tiefer Kolke, die in der losen Ackerkrume sich leicht bilden und mit dem unfruchtbaren Untergrundsand weite Flächen der Niederung verwüsten, wird verhütet. Während das Hochwasser in Ackerniederungen 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.

### § 153.

**Anlage von Sommerdeichpoldern.** Die Sommerdeichpolder unterscheiden sich von den Winterpoldern dadurch, daß sie nicht wie diese während des ganzen Jahres trocken bleiben, sondern daß in der vegetationslosen 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 *Einlafsschleuse* 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 *Stauschleusen* erhalten.

Ein gutes *Binnengrabennetz* zur schnellen und vollständigen Entwässerung der Niederung nach der Überflutung im Frühjahr ist wie bei jeder Niederung anzulegen. Es mündet wie bei einem Winterpolder in einer *Auslafsschleuse* mit *Schöpfwerk*.

Außer den genannten Einrichtungen sind unter Umständen Anlagen erforderlich, durch welche in trockenen Sommermonaten eine Durchfeuchtung der Niederung geschehen kann. Es sind zwar die Niederungen, welche in der vegetationslosen Zeit monatelang unter Wasser standen, so vom Wasser durchzogen, daß sie einen trockenen Sommer viel besser ertragen können, als andere Grasflächen, die während des Winters trocken blieben. Stellt sich aber dennoch eine sommerliche Anfeuchtung als wünschenswert heraus, so kann die für die Anfeuchtung genügende geringe Wassermenge leicht durch ein kleines Schöpfwerk gewonnen werden.

Das in die Niederung eingelassene fruchtbare Winterwasser wird entweder nach den Grundsätzen der gewöhnlichen *Überstauung* (§ 122) oder der *Stauberieselung* (§ 123) 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 Auslafsschleuse 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 Auslafsschleuse 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 Einlafsschleuse ist der Zufluß nach dem Wasserstande des Flusses zu regeln.

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 er-

möglichst. 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 u. U. 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 Einlaßschleuse eine einmalige Füllung des Polders stets ausführbar. Sie erfolgt gewöhnlich durch das Frühjahrswasser, mitunter auch durch das Herbstwasser.

### § 154.

**Berechnung der Bauwerke bei Sommerdeichpoldern.** Die *Einlaßschleuse* 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 Wasserstände maßgebend sein, dann nämlich, wenn die Zahl der Tage mit genügend hohem Wasserstände für die Benutzung der Einlaßschleuse in diesem Winter sehr klein war, so daß es schwer geworden wäre, die großen Wassermengen rechtzeitig einzulassen. Nach den wirklich vorgekommenen Wasserständen des hiernach ermittelten wasserärmsten Winters, deren Höhe an der Baustelle für die Einlaßschleuse aus den Pegelablesungen und dem Gefälle des Flusses berechnet wird, ist die Breite und Sohlentiefe der Einlaßschleuse 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 Einlaßschleuse kann aus mehreren einzelnen Öffnungen bestehen. Jede dieser Öffnungen ist, wenn möglich, so einzurichten, 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 *Auslaßschleuse* 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 Schöpfen 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 zu erhöhen, und dafür an Anlage- und Betriebskosten für das Schöpfwerk zu sparen.

Bei der Berechnung des Binnengrabennetzes 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, und daß der Hauptbinnengraben in seinem mittleren Teil die geringste Breite hat.

## 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.
- Backhaus, Die Wasserwirtschaft Frankreichs. Mitt. d. Deutsch. Landw.-Ges.  
1905, Stück 32.
- Barral, J. A., Les irrigations dans le département des Bouches du Rhône.  
Paris 1876.
- van Bebbber, Lehrbuch der Meteorologie. Stuttgart 1890.
- Berg, Die Entwässerung des Blocklandes im Gebiete der freien Hansestadt  
Bremen. Hannover 1864.
- Börnstein, R., Leitfaden der Wetterkunde. 2. Aufl. Braunschweig 1906.
- Braasch, Dr. A., Die Petersensche Wiesenbaumethode. Leipzig 1879.
- Breme, H., 182 Tafeln zur graphischen Berechnung der Wassermengen usw.  
Freiburg i. Schw. 1889.
- Brückner, E., Klimaschwankungen seit 1870 usw. Wien und Olmütz 1890.  
(Pencks Geogr. Abhandl. Bd. IV.)
- Danckwerts, Matz und Hagens, Die Eindeichung und Entwässerung des  
Memeldeltas. In d. Ztschr. f. Bauwesen. Berlin 1902, S. 35.
- 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. 4. Aufl.  
Braunschweig 1907.
- Elliott, Charles G., Engineering for Land Drainage. New York 1903.
- Eyth, M., Das Wasser im alten und neuen Ägypten. Vortrag entn. d. „Nach-  
richten a. d. Klub d. Landwirte zu Berlin“. Berlin 1891.
- Faure, Drainage et assainissement agricole des terres. Paris 1903.
- Fecht, H., Das Meliorationswesen in Elsass-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.
- Friedrich, A., Kulturtechnischer Wasserbau. 2. Aufl. Berlin 1907.
- Bodenmeliorationen in Italien. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1902, S. 52.
- Meliorationsanlagen des Dortmund-Emskanals. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Baudienst 1902, S. 889.
- Fries, Dr. C. F. E., und Dünkelberg, Dr. F. W., Lehrbuch des Wiesenbaues. 2. Aufl. Braunschweig 1866.
- Fuchs, Dr. E., Der Petersensche 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 Oderbruches. Berlin 1892.
- Uferdeckungen durch Binsen, Rohr, Schilf und Weiden. In d. Ztschr. f. Bauwesen. Berlin 1897, S. 453.
- Regen, Grundwasser, Quellen und stehende Gewässer. Im Handb. d. Ingenieurwissenschaften. Dritter Teil, I. Bd. Gewässerkunde. 4. Aufl. Leipzig 1905.
- Gerson, G. H., Flusregulierung 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, Klub der Landwirte. 1898.
- Graf, E., Die Deichschau am Niederrhein. Berlin 1899.
- Gravenstein und Dorp, Entwässerungsprojekt für die Niederung Calcar-Nymwegen. Düsseldorf 1883.
- Haffer, Die Melioration der Tuchelschen 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: Dessèchement du lac Fucino. Halle 1879.
- L., Die Trockenlegung des Haarlemer Meeres. Sonderabdruck a. d. Ztschr. f. Bauwesen. Berlin 1860.
- Dr. Siegf., Die Berliner Rieselfelder. Berlin 1904.
- Hefs, A., Die Entwässerung des Wietzebruches und die Bewässerung durch Leinewasser. 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 Ztschr. 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.

- Hefs, A., Fortschritte im Meliorationswesen. Leipzig 1892.
- Meliorationen (Landwirtschaftliche Verbesserungen). Im Handb. d. Ingenieur-Wissenschaften. III. Bd. Leipzig 1897.
- Heuschmid, Landesmelioration, Moorkultur, Arrondierung und Spüljauchenberieselung. 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.
- Härten, F., Kurventafeln zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit unter Druck liegender Bauwerke in Entwässerungs- und Bewässerungsgräben. Berlin 1897.
- John, Dr. E., Zeitschrift für die deutsche Drainierung. Berlin 1852 bis 1857.
- Keller, H., Entsepfung der Niederungen in Ober-Italien. In der Ztschr. f. Bauwesen 1887, S. 578.
- Auflandungsanlagen in Italien. Im Zentralblatt der Bauverwaltung. Berlin 1893, S. 528.
- King, F. H., Irrigation und Drainage. New York 1904.
- 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 usw. Heft 1. Berlin 1902.
- Kolkwitz, Pritzkow und Schiemenz, Zwei gutachtliche Äußerungen, betr. die Abwässer- und Vorflutverhältnisse einer Zellulosefabrik bei Kattowitz. A. a. O., Heft 10, 1908.
- Kopp, Anleitung zur Drainage. 3. Aufl. Frauenfeld 1902.
- Kreuter, Praktisches Handbuch der Drainage. 3. Aufl. Wien 1887.
- Krüger, Die Besiedelung der ostfriesischen Domänen-Moore. Ztschr. d. Arch- und Ing.-Ver. zu Hannover 1890, S. 346.
- Beiträge zur Kenntnis der Wasserwirtschaft der Vereinigten Staaten Nord-Amerikas. Mitt. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1906, Heft 119.
- Kutter, W. R., Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen. Berlin 1897.
- Lentz, Die Melioration des Unstruttals von Heldrungen bis Bebra. Halle 1867.
- Löwe, Wassermengen in Kanälen und Drainagen. Lissa 1905.
- 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 Rimpauschen Moordammkultur. 3. Aufl. Berlin 1904.
- Mattern, E., Der Talsperrenbau und die deutsche Wasserwirtschaft. Berlin 1902.
- Mensing, W., Kanal-Tafeln. Bautzen 1907.
- 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, Binnenschiffahrt, Nutzbarmachung von Wasserkraft usw. Berlin 1866.

- Müller, Die amerikanische Bewässerungswirtschaft. Berlin 1894.
- v. Münstermann, Denkschrift zu dem Entwurfe 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.
- Newell, F. H., Irrigation in the United States. New York 1902.
- Patt, G., Tabellen zur Ermittlung der Wassergeschwindigkeiten und Wassermengen. Kassel 1902. Selbstverlag des Verf.
- 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.
- Prüfsmann, Wasserbauten in Ägypten. Österr. Wochenschr. f. d. öff. Bau-dienst 1904, S. 866.
- v. Raumer, Das Petersensche Be- und Entwässerungssystem. Berlin 1870.
- Rheinhard, Anleitung für die Pflege der Bewässerungswiesen. In d. Ztschr. f. Baukunde 1883, S. 355.
- Risler et Wery, Irrigations et drainages. Paris 1904.
- Rufs, Das Deichwesen an der unteren Elbe. Berlin 1870.
- v. Saint-Paul, Über Wiesen-Melioration und Kompost-Bereitung. 3. Aufl. Königsberg 1870.
- Salfeld, Dr., Wiesen- und Ackerwirtschaft auf Hochmoor. Heft 4 der Landwirtschaftskammer f. d. Prov. Hannover 1903.
- v. Samson-Himmelstjerna, H., Die Wasserwirtschaft als Voraussetzung und Bedingung für Kultur und Friede. Neudamm 1903.
- Scheck, R., Faschinenbauten. Berlin 1885.
- Schewior, G., Hilfstafeln zur Bearbeitung von Meliorationsentwürfen. Berlin 1907.
- Schickert, Wasserwege und Deichwesen in der Memelniederung. Königsberg i. Pr. 1901.
- Schlichting, Die Deiche am Niederrhein. Ztschr. f. Bauwesen 1883, S. 283.
- Schüngel, A., Tafeln zur graphischen Ermittlung der Wassergeschwindigkeit usw. Hannover 1901.
- v. Seelhorst, Dr. C., Acker- und Wiesenbau auf Moorboden. Berlin 1892.
- Stockmayer, K., Die Behandlung und Pflege der Wiesen. Leipzig 1888.
- Strecker, Dr. W., Die Kultur der Wiesen. 2. Aufl. Berlin 1906.
- Toussaint, F. W., Anleitung zum rationellen Grasbau mit spezieller Berücksichtigung der Petersenschen 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
- Grundlehren der Kulturtechnik. Erster Band. II. Teil. 4. Auflage. 42

- Turrentin, C., Die Petersensche 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.
- Willecocks, W., Egyptian Irrigation. 2nd edition. London and New York 1899.
- Wilson, Herbert M., Manual of Irrigation Engineering. New York 1901.
- Wulsch, A., Die landwirtschaftliche Verwertung der städtischen Kanalwässer. Posen 1903.
- Wurffbain, Nachrichten über Landes-Meliorationen, insbesondere über die Melioration der Boker Heide in der Provinz Westfalen durch Ent- und Bewässerung. Berlin 1856.
- Zajicek, 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. 613 auf folgender Seite) ist bei *A* ein neu eröffneter Steinbruch eingetragen, welcher die Steine

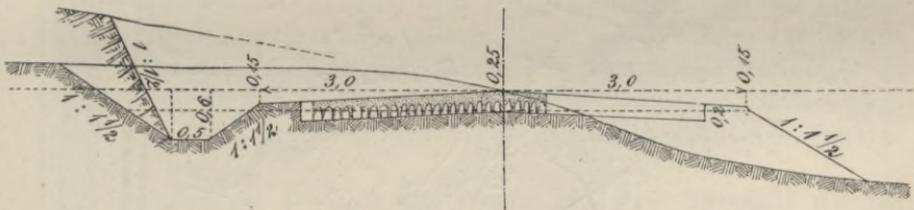


Fig. 612.

zu mehreren Brückenbauten im Flusstal liefern soll. Es handelt sich um eine Verbindung des Steinbruches mit der Chaussee, die 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 landestübliche Pferdefuhrwerk entschlossen, mit Steigungen nicht über 1:20 und dem Normalprofil der Fig. 612. Die befestigte Fahrbahn nimmt (starke Wegkrümmungen ausgenommen) nur die Hälfte der Wegbreite ein, da die leer aufwärtsgehenden 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. 612 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.

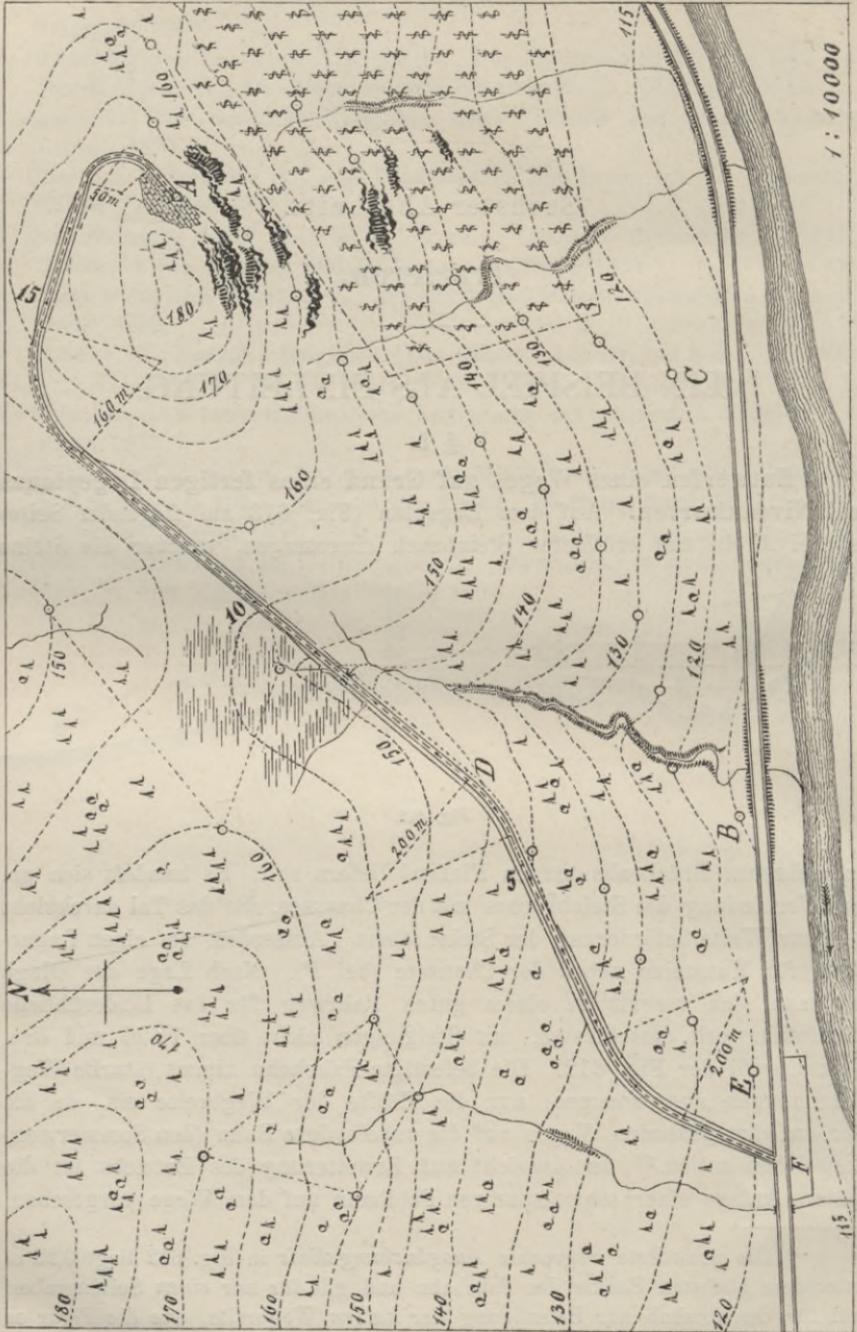


Fig. 613.

$A$  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 schliesslich dafür eingelegte, aus Geraden und Kreisbogen gebildete Zug mildert auch noch dieses 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 Anschmiegung an das Gelände. Zu dem Ende wird das Geländeprofil, dem Zuge  $FDA$  folgend, aus der Karte entnommen und gemäß Fig. 614 (S. 662) aufgetragen, die Leitlinie dann so eingezeichnet, daß sie nicht zu oft gebrochen erscheint, daß aber dennoch nur geringe Auf- und Abträge vorkommen. Über die Wasser-rinnen, 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 natürlicher Wasserrinnen durch den Weggraben bis zum gemeinsamen Durchlaß empfehlen.

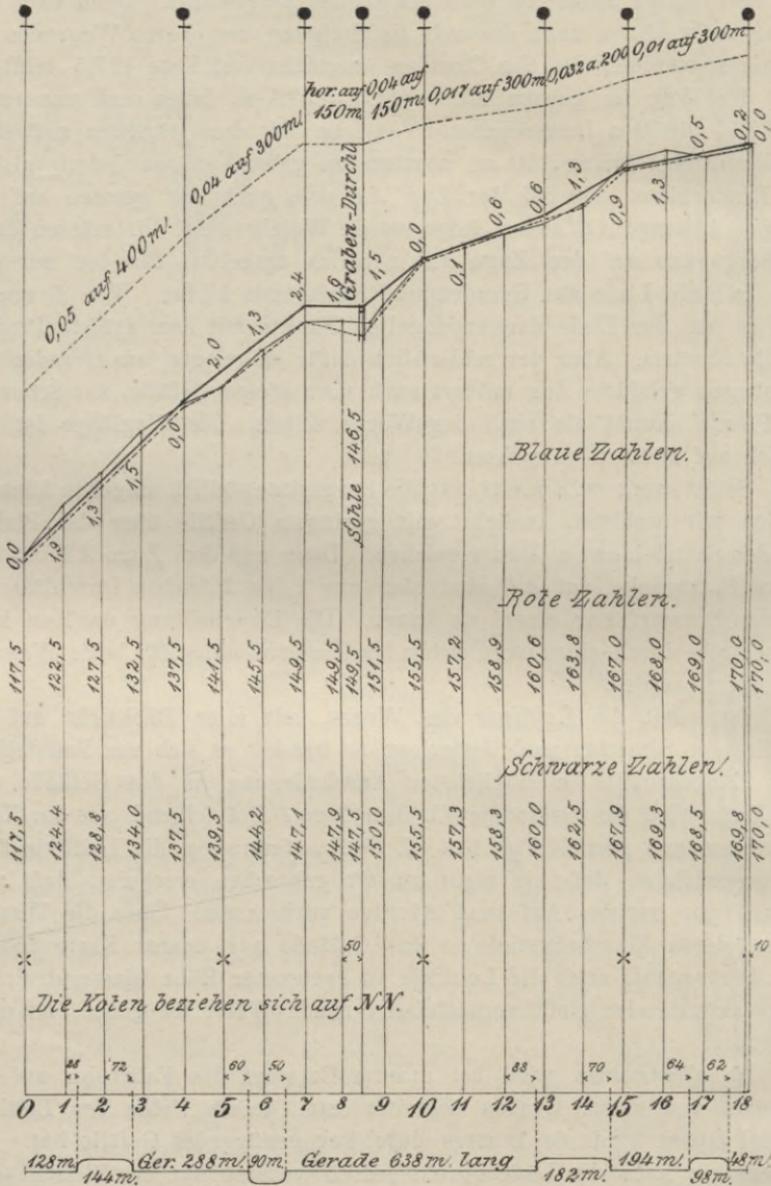


Fig. 614.

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. 615 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 Böschungsrandlinie vervollständigt. Die Randlinien von Dammböschungen sind im Plane punktiert.

Wie man sieht, geben die punktierten Verbindungslinien in Fig. 615 ein vollständiges Bild (und zwar bei der gewählten Reihenfolge der Profile ein Spiegelbild) des Weges im Grundrifs, unter der Voraussetzung, daß

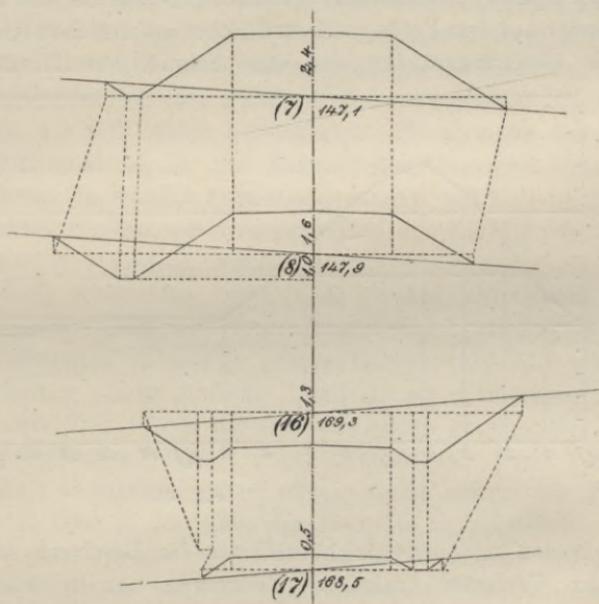


Fig. 615.

<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, das die wirklichen Böschungsränder auf dem Felde rasch und sicher aufzusuchen lehrt. — Dem Verfahren, die Böschungsränder aus dem Schnitt von Niveaukurven, denen des

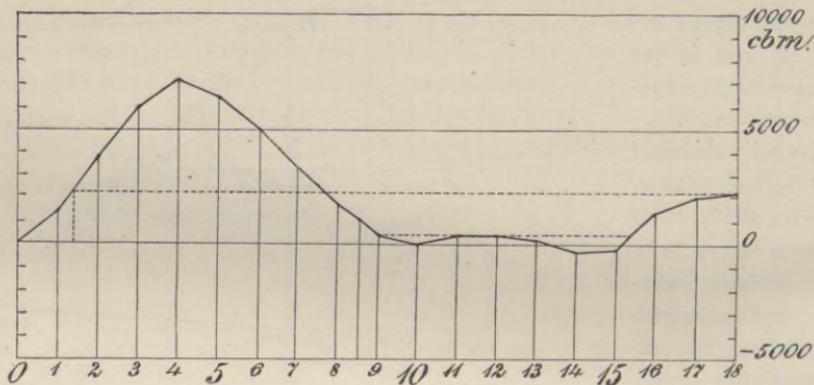


Fig. 616.

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 Niveaukurven des Geländes erst aus den Querprofilen zu entwerfen wären, würde das umständlichere Verfahren zugleich das minder genaue sein.

Da die Mehrzahl unsrer 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 Wegkronen 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. 616) 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 verliessen 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 Bauungsplan 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. 613) 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, das 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, so daß 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, so daß 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

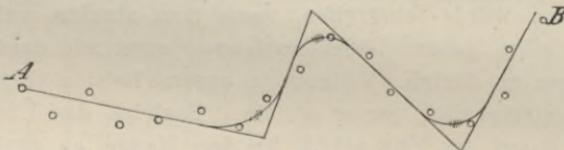


Fig. 617.

und diese berührende Kreise ersetzt (Fig. 617). 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 aufgehobene 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 Profildseite 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 Reifsboden 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 Tracierarbeiten.** 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 Übertragung desselben in das Gelände. Einzelne dieser Arbeitsstufen abzukürzen, können zwei Wege eingeschlagen werden: entweder die Herstellung möglichst umsichtig und vollständig bearbeiteter kotierter Pläne, so daß 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, so daß 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 der Baustoffe, die Menge und Geschwindigkeit des Wassers in den Wasserläufen rechnen,

welche für unsere 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 Grundrifs und Höhenlage, die Wahl des Normalprofils, die Anordnung der „Kunstabauten“ (Brücken, Durchlässe usw.), 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 ungezwungen 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 Grundrifs aus Geraden und Kreisbogen zusammensetzt, das Abstecken solcher 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 Kunstabauten.

## 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. 613 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 usw., 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 usw.) Vergl. Fig. 618.

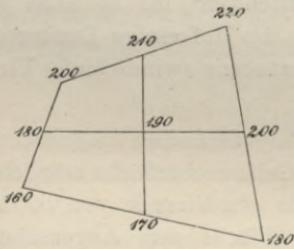


Fig. 618.

Die Schnitte von Ebenen mit windschiefen Vierecken sind entweder Gerade, und dann von den eben bezeichneten Eigenschaften, oder Hyperbeln. Daher sind auch die Niveaukurven 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 Niveaukurven des Vierecks. Im allgemeinen setzen sich daher die Niveaukurven 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 Niveaukurven hingegen das daraus Abgeleitete, die Ausnahmefälle abgerechnet, wo die Niveaukurven 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 durch Endstriche 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. Auch wird so die Forderung erfüllt, die man an jede Ableseskala stellen sollte, dafs nämlich die Zahlen in *dem* Felde stehen, in dem sie die Anfangsziffern der Ablesung bilden, hier also die Anfangsziffern der Koten aller Punkte des Feldes.

Wenn die Kanten des Reliefpolyeders in den Plan eingetragen werden sollen, so ist es klar, dafs sie sich auch in den Feldskizzen vorfinden müssen. Verläfst man sich auf das Gedächtnis, so werden oft sehr unrichtige Verbindungslinien zwischen den Polyederecken gezogen und wird dem Gelände so eine ihm fremde Gestalt beigelegt. Ganz zu verwerfen ist der Rat, man solle, um die Kote irgend einer Geländestelle aus den aufgenommenen Polyederecken abzuleiten, alle jene Verbindungslinien je zweier Ecken ziehen, welche zufällig über die fragliche Stelle hingehen, und dann aus den interpolierten Koten das Mittel nehmen. Dies Verfahren fußt nicht auf klaren Vorstellungen von dem, was man mittels der über das Feld zerstreuten Geländepunkte aufnehmen *soll* und *kann*. Das Reliefpolyeder ist eine in sich geschlossene, eindeutig bestimmte Fläche, die sich in ihren Eckpunkten völlig, in ihren Kanten und Seitenflächen nahezu dem wirklichen Geländere relief anschmiegt. Jene Diagonalen aber, die beliebige Polyederecken miteinander verbinden, hüllen beide, das wirkliche Relief und den Ersatzkörper, nach unten und oben in ein wirres Gespinnst von Linien ein, die keiner der beiden Oberflächen angehören.

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 blofsen 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, dafs man nicht nur die Polyedereckpunkte, sondern auch die Kanten des Reliefpolyeders im Felde festzustellen und in Skizzen und Pläne einzutragen habe, der bedenke, dafs 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 dafs 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 Längenprofils legt. Die Polyederkanten, die in das Querprofil fallen, werden im Felde sowohl als in den Plänen deutlich markiert. Seltener sieht man auch jene Kanten aufgezeichnet, die 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.

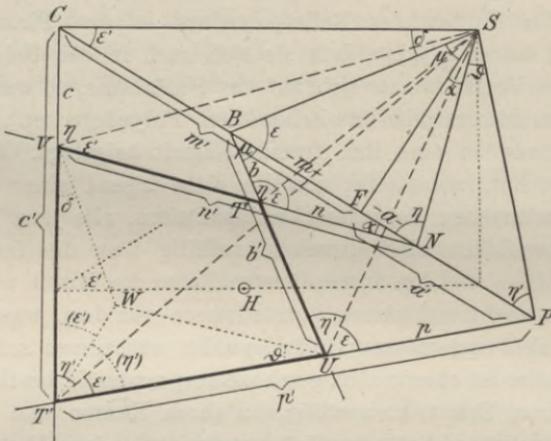


Fig. 619.

Von jeher sind auf Grund der Quadratnetze sowohl als auf Grund der Längs- und Querprofile *alle Konstruktionen auf dem Plane und die Berechnung der Erdmassen* unter der Voraussetzung erfolgt, dafs 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 Niveaulinien, 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 gröfsere Abweichungen vor. Ihnen Rechnung zu tragen, indem man die Niveaukurven ab und zu an den *eingeschalteten* Höhenpunkten aufsen 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 mufs 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.

Beim Entwerfen von Niveaukurven im windschiefen Viereck wird man sich meist auf Einschaltung von Punkten in zwei Seiten und in eine dritte Gerade beschränken, welche die zwei Gegenseiten halbiert oder vierteilt. Selten wird die Aufgabe gestellt, *zwei Gerade durch einen gegebenen Punkt* (von beliebiger Situation) *im windschiefen Viereck zu ziehen*. Da diese Geraden die Gegenseiten nach gleichem Verhältnis teilen, so ist auch jede Projektion der letzteren nach dem nämlichen Verhältnis geteilt. Die Aufgabe kann also für gelöst gelten, wenn wir im *Grundrifs* des windschiefen Vierecks durch einen seiner Lage nach gegebenen Punkt zwei Gerade ziehen, die je ein Paar Gegenseiten nach gleichem Verhältnis teilen. Diese Konstruktion war bisher, wenn man von Näherungslösungen absieht, nur ausführbar nach Auflösen einer quadratischen Gleichung. Neuerdings hat Landmesser Johannes Schnöckel ein kurzes graphisches Verfahren<sup>1)</sup> dafür angegeben, das hier der Hauptsache nach mitgeteilt und (in anderer Folge) abgeleitet werden soll.

In der Ebene sei eine unbegrenzte Gerade  $CP$  und ein Punkt  $S$  gegeben (Fig. 619). Man fälle das Lot  $SF$  auf  $CP$  und ziehe einerseits die Strahlen  $SB, SC$ , andererseits  $SN, SP$ , sodann rechtwinklig darauf die Strahlen  $BT, CT'$ ;  $NT, PT'$ .<sup>2)</sup> Dadurch werden auf diesen Normalen,

<sup>1)</sup> J. Schnöckel, Lösung einer geometrischen Aufgabe in bezug auf kotierte Pläne; Zeitschr. f. Math. und Physik 56. Band 1908, Heft 3 und Zeitschr. f. Vermessungswesen 1908, S. 953 ff.

<sup>2)</sup> Rechtwinklig auf  $SF$  denke man sich einerseits  $FP$ , andererseits  $FC$  gezogen.  
Grundlehren der Kulturtechnik. Erster Band. II. Teil. 4. Auflage. 43

sowie auf der Geraden  $CP$  Strecken von gleichem Verhältnis abgeschnitten, nämlich:

$$\begin{aligned} a : b : c &= a' : b' : c' \\ m : n : p &= m' : n' : p'. \end{aligned} \tag{1}$$

Nimmt man (1) bereits als erwiesen an, und denkt sich die rechtwinklig gebrochenen Strahlen  $SFP, SBT, SCT'$  einerseits,  $SFC, SNT, SPT'$  andererseits beliebig vermehrt, so entstehen aus ihren abgelenkten Teilen zwei Systeme von Geraden, die sich gegenseitig nach gleichem Verhältnis der einander zugeordneten Teilstrecken zerlegen. Wir können sie als Grundrifs der beiden Systeme von Geraden eines (erweiterten) windschiefen Vierecks, z. B. des in  $TUT'V$  abgebildeten, auffassen. — Nun ist es leicht, die beiden dem Punkte  $H$  zugehörigen Geraden zu zeichnen: man läßt den einen Schenkel eines rechten Winkels (auf Pauspapier) durch  $S$  gehen und den Scheitel auf  $FP$  (oder  $FC$ ) gleiten, bis der freie Schenkel durch  $H$  geht, wie es die feinpunktierte gebrochene Linie darstellt.

Zum Beweis von (1) liefert die Figur:

$$a = SF \operatorname{tg} \alpha; \quad m = SF \operatorname{tg} \mu \tag{2}$$

und das Dreieck  $BNT$ :

$$b = \frac{a + m}{\sin(\alpha + \mu)} \sin \alpha; \quad n = \frac{a + m}{\sin(\alpha + \mu)} \sin \mu,$$

woraus gemäß (2) und nach Umwandeln von  $\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \mu$  in ein Monom wird:

$$b = SF \operatorname{tg} \alpha \operatorname{sec} \mu = a \operatorname{sec} \mu; \quad n = SF \operatorname{tg} \mu \operatorname{sec} \alpha = m \operatorname{sec} \alpha. \tag{3}$$

Auf demselben Wege findet sich:

$$\begin{aligned} b' &= a' \operatorname{sec} \mu; & n' &= m' \operatorname{sec} \alpha; \\ c &= a \operatorname{sec}(\mu + \delta); & p &= m \operatorname{sec}(\alpha + \mathcal{J}) \text{ usw.} \end{aligned}$$

Die hieraus folgenden Verhältnisse:

$$\left. \begin{aligned} a : b &= \cos \mu; & m : n &= \cos \alpha; \\ a' : b' &= \cos \mu; & m' : n' &= \cos \alpha; \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a : c &= \cos(\mu + \delta); & m : p &= \cos(\alpha + \mathcal{J}); \\ a' : c' &= \cos(\mu + \delta); & m' : p' &= \cos(\alpha + \mathcal{J}); \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{aligned} \right\} \tag{4}$$

bestätigen die Proportionen (1) und rechtfertigen die daraus gezogenen Schlüsse.

Wenn nichts gegeben, als der Grundrifs  $TUT'V$  eines windschiefen Vierecks und die Lage von  $H$ , so muß zunächst  $S$  konstruiert werden, wonach durch Fällen von Loten  $SB, SC, SN, SP$  auf die Seiten des Vierecks die Lage der Geraden  $CP$  in vier Punkten, also mit Probe festgestellt wird. Zum Aufsuchen von  $S$  leiten folgende Betrachtungen, nachdem die gestrichelten Strahlen von  $S$  aus gezogen sind.

Zu beweisen, daß  $BTS = FNS = \eta$  und  $STN = SBF = \varepsilon$ . Aus den gleichnamigen Dreiecken findet sich mit Rücksicht auf (3):

$$\operatorname{tg} BTS = \frac{SF \sec \mu}{b} = \frac{SF}{a} = \cot \alpha = \operatorname{tg} \eta;$$

$$\operatorname{tg} STN = \frac{SF \sec \alpha}{n} = \frac{SF}{m} = \cot \mu = \operatorname{tg} \varepsilon.$$

Hieraus folgen Ähnlichkeiten der Dreieckspaare:

$$BST \sim FSN \text{ und } NTS \sim FBS,$$

und auf gleichem Weg sind alle übrigen, durch gleiche Buchstaben  $\varepsilon, \eta, \varepsilon', \eta'$  angedeuteten Winkelgleichheiten gewonnen.

Man sieht nun aus der Figur, daß, wenn  $\varepsilon'$  und  $\eta'$  gefunden und an die Vierecksseiten  $VT$  und  $UT$  angelegt sind, ihre Schenkel  $VS$  und  $US$  durch ihren Schnitt den Punkt  $S$  bestimmen.

Aufsuchen von  $\varepsilon'$  und  $\eta'$ . Das Parallelogramm  $VTUW$  liefert die  $\sphericalangle \delta$  und  $\vartheta$  in den Spitzen  $V$  und  $U$  zweier Dreiecke  $VWT'$  und  $UWT'$ , die den Dreiecken  $SBC$  und  $SNP$  der Reihe nach ähnlich sind, weil sie aufser den genannten Winkeln die Verhältnisse der anliegenden Seiten gleich haben, nämlich:

$$SB : SC = VW : VT' = \sec \mu : \sec (\mu + \delta)$$

und

$$SN : ST = UW : UT' = \sec \alpha : \sec (\alpha + \vartheta),$$

da ja aus der Erweiterung von (3) geschlossen werden kann:

$$(b' - b) : (c' - c) = \sec \mu : \sec (\mu + \delta) \text{ usw.},$$

daraus folgt:

$$VT'W = \varepsilon' \text{ und } WT'U = \eta'.$$

Wenn man daher auf Pauspapier das Parallelogramm  $VTUW$  und die Gerade  $T'W$  zwischen  $T'V$  und  $T'U$  zieht, darauf die Pause umkehrt und wieder in die Ecke  $T'$  einpafst, so deutet der mittlere Strahl auf  $S$ . Nun kann  $\varepsilon'$  an  $VT$  und  $\eta'$  an  $UT$  angelegt werden usw.

Da  $T'C \perp CS$ , so sind auch die rechten Schenkel  $T'W$  und  $CP$  der gleichen Winkel  $\varepsilon'$  aufeinander normal. Hierauf kann sich eine Probe für die Richtung von  $CP$  stützen.

$S$  kann als Brennpunkt,  $CP$  als Scheitelberührende einer Parabel angesehen werden, welche von allen Geraden beider Systeme ( $BT, CT' \dots NT, PT' \dots$ ) berührt wird, da sie alle auf den Strahlen  $SB, SC \dots$  normal stehen. Hierüber gibt die analytische Geometrie der Kegelschnitte Auskunft.

Aus der ständigen Wiederkehr der Winkel  $\varepsilon, \varepsilon' \dots \eta, \eta' \dots$  leitet Schnöckel eine sehr kurze Lösung seiner Aufgabe her. Nachdem  $S$  aufgesucht ist, gleitet er mit dem Scheitel des Winkels  $\varepsilon'$  entlang  $CT'$ , während der linke Schenkel stets durch  $S$  geht, bis der rechte Schenkel

auf  $H$  trifft. Dementsprechend, unter Umtausch von links und rechts, verfährt er mit Winkel  $\eta'$  entlang  $PT'$ . Es wird  $CP$  dabei gar nicht konstruiert.

Die hier behandelte Aufgabe ist nur in dem seltenen Falle zu lösen nötig, wenn man die *Kote* eines seiner *Lage* nach gegebenen Punktes  $H$  im windschiefen Viereck zu berechnen wünscht.

### § 5.

**Aufnahme nach Längen- und Querprofilen.** Gewöhnlich wird die vorläufige Absteckung eines Weg-, Bahn- oder Kanalzuges vorhergegangen sein, und zwar mittels einer Linie, die sich aus Geraden und Kreisbogen zusammensetzt. Der Grundriß der Querprofile pflegt rechtwinklig (nur ausnahmsweise schief) zum Grundriß der (vorläufigen) Leitlinie, also in den Krümmungen radial abgesteckt zu werden. Die Radienrichtung 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. 620).

Es ist bekanntlich

$$AD : AB = AB : AE$$

oder wegen  $AD = BF = y$ :

$$y = s^2 : 2r. \quad (1)$$

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. — Die punktierten Kreisbogen bei  $D$  und  $F$  sollen daran erinnern, daß das *Vorberichten* an  $B$  oder  $A$  in den Abständen  $BF$  und  $AD$  nicht auf dem Abstecken rechter Winkel beruht, die Mafse  $BF$  und  $AD$  vielmehr auch ein wenig schief angelegt werden dürfen, ohne daß die Richtung von  $AF$  und  $BD$  sich wesentlich ändert. Der Doppelbogen dagegen soll das Errichten oder Fällen eines Lots, etwa mit dem Winkelprisma, andeuten. So auch in den beiden folgenden Figuren.

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. 621) und setze wegen Ähnlichkeit zweier Dreieckspaare, in denen je ein rechter und ein Peripheriewinkel übereinstimmt, nämlich  $ABF \sim CAJ$  und  $ACF' \sim BAJ$ , die Proportionen an:

$$y : h = s : s'; \quad y' : h = s' : s, \quad (2)$$

woraus  $y = hs : s'$  und  $y' = h s' : s$  folgt. Die Fußpunkte  $F$  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 Be-

rührenden  $FF'$  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:

$$\frac{1}{2r} = \frac{h}{ss'}, \quad (3)$$

eine Beziehung, die zum Einschalten von Kurvenpunkten benutzt werden könnte. Es ließe sich z. B.  $P$  durch  $\eta$  abstecken, wenn die Sehne  $\sigma$  gegeben, denn nach (1) ist:

$$\eta = \frac{\sigma^2}{2r} = \sigma^2 \cdot \frac{h}{ss'}. \quad (4)$$

Wird (3) nach  $h$  aufgelöst, also in die Form gebracht:

$$h = \frac{ss'}{2r}, \quad (5)$$

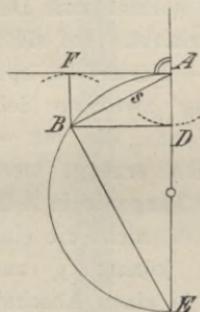


Fig. 620.

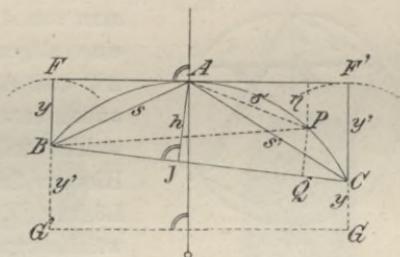


Fig. 621.

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.

Sehr einfach sind folgende, von Landmesser Ernst Müller in den „Allgemeinen Vermessungsnachrichten“, Liebenwerda 1907, S. 233 angegebene Lösungen derselben Aufgaben. Ist Sehne  $s$  abgesteckt und

der Radius  $r$  gegeben, so knüpft der Verf. aus der Tracierleine ein gleichschenkliges Schnurdreieck mit dem Seitenverhältnis

$$\text{Basis : Seite} = s : r$$

und legt die Basis von  $A$  (Fig. 620) aus an  $AB$  an, dann fällt eine Seite des Schnurdreiecks in die radiale Richtung  $AE$ . — Sind aber  $s$  und  $s'$  abgesteckt, so zeigt Fig. 622 folgende, aus der Ähnlichkeit der Dreiecke  $ACD$  und  $AMN$  hervorgehende Proportion:

$$t' : p = 2r : s', \quad (7)$$

woraus unter Heranziehung des Dreiecks  $ADB$  die Beziehung folgt:

$$t' s' = 2pr = s^2, \quad (8)$$

welche wieder

$$t' = \frac{s^2}{s'} \quad (9)$$

ergibt und damit den Punkt  $N$  einer Geraden  $BN$  normal zum Durchmesser  $AD$  abzustecken erlaubt. Auf sie falle man von  $A$  aus ein Lot. — Formel (8) spricht eine allgemeine Beziehung zwischen Sehnen  $AC$  und Abschnitten  $AN$  aus, die von einer unbegrenzten Geraden  $BN$  erzeugt werden, welche selbst parallel zur Tangente in  $A$  läuft. Hieraus folgt schon, daß (9) nicht die einzige Lösung darstellt. Man könnte  $p$  anders wählen und auf  $s$  und  $s'$  je einen Abschnitt  $t$  und  $t'$  abtragen, wie E. Müller auch angibt;  $ts = t's'$ .

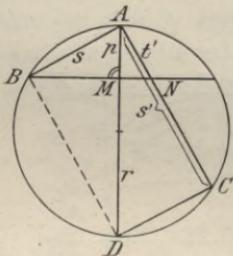


Fig. 622.

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 Leitlinie 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 praktisch, weil für Arbeiter schwer lesbar,  $IV + 175$  oder endlich  $XLI + 75$ , da man mitunter 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.

Im Mittelgebirge schon stößt man beim Abstecken des Längenprofils oft genug auf felsigen Boden, hat auch während und nach dem Bau die Leitlinie durch Felseinschnitte und Tunnels zu legen. Zur gesicherten Bezeichnung von Profilverpunkten räumt man das lose Gestein weg und bohrt in den gesunden Fels ein lotrechtes Loch, in das man einen passenden Dübel von Eichenholz treibt, der nur 0,02 m hervorragen darf. Sicherer noch ist es, den Fels um das Bohrloch wagrecht zu ebnen und letzteres mit Zementmörtel wieder auszufüllen. Man erhält so ein unscheinbares, aber untrügliches Punktzeichen für Lage und Höhe. Um es leichter aufzufinden, können Beipflöcke 0,5 m hinter den Profilverpunkten, ebenfalls in Bohrlöcher und scharf in die Leitlinie eingerichtet, eingetrieben werden. In Stollen werden Löcher häufig in das „Hangende“ (das Deckgestein des Stollens), also von unten nach oben eingebohrt, mit Dübeln versehen, und diese mit Ösen zum Aufhängen der Grubenlichter, wenn es gilt, nur die Richtung (oder Krümmung) der Leit-



Fig. 623.



Fig. 624.

linie zu bezeichnen. Für die Höhenbezeichnung dienen besser die vorhin beschriebenen Marken in der *Sohle* des Stollens (im „Liegenden“).

Der *Gesteinbohrer* (Fig. 623) besteht, wenn er als *Stoßbohrer* wirken soll, aus einer Gussstahlstange von Schulterhöhe mit einer oder zwei kreuzförmig oder drei sternförmig angeordneten Schneiden (je einfacher, desto leichter zu schärfen). Man läßt ihn aus geringer Hubhöhe niederfallen, zwischen je zwei Stößen ihn etwas um seine Achse drehend. Das entstehende Bohrmehl wird angefeuchtet und durch einen Löffel an Drahtgriff entfernt. Bohrlöcher im Hangenden werden durch kürzere Bohrer erzeugt, auf die mit schweren, zueihändigen Schlägeln (Fig. 624) geschlagen wird. Der Löffel kann dann entbehrt werden.

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 Wechsellpunkten* 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 *Wendelatte* oder in deren Ermangelung mit Ablesen *dekadischer Ergänzungen* an der einfachen Zielskala<sup>1)</sup> bequemer. Aber keines dieser Mittel prüft zugleich die *Einstellung der Libelle*, die sogar unbemerkt ganz versäumd 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 anderm 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 (Achspflock, Leitpfahl genannt) gemessen,

<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 Nullpunkt 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.

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 Leitpfahl als Festpunkt mit einzuwägen ist. Beim Standwechsel muß die Ziellatte auf einem eingetretenen Stein oder einem tief 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 Meßproben 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 Zentimeter 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. 625 und 626 stellen die Feldskizzen eines Querprofils nach zwei Aufnahmen

<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.

dar. Nicht maßstäblich, sondern blofs nach dem Augenschein wird das Profil während des Auspföckens entworfen (und kopiert), dann mit den Streckenzahlen (untere Linie) ausgefüllt, worauf am Nivellierinstrumente die Zielhöhen (oben) unmittelbar eingeschrieben werden, an Wechselfunkte selbstverständlich doppelte Zielhöhen. Die oberen wagrechten Linien stellen die Niveaus der Peilwage vor und werden erst beim Instrument eingezeichnet. Von diesen Niveaus aus wird auch die Reinzeichnung (Fig. 627)

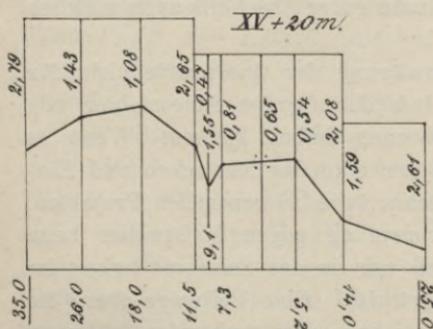


Fig. 625.

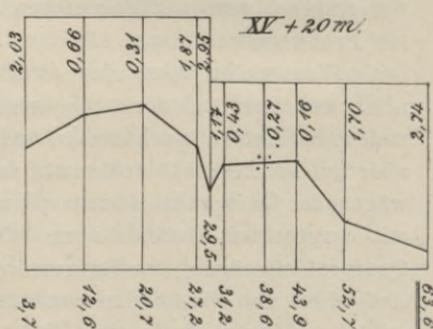


Fig. 626.

des Querprofils vorgenommen, und zwar ist die Darstellung unsrer Figur für alle *Baukonstruktionen* völlig ausreichend und selbst für das Entwerfen von Niveaukurven 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

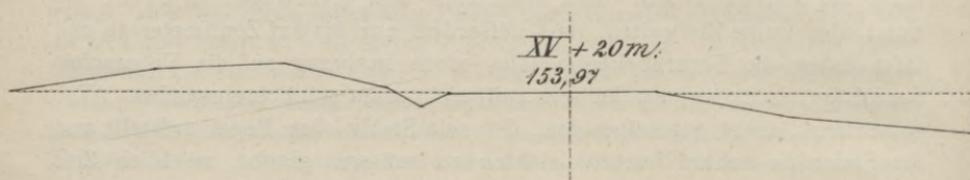


Fig. 627.

tabellarischen Feldausweisen für Querprofile erklären, denn Koten berechnen sich bequemer tabellarisch.

Statt der Skizzen mit *Profilzeichnung* genügen wohl auch *Grundrisskizzen* der Querprofile, zumal wenn im einzelnen Profil kein Standwechsel nötig ist. Man denke sich nur die Basis der Profile gezeichnet und mit den Streckenzahlen beschrieben, wie in Fig. 625 und 626, auf die andere Seite der Basis aber um 90° gedreht die Zielhöhenzahlen. Bei notwendigem Standwechsel gibt es zwar mancherlei Art die zusammen-

gehörigen Zielhöhen als solche zu kennzeichnen, aber kaum eine bequemere und zuverlässigere als die Andeutung wirklicher Profile.

Als Maßstab für Querprofile pflegt 1:100 oder 1:200 gewählt zu werden Fig. 627 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 Ermittlung der Profilfläche usw. 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 Niveaurkurven nach dem Augenschein. Will man später Niveaurkurven *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. 628, 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.

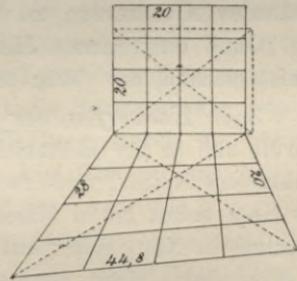


Fig. 628.

Zum Einwägen der Netzpunkte bezeichnet man die Längs- und Querlinien mit Buchstaben und Ziffern, im Felde sowohl (auf Markierpföckchen), 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 aus 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 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 Zögern 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 Koten festzustellen. Ohne den Anschluß an Normalnull würden Schichtenpläne, die getrennt aufgenommen sind, später aber erweitert und vereinigt werden sollen, in ihren Niveaukurven 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 Wechselpunkte zu prüfen hat. Ohne eingreifende Mefssproben darf man sich auf schwere Fehler gefaßt machen, die völlig unbemerkt bleiben können.

Zum *Entwerfen der Niveaukurven* sollen die Koten 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) Höhenkoten auf und schreitet die Teile ab, in welche die abgesteckten Strecken dadurch zerfällt werden. Die Verwandlung des Schrittmasses in Metermass 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 Niveaukurvenabsteckung 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 Anschmiegun g 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, dafs 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 schliesslich 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 steilste Richtung der Ebene und auf ihr die Schnittpunkte mit den verlangten Niveaus. Senkrechte zu jener Richtung, durch die Schnittpunkte gelegt, geben die Niveaulinien. In Fig. 629 sei aus den beschriebenen 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 steilste Richtung  $AB$  an. Parallele zur Niveaulinie durch die anderen Ecken stellen die Punkte  $A$  und  $B$  mit den Koten 5,3 und 10,7 fest. Zerlegt man nun  $AB$ , was hier graphisch geschieht, von  $A$  aus im Verhältnis der Zahlenreihe (aus Höhenunterschieden)

$6 - 5,3 = 0,7$ ;  $7 - 5,3 = 1,7$ ; . . .  $10 - 5,3 = 4,7$ ;  $10,7 - 5,3 = 5,4$ ,  
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

$$0,7; 1,7; 2,7; 8,5 - 5,3 = 3,2; 3,7; 4,7; 5,4$$

<sup>1)</sup> Z. B. nach Michael Lenkers Praktischer Geometrie, des zweiten Teiles dritter Abteilung von dessen Lehrbuch der reinen Mathematik, Wien 1838.

teilt, die erste Niveaulinie wie vorhin zieht und zu ihr Parallele durch die übrigen Teilpunkte legt.

Da im unebenen Viereck die Niveaukurven 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). 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. 629. Es ist also begreiflich, daß man für solche häufig wiederkehrende Zerlegungen abkürzende Verfahren eronnen hat.

1. Auf Millimeterpapier wird (Fig. 630) ein willkürlicher Höhenmaßstab gewählt und nach den im Plane vorkommenden Höhen beziffert. Senkrecht dazu trägt man die zu zerlegenden Strecken  $AB = A'B'$  im

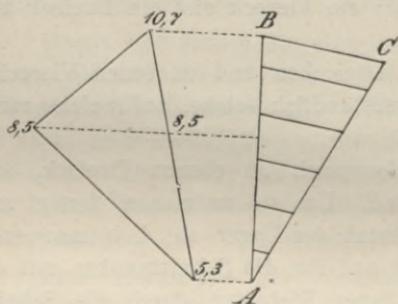


Fig. 629.

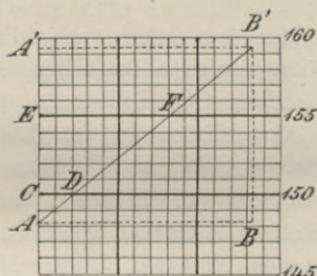


Fig. 630.

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. 630 sei die einzuteilende Strecke, dann braucht man  $D'$  und  $F'$  nur durchzustechen. Das Anlegen des Pauspapiers 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. 631) 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 Knoten 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. 629 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 Niveaukurven verschoben. Auf demselben Gedanken fußt der Apparat, den Kreiskultur-Ingenieur Merl in der Zeitschr. f. Verm. 1892, S. 316 beschreibt, sowie der *Schichtensucher* von Oberingenieur Sikorski (Fig. 632 und Zeitschr. f. Verm. 1894, S. 421), endlich „ein neuer Schichtensucher“ vom Mechaniker

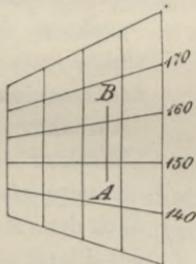


Fig. 631.

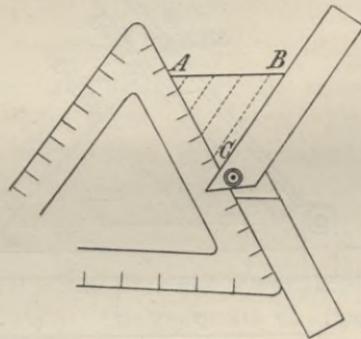


Fig. 632.

Ch. Hamann zu Friedenau bei Berlin (Fig. 633), 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 Gebrauch auswählt und als Höhenmaßstab verwertet. Den Mangel des Sikorskischen Schichtensuchers, daß die Zeichenkante des drehbaren Arms nicht durch dessen Drehpunkt geht, vermeiden die beiden anderen, von denen der Hamannsche 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 20 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 starrem, verschiebbarem Dreieck, wie jetzt für Schulzwecke überall käuflich.

Für die *Höhe der Schicht* zwischen je zwei Niveaukurven gilt, daß man sie so *klein als noch zweckmäÙig* wählen wird, um das Gelände

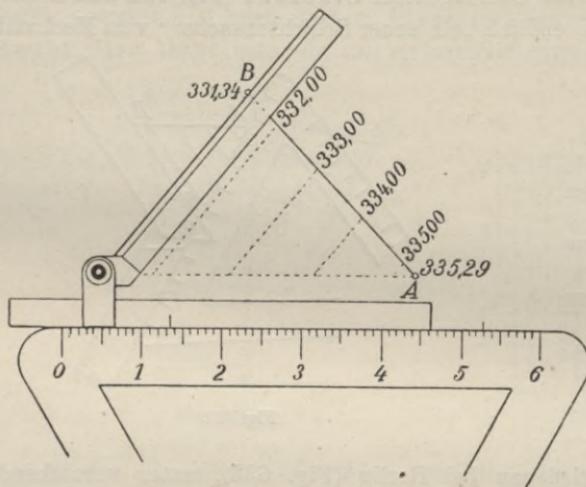


Fig. 633.

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* grössere 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 Kopien 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 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*.

Bei solchen Festlegungen sollte das Nivellierinstrument stets mit *Distanzmesser* versehen sein, entweder mit dem Reichenbachschen, der außer dem mittleren noch zwei äußere Querfäden in der Okularblende des Fernrohrs verlangt, oder noch besser mit der distanzmessenden

*Gefällschraube* Hogrewes (Fig. 634 und 635), weil diese nicht an wagrechte Sicht gebunden ist.<sup>1)</sup>

Sie muß aber nach SICKLER und LORBER gebraucht werden, d. h. so, daß der Abschnitt der Ziellatte beobachtet wird, den die Visierachse bei einer *vollen* Umdrehung (oder mehreren) der Kippschraube durchläuft. Dieser Lattenabschnitt, und bei REICHENBACH der, welcher zwischen den äußeren Fäden erscheint, braucht nur mit einer unveränderlichen Zahl (gewöhnlich 100) multipliziert zu werden, um die Zielweite, wagrecht ge-

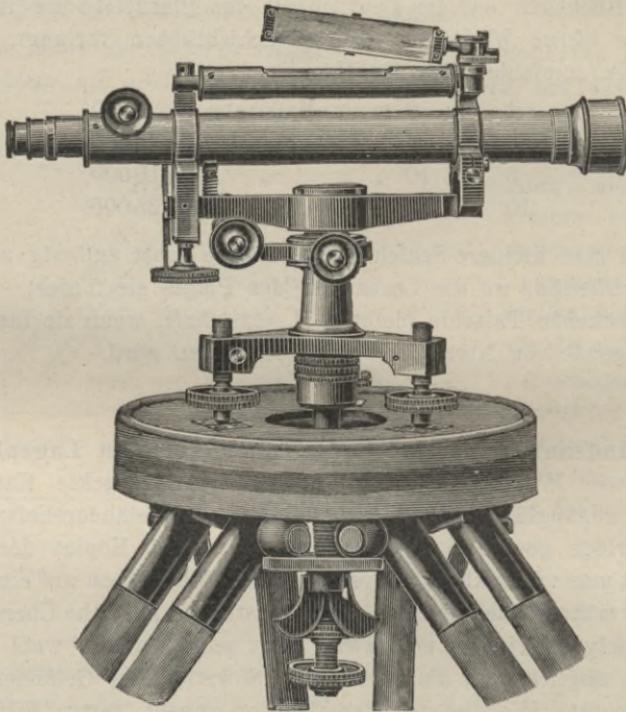


Fig. 634. Nivellierinstrument mit Hogrewes Gefällschraube.

messen, zu liefern, bei kleinen Instrumenten etwa bis auf  $\frac{1}{2}$  bis 1 m genau, solange die Distanz 150 m nicht übertrifft.

Durch solche Distanzmesser werden Festlegungen in Bindelinien, durch Bogenschnitt, sowie durch Richtung und Bogenschnitt sehr erleichtert, zum Teil überhaupt erst vorteilhaft. In den Fig. 636 und 637 bedeutet *S* den Standort der Peilwage, der auf dem Plan gegeben sein muß, *z* die meßbare Zielweite, *P*, *P'* . . . festgelegte Punkte.

<sup>1)</sup> Des Verf. „Praktische Geometrie“, Bd. II, § 274 und „Abbildungen geodätischer Instrumente“ § 43. Die Abbildung der Gefällschraube (Fig. 635) stammt aus letzterem Werke.

So wird in Fig. 636 Punkt  $P$  in eine Sicht nach dem gegebenen Punkte  $A$  eingebunden,  $P'$  durch Bogenschnitt bestimmt, wobei  $BP'$  durch das Stahlband gemessen sei. In Fig. 637 werden  $P, P', P''$  in der gegebenen Geraden  $AB$  durch Bogenschnitt,  $P_1$  und  $P_2$  in den auf  $CD$  normalen Richtungen ebenso festgelegt. Eine nicht zu verachtende, wenn auch nur grobe *Messprobe* liefert das *Abschreiten* von Punktabständen, z. B. in Fig. 636 von  $PP'$  und dem Lot, das von  $P'$  auf  $BS$  gefällt wird.

Noch weit besser verwendbar als Peilwagen mit Distanzmesser sind eigentliche Tachymeter, welche außerdem mit einem Horizontalkreis versehen sind und Geländepunkte durch einen Zielstrahl und dessen Winkel mit einer gegebenen Richtung festlegen können, unter gleichzeitiger Höhenaufnahme. Vergl. § 10.

Man klebe nicht zu sehr an den schon im Plane vorhandenen Linien, sondern entwerfe das Reliefpolyeder mit dem Augenmerk auf die Bodengestalt. Dabei soll man nicht regellos vorgehen, sondern Umschau 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 ge-

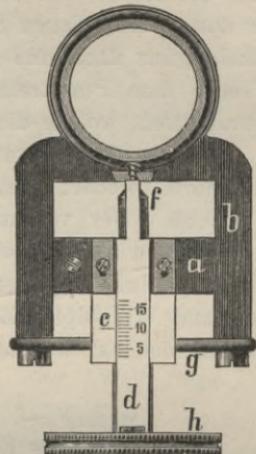


Fig. 635. Hoheres Gefällschraube an Nivellierinstrumenten einfacher Bauart.

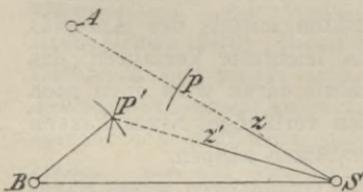


Fig. 636.

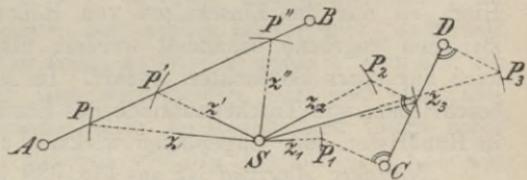


Fig. 637.

achtet 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* Niveaukurven, welche die Karte enthalten soll.

Zu dem Aufsuchen der Polyederpunkte und ihrem Eintrag in den Feldhandrifs 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 Dreiecks- punkte 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 Niveaukurven in Handrissen oder Lageplänen wirksam unterstützen können.

*Naudets Aneroid* ist aus Fig. 638 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*, so daß

dessen Spitze an der Randskala hingeleitet. In das Zifferblatt eingelassen ist ein Quecksilberthermometer mit ebenfalls gebogener Röhre und Skala, dessen Gefäß 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 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 allzusehr 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

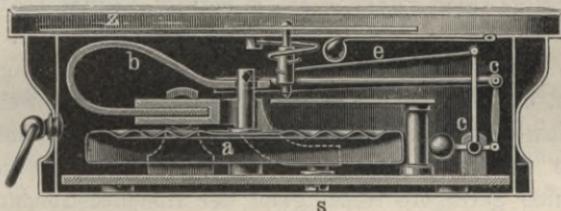


Fig. 638.

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 fertigen zurzeit Otto Bohnes Nachfolger zu Berlin an. Die preussische Landesaufnahme hat mit den Instrumenten dieser bekannten Werkstätte gute Erfahrungen gemacht. Doch hat jedes Aneroid — wie jede Taschenuhr — besondere Eigentümlichkeiten, die der Benutzer studieren und von Zeit zu Zeit nachprüfen mufs.

Selbstverständlich müssen alle inneren Metallteile gleichzeitig ein und dieselbe Temperatur haben, wenn der Zeiger sich regelmäfsig bewegen, insbesondere die Kompensiervorrichtung wirken soll. Daher hüllt man alle Aneroide in Etais oder 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. 638) nicht wirkt; ferner daß man vor dem Ablesen des Zeigers durch leichtes Klopfen auf den Gehäusedeckel etwaige Verspannungen des Mechanismus aufhebt.

Eigentliche Meßaneroide 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  $\frac{3}{4}$  m; 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.

Die Bohnesche Werkstätte verfertigt übrigens für Messungszwecke auch bequeme Taschenaneroide von zweierlei Größe, die jedoch selbstverständlich eine geringere Genauigkeit der Höhenbestimmung 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  $z$  ist:

$$A = f(h, z). \quad (1)$$

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 Taylorschen 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), dafs 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 Vorsichtsmafsregel, dafür zu sorgen, dafs 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 verhältnismäfsig 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 Abszissen, 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 Größe 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 zurückläßt, womöglich 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

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

<sup>1)</sup> Nach Dr. Guido Grassi setze man:

$$\text{Aneroidstand} + \text{Verbesserung} = \text{Luftdruck.}$$

Dann nimmt nach der Umkehr die positive Korrektur zu (oder die negative ab), wenn eine *Druckverminderung* vorherging, d. h. wenn man vom Anstieg zum Abstieg übergang; umgekehrt im entgegengesetzten Falle. Vergl. des Verf. „Erfahrungen über Naudetsche Aneroide“, Zeitschr. f. Verm. 1877, S. 475 u. ff.

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*, grofse Ausg., 3. Aufl., Liebenwerda 1906, 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 blofse Subtraktion nebst Gebrauchsanweisung, Braunschweig 1880. Auch von des Verfassers „Sechs graphischen Tafeln zum Schnellrechnen“ usw. (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 Mefsaneroide 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 verwerthen, wenn man sich nur der zugelassenen Messungsfehler dabei bewußt bleibt.

Auf Seite 671 wurde zum vorläufigen Eintrag von Niveaukurven in die Feldhandrisse oder Lagepläne *nach dem blofsen Augenschein* geraten. Dafs man dabei nicht wirkliche Niveaukurven, sondern nur ungefähr 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 Meßgebiet verstreut werden. Wer den Handriß führt, soll daher an geeigneten Punkten das Taschenaneroïd 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 Augenmaß, das Einlegen der Kurvenzüge mit stetem Blick auf die sich darbietenden Oberflächenformen.

Dazu ist nun aber nötig, daß die Aneroidablesungen ohne Zeitverlust in Koten verwandelt werden. Wenn wir beachten, daß in Gleichung (4) der Koeffizient  $(h_n - h_0) : (A_n - A_0) = m$  sich nicht nur in unserm Beispiel (S. 696), sondern bei ruhigem Wetter überhaupt als wenig veränderliche Zahl erweist, so können wir die Gleichung

$$h - h_0 = m (A - A_0) \quad (5)$$

durch eine Doppelskala darstellen, welche gemäß Fig. 639 im Nu entworfen ist und oft mehrere Stunden Geltung behält, vorausgesetzt, daß man sie nur auf Meter genau ablesen will.

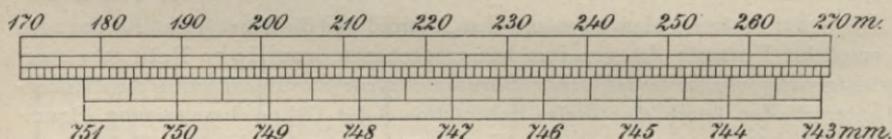


Fig. 639.

Zu dem Zweck bringen wir am Rande des Feldtischchens, auf dem der Lageplan aufgespannt oder der Handriß zu entwerfen ist, aus Millimeterpapier, in Tusche ausgezogen, eine Millimeterskala an, die als Höhenmaßstab 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. 696) 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 Ablesung  $h_0 = 179,0$  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 Höhenmaßstab die Aneroidskala. Addition macht unabhängig von der Annahme, die Millimeterskala sei gleichmäßig geteilt.

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 Schleudermessgerät 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. 697 erwähnte graphische Tafel IV liefert  $m$  der Formel (6).

Es darf ausgesprochen werden, daß durch Verwendung eines Taschenaneroïds 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 Geländereleiefs, der der genaueren Einwägung unterliegt, auch barometrisch bestimmt werden.<sup>1)</sup>

## § 9.

**Aufsuchen von Linien begrenzten Gefälles.** Im § 2 war betont, daß 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, daß der Beobachter den mutmaßlichen Verlauf der Linie im Bereiche günstiger Zielweite überblickt; dann wird, selbstverständlich mit einspielender Libelle, ein Rückblick  $l_0$  nach dem Aus-

<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 beträte 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 Vorfagen, vortrefflich eignen.

gangspunkte genommen. Man spannt von ihm aus das Meßband oder eine besonders vorbereitete Schnur von der gewünschten Länge  $s$  aus und berechnet

$$l_1 = l_0 - vs,$$

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 usw. Muß der Stand der Peilwage gewechselt werden, so schlägt man zuvor neben dem letzten Merk- einen Grundpflöck genau für die berechnete Lattenablesung (bei scharf ein spielender 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 Zentimeter 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 besser, 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. 634 auf S. 690 und 654

<sup>1)</sup> Es kann nicht oft genug hervorgehoben werden, daß die Aufstellung eines Nivellierinstrumentes, wenn sie nach der richtigen Regel geschieht (S. 681), von jedem nach kurzer Übung, ausweislich der Uhr, bequem in 30 Sekunden vollzogen werden kann.

auf S. 723 sie darstellen. Namentlich gestattet die *Trommelkippschraube* der Fig. 654, jedes Gefälle innerhalb  $v = \pm 1 : 10$  und etwas darüber sofort und ohne Reduktion einzustellen. Dafs die Gefällschraube aufserdem *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 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 diese um eine beliebige, zweckmäfsig erscheinende Strecke weiter. Am neuen Ort geht die Latte 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 ausgepflockt 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 auszupflocken, dafs  $h_0$  bis auf das Zentimeter scharf wieder abgelesen wird.

Auch Theodolite lassen sich mit der Gefällschraube versehen, und diese in Amerika verbreitete 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 grofse Zahl *Gefällmesser zum Freihandgebrauch* oder auf leichten

<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.

Stativen, die zwar nur geringe Genauigkeit bieten, auch keineswegs sonderlich bequem zu handhaben sind, aber durch ihren mäßigen Preis, ihr geringes Gewicht und ihren niedlichen Bau viele Anhänger erworben haben.

Man muß zugeben, daß manche dieser Instrumentchen, wie z. B. die *Pendelwage mit Gefällmesser* von Baumeister Bohne, Berlin (Fig. 640), durch ihre scharfsinnige Einrichtung sehr für sich einnehmen. Ein Pendel 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

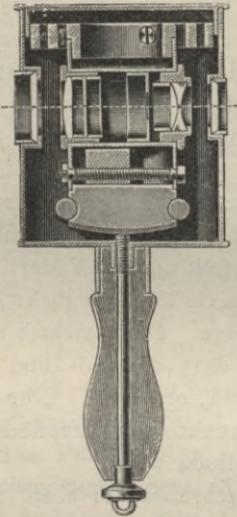


Fig. 640. Bohnes Pendelwage.

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>

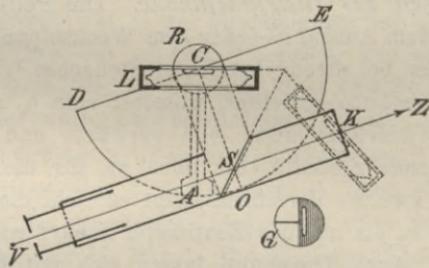


Fig. 641. Gefällmesser von Tesdorpf.

Nicht ohne Interesse ist auch der Gefällmesser von Tesdorpf in Stuttgart (Fig. 641), 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.

<sup>1)</sup> Näheres über den Bau des Instrumentchens in des Verfassers Praktischer Geometrie, 2. Teil, S. 176.

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 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 ( $100 \operatorname{tg} \alpha$ ) ausgeführt.

In freier Hand gehalten, kommt das Instrument und seine Luftblase niemals ganz zur Ruhe. Auf einem Stock oder leichten Stativ sind

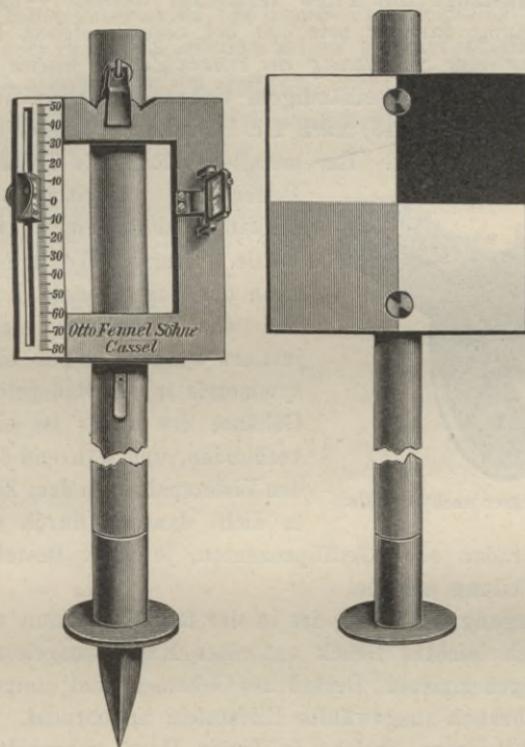


Fig. 642. Boses Gefällmesser.

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.

Nur mit Stütze brauchbar, schon einmal fast vergessen, neuerdings jedoch wieder mehr in Verwendung, ist Boses Gefällmesser (Fig. 642). Eine rechteckige, durchbrochene Scheibe wird an der Stütze aufgehängt und hat in der Ruhelage wagrechte und lotrechte Kanten. An einer der letzteren ist in leichtem, umklappbarem Rahmen ein Roßhaar quer gespannt

und soll dem Auge eine Wagrechte von unverrückbarer Höhe bezeichnen, während das Schauloch in der Blende gegenüber an der lotrechten Skala auf und ab gleiten und bei der Einstellung des Nonienzeigers auf Null eine wagrechte Sicht, bei der Einstellung der Diopter auf Ziele geneigte Sichten darbieten soll, deren Gefällprocente die Skala zu liefern hat. Durch den (doppelten) Nonius kann bis auf  $0,1\%$  abgelesen werden. Da beim unmittelbaren Verschieben der Blende mit Schauloch leicht die ganze Scheibe ins Schwanken gerät, kann auf Bestellung jene Verschiebung durch eine Zahnstange mit Trieb vermittelt werden. — Man kann verschiedener Meinung darüber sein, ob bei einem solchen Instrumentchen *Nonienablesung* oder *Schätzung an einem Zeiger* besser angebracht ist.

Ausschließlich zu freihändigem Gebrauch fertigt Wolz in Bonn einen Gefällmesser (Fig. 643) 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 Rades ist ein Diopterrohr verbunden, und während das Auge durch den Visierspalt nach dem Ziel blickt, kann es dicht daneben durch eine Lupe die

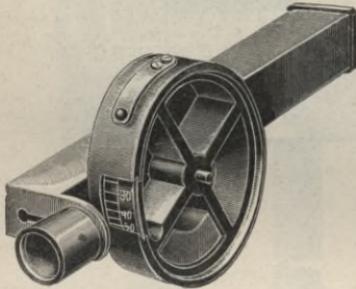


Fig. 643. Gefällmesser nach Brandis.

Ablesung (in Graden oder Gefällprozenten, je nach Bestellung) auf der zylindrischen Teilung nehmen.

Die Bewegung des Rades ist in der Regel gehemmt und wird beim Gebrauche durch leichten Druck auf einen Knopf ausgelöst. — Auf dem (in Fig. 643 abgenommenen) Deckel des Gehäuses sind einige zweckmäßig 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. — Zu Boses Gefällmesser pflegt ein Stab mit Zieltafel (Fig. 642) geliefert zu werden. Tafelmitte und Rofshaar des erwähnten Klapprahmens liegen gleich hoch über dem Teller ihres Stabfusses. — Gewöhnlich wird man mit Freihand-Gefällmessern das erste der oben S. 701 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 Profiltreibern vergl. § 27.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Anfragen gegenüber sei bemerkt, daß die Werkstätte des Baumeisters Bohne (nicht zu verwechseln mit der Firma Otto Bohnes Nachf., S. 693) in Berlin nicht mehr aufzufinden ist. — L. Tesdorpf's Werkstätte wurde nach dem Tode ihres rührigen Begründers mit der des Mechanikers F. Sartorius zu Göttingen vereint.

## Kapitel II.

### Vorerhebungen durch Tachymetrie.

#### § 10.

**Das tachymetrische Aufnehmen.** Man versteht darunter die *gleichzeitige Aufnahme der Lage 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, mittels 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 Grundrifs sind die *Tachymeter*, wie schon angedeutet, mit Horizontalkreis und Alhidade versehen, mit welcher letzteren sich das Fernrohr in Azimut dreht. Gleichen hierin *alle* Tachymeter dem Theodolit, so tun es *vieler* auch in Hinsicht der Kippbewegung des Fernrohrs. Bei andern wieder, den sogen. 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 lebhaftes 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 oder kürzer Gefälltachymeter).

3. Distanzmessung nach Reichenbach und Messen 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 versteht 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 dieser 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. Nivelliertachymeter jedoch würden oftmals nicht gestatten, die Brechpunkte des Zuges am Fußpunkt der sie bezeichnenden Ziele, also zentrisch zu fassen.<sup>1)</sup> Für Kompasszüge ist dies nicht unbedingt erforderlich. 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*, d. h. dem Festlegen der *Standpunkte* des Tachymeters nach Lage und Höhe, und der *Kleinaufnahme* zu unterscheiden, d. h. 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 einschließlic 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,

<sup>1)</sup> Prof. Curtius Müller rät selbst für strenge Theodolitzüge, wenn Fußpunkte der Ziele unsichtbar bleiben, die (lösbare) Verbindung der Zielzeichen mit einer Dosenlibelle und die Verwendung in zwei symmetrischen Stellungen an, bei denen nur der Fußpunkt unverrückbar zu sein braucht.

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 Meßtgebietes von Ingenieurbauten: Eisenbahnen, Kanälen und 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 Theodolitabletungen mit Meßtproben 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

<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.

in zwei Fernrohrlagen, in der zweiten bei veränderter Limbusstellung, gemessen.<sup>1)</sup> Der strenge Theodolitzug gewährt den Vorteil einer sehr 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 Theodolitzuges 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 Nagel, weiland Professor in Dresden, eingeführte *Theodolitzug mit Mefssprobe durch Seitenblicke*. Von je drei Brechungspunkten des Zuges *AB* wird nach einem gemeinsamen, seitwärts gelegenen Ziele *Z* (z. B. einem Kirchturm) visiert (Fig. 644) 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>2)</sup>

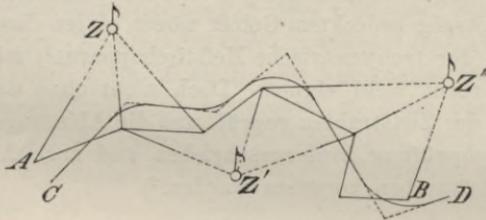


Fig. 644.

2. *Theodolitzug mit Distanzmessung*. Die Hindernisse, die 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

<sup>1)</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 mufs, aber auch durch den letzten Strich der Überteilung vertreten werden kann. Am Hilfszeiger wird die Kleinablesung nur durch Schätzung bewirkt.

<sup>2)</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 Theodolitzügen und Stahlbandmessung nach Koordinaten ausgeführt worden.

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. 645) 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. Es kommt dabei nicht allzuviel darauf an, daß  $a$  und  $b$  scharf in die Gerade  $AB$  eingerichtet sind, solange die zu ihrer Bestimmung möglichen Bogenschläge voneinander nicht merklich abweichen (Fig. 645). Selbst

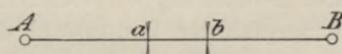


Fig. 645.



Fig. 646.

2 Punkte  $a'$  und  $b'$  in einigem Abstand von  $AB$  (Fig. 646) 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. Zur Messung der *Brechungswinkel* dürfen aber niemals Teilstrecken der Zugseiten, sondern immer nur diese in ihrer ganzen Länge als Schenkel dienen. Läßt sich eine kurze Zugseite  $BC$  (Fig. 647) nicht vermeiden, so verlängert man den zugehörigen Winkelschenkel durch die Anordnung ihrer Lage derart, daß sie einen fernen Richtpunkt  $Z$  enthält.

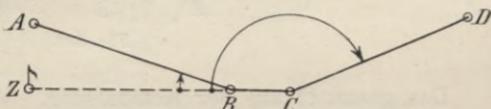


Fig. 647. Messung der Brechungswinkel an kurzen Zugseiten.

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 Zentimeters 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. mittels einer guten Gefällschraube auf zwei Zentimetergrenzen. 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 die nächste obere Zentimetergrenze 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. *Kompaszug 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 blofs, 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.

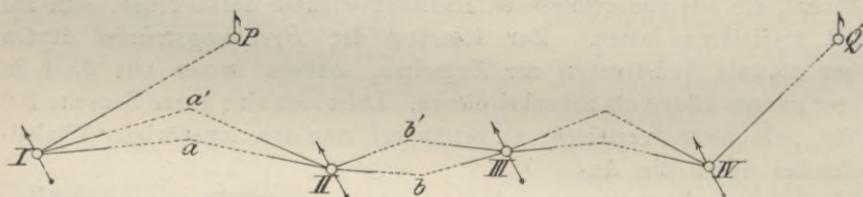


Fig. 648.

Das gestattet uns der Kompaszug. Wir brauchen nach der Gegend des neuen Standortes *II* hin nur einen *Wechselpunkt*, oder wie in Fig. 648 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 Kompaszug *I . . . IV* in sogenannten *Springständen* herzustellen. (Vergl. S. 708.) Standpunkt *II* kann dabei mit vornehmlicher Rücksicht auf die von ihm auszuführende Kleinaufnahme gewählt werden, solange nur noch die Rückblicke nach den Wechselpunkten *a* und *a'* zulässig sind. Bekanntlich darf ein Kompaszug, da die Magnetnadel gegenüber dem Theodolit ein roher Winkelmesser ist, nicht die langen Strecken eines Theodolituzuges 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 Kompaszug zu statten, während Winkelfehler im Theodolituzug sich auf eine Reihe von Azimuten übertragen.

Durch die doppelten Wechsellpunkte  $a, a'$  und  $b, b'$  usw. (Fig. 648), welche paarweise wenige Meter voneinander und etwas ungleich hoch 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 Kompafszuges 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 *Mißweisung  $\sigma$  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. 649 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

$$(OP) = p - m + \sigma, \quad (2)$$

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. 708).

Ist der Orientierkompafs 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 Orientierkompafs so justieren, dafs die Nadel

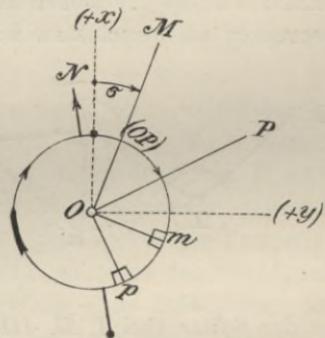


Fig. 649.

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. 650 erdacht.

Die Standpunkte *II, III...* sind hier Springstände, denn die Wechselpunkte *aa', bb'...* dienen nur als Ziele. Sie liegen *weit* auseinander und begrenzen die gemeinsame Basis je zweier Dreiecke, von denen die Winkel

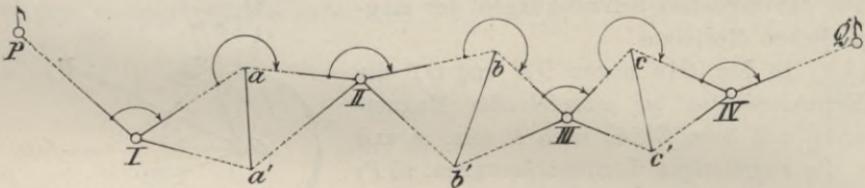


Fig 650.

an der Spitze (bei *I, II, III...*) 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 *Ia IIb III...* und *Ia' IIb' 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 Mefsgelände sich nicht bloß 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 Collinsschen Hilfspunkte verlangt, wenn die

Schlufsprobe nicht vollkommen stimmt, eine Verbesserung durch Lehmanns Näherungsverfahren.

Auch das *Rückwärtseinschneiden nach 2 Punkten* kommt bei dem Mefstisch für Standpunkte untergeordneter Bedeutung vor. Auf der mit dem Kompaß orientierten Tischplatte werden von zwei daselbst gegebenen Festpunkten aus die Zielstrahlen rückwärts gezogen, deren Schnitt den Standpunkt liefert.

Im Wald, in engen Tälern usw., wo der Mefstisch kein bequemes Werkzeug mehr ist, kann man sich doch mit Polygonzügen helfen, die den Theodolitzügen oder häufiger den Kompaßzügen mit Springständen nachgebildet sind, wird auch Mefproben 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 zahlenmäÙig aufnehmen, würde das 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 Winkel wie die drei Zielstrahlen des Rückwärtseinschnittes zueinander 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 vier Strahlen die drei günstigsten, d. h. die, welche die beste Schnittfigur bilden,<sup>2)</sup> zuerst auf die Festpunkte. Die Abweichung des

<sup>1)</sup> Mit dem Orientierkompaß überspringt der Mefstisch einen Polygonpunkt, der *ohne* Kompaß Standpunkt werden müÙte. Man erreicht den neuen Stand durch Überspringen und nennt ihn darum von alters her Sprung- oder Springstand.

<sup>2)</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, oder auch ihre Berührenden im Neupunkt, bilden die Schnittfigur. Aus Parallelen zu den Berührenden läÙt sich ein geschlossenes Vieleck (das Schnittpolygon) bilden, dessen Ecken auf den Zielstrahlen liegen, und ein solches Vieleck gewinnt man auch, wenn man vom Neupunkt aus auf allen Zielstrahlen Strecken abträgt, die der Strahlenlänge umgekehrt proportional sind. Je drei Eckpunkte dieses Schnittpolygons, unter sich

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 Kompaszügen 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 mittels Rostes oder auf Grund 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 eins 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. 651), welches schon auf S. 707 erwähnt ward, zeigt die Libelle mit den Fernrohrstützen durch geradlinig verbunden, stellen somit das *Schnittdreieck* dar, das dem Neupunkt und den drei gegebenen Festpunkten entspricht, auf welche die zugehörigen Strahlen zielen. Die gleichseitige ist (für den Meßtisch wenigstens) die günstigste Form des Schnittdreiecks, und unter mehreren nahezu gleichseitigen ist das größte das beste.

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 Gegen-

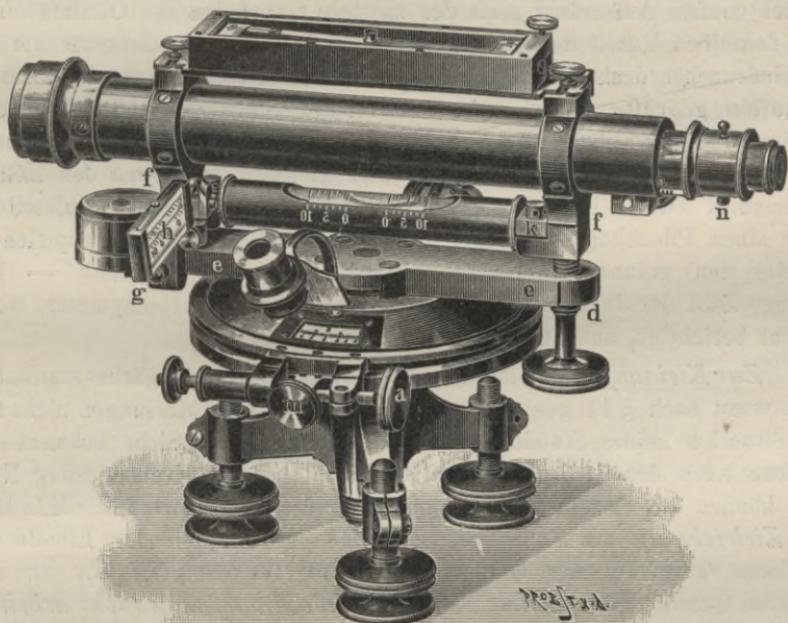


Fig. 651. Nivelliertachymeter für wagrechte Sicht, von Breithaupt & Sohn.

feder 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 unsrer 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 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 ist, 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 Zentimeter, ja nur auf Dezimeter genau abgelesen zu werden; der Probe wegen liest man ihn aber, wie die beiden Distanzfäden, auf Millimeter genau ab. Heißen 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

<sup>1)</sup> Siehe Anmerkung 1 auf S. 710.

eintretender Temperaturwechsel, welche langsame Stativdrehungen hervorzurufen 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. 652 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>1)</sup> Aus den beiden gleichschenkligen Dreiecken, die ihre gemeinsame Spitze in  $F$  haben, folgt:

$$FM : a = FN : \alpha$$

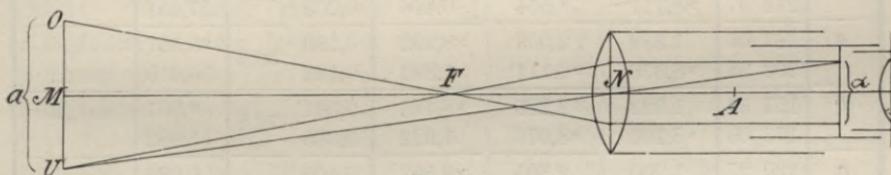


Fig. 652.

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 Klein-

<sup>1)</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.

aufnahme. Diese bezieht sich auf eine Niveaukurve, welche für die gegebene Kote 56,0 im Felde aufzusuchen und zugleich aufzunehmen war (vergl. § 4, S. 670 und § 6, S. 684).  $O, M, U$  bedeuten die oberste, mittlere und unterste Fadenablesung *an der Latte*, entsprechend Fig. 652.

*Feldausweis zur Aufnahme mit dem Nivelliertachymeter.*

Ziel	Kreis ° ' "	Ziellatte			$a =$ $O-M$ $M-U$	Ziel- weite $z$	Steigt und Kote	Bemer- kungen:
		$M$ $-M_v$	$O$ $-M$	$-U$ $M$				
Nord	40 15 (55 43)							bei ein- spielender Nadel
	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	× <b>7,728</b>	×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			

Abstand des Hilfszeigers vom Hauptzeiger  $15^0 28'$ . Formel für die Zielweite:

$$z = 99,3 a + 0,37 = 100 a + 0,37 - 0,7 a.$$

Die unterste beobachtete Skalenstelle ist an ihrem Faden dekadisch ergänzt abgelesen und eingetragen, um  $M-U$  bequemer bilden zu können. Unter  $O$  findet sich  $-M$  (dekadisch ergänzt), unter  $U$  die Zahl  $+M$ , so daß die Ausdrücke  $O-M$  und  $M-U$  durch Addition übereinanderstehender Zahlen schnell gewonnen werden. Ebenso leicht finden sich die „Steigungen“ von Punkt zu Punkt, indem man  $M$  einer Sicht mit  $-M$  der nächstfolgenden vereinigt (letzteres wieder in dekadischer Form in der 3. Spalte, und im Kopf derselben als  $-M_v$ , d. h. neg. Abl. am Mittelfaden des *Vorblicks*, angeschrieben). Die algebraische Summe  $M + (-M_v)$  wird in die vorletzte Spalte übertragen, z. B.  $0,400 + \times,554 = \times,954 =$  Steigung von  $w_2$  nach  $w_2'$ , d. h.  $w_2'$  liegt um 0,046 m tiefer als  $w_2$ , was sich auch in den Koten dieser beiden Wechselpunkte ausdrückt. Die Kotenberechnung ist geprüft, wenn die fetten Zahlen der Spalte

für  $M$ , zu der Anfangskote des Standes hinzugefügt, die Endkote ergeben. — Hervorzuheben ist, daß alle angedeuteten Proben auf dem Felde selbst anzustellen sind, damit nach Erledigung eines Standes die Brauchbarkeit all seiner Ergebnisse feststeht. Auch die letzte Spalte muß auf dem Felde durchgerechnet und geprüft werden, wenn, wie im vorliegenden Falle, Niveaukurven mit runden Koten aufzusuchen sind. — Die Fadenablesungen unsers Beispiels lassen, vermutlich infolge zu geringer Beachtung der Fadenparallaxe, manches zu wünschen übrig. Differenzen von 3 und 4 mm zwischen  $O - M$  und  $M - U$  sind zu groß. Schwankt im Wind die Ziellatte, so verstrebe man sie durch Andrücken zweier dünnen Stäbe, im Notfalle Baken, an die Lattengriffe.

## § 13.

**Kleinaufnahme mit dem Gefällschraubentachymeter.** Wir

denken uns die Visierachse eines Fernrohrs (Fig. 653) in vertikaler Ebene um eine Kippachse  $K$  beweglich und auf eine lotrechte Ziellatte  $FO$  im Abstände  $KH = z$  gerichtet. Ihre Lage markiere sich dabei an einer lotrechten Millimeterskala  $hu$  am Instrument, deren Abstand  $\zeta$  von  $K$  unveränderlich (und gleich 100 mm) sei. Aus ähnlichen Dreiecken der Figur gehen die gleichen Verhältnisse hervor:

$$a : b : z = \alpha : \beta : \zeta,$$

woraus folgt:

$$z = \frac{\zeta}{\alpha} a \quad \text{und} \quad b = \frac{\beta}{\alpha} a.$$

Fig. 653.

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:

$$z = 100 a \quad \text{und} \quad b = \beta a.$$

Für  $a$  setzen wir nun  $O - U$ , für  $\beta$  ebenso  $h - u$ , und verstehen unter  $O$  und  $U$  Lattenablesungen, unter  $h$  und  $u$  Ablesungen 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. 654 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 *wagrecht*er 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 Schraube 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 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 Wendelibelle 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 mittels *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.

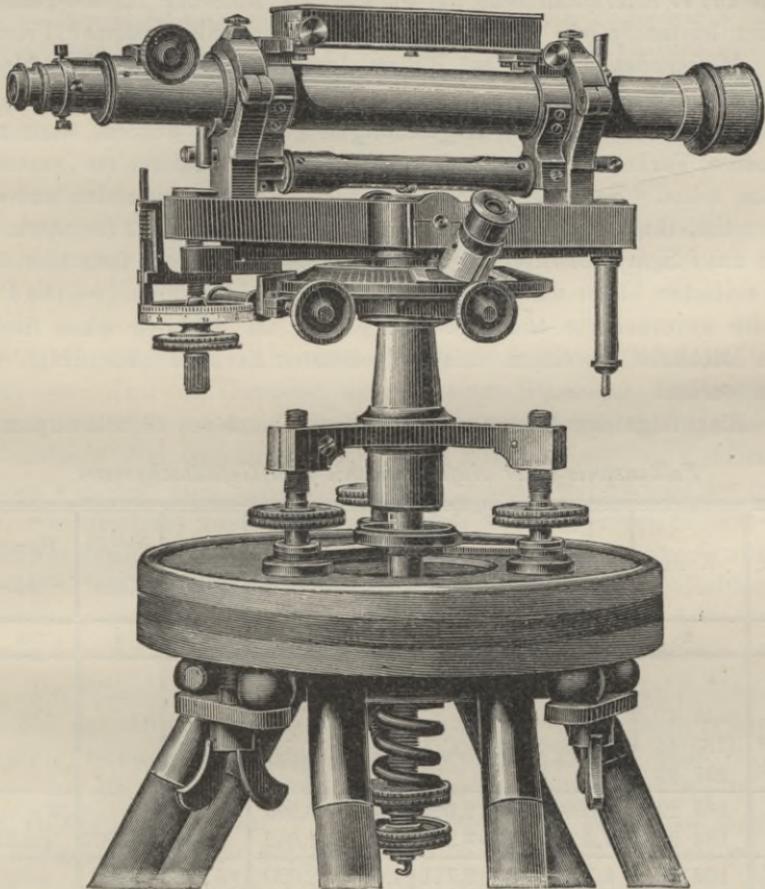


Fig. 654. Gefällschraubentachymeter von Th. Rosenberg.

Da das Nivelliertachymeter der Fig. 654 eine grössere Kippbewegung zuläßt, als jenes der Fig. 634, so wird man beim *Stationieren* nicht ausschließlich auf den Kompaßzug mit Springständen angewiesen sein. Doch ist es erwünscht, zu diesem Verfahren greifen zu können, daher der Kompaß 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. 653),  $u$  und  $h$  an der Gefällschraube und ihrer Hilfsskala festzulegen. Dabei ist zu bemerken, daß die Ablesung  $h$  konstant bleibt und an unserem Instrument die runde Zahl 10 darstellt, falls die Stehachse jedesmal streng lotrecht gestellt und die Trommel der Kippschraube, so wie auf S. 722 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.

*Messproben* 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 usw., 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.

*Feldausweis einer Aufnahme mit dem Gefälltachymeter.*

No.	Kreis	$U$ $-O$	$u$ $-u$	$O$ $-U$	$O-U$ $h-u$	$(O-U)$ $(h-u)$ $U$	Vorblick Rückblick	Steigt Kote	Bemerkungen.	
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	2,692	59,507	Wechselpunkt
	$w_3'$	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	Geländepunkt	
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	0,409 $\times 591$	2,176 62,608	desgl.	
$F$	231 46 (249 40) 51 45	Anschlußsicht zum Fernpunkt $F$ .								

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.

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, so daß  $k = 100$  (vergl. S. 719). Der Orientierkompaß ist kein notwendiger Bestandteil, aber eine erwünschte Zugabe. Denn man kann genötigt sein, sich im Walde, in Schluchten usw. 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. 655 darstellt, ist zum Repetieren eingerichtet, mit einem Höhenkreis und Reichenbachs Distanzmesser versehen und gestattet auch, nach Abnahme 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.

<sup>1)</sup> Auf Bestellung z. B. den ausgezeichneten Röhrenkompaß, welcher in des Verfassers „Abbildungen geodätischer Instrumente“ Tafel 31 und Seite 42 beschrieben ist.

Fig. 655 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 einen kurzen Klemmarm festgehalten, denn dieser reicht abwärts zwischen

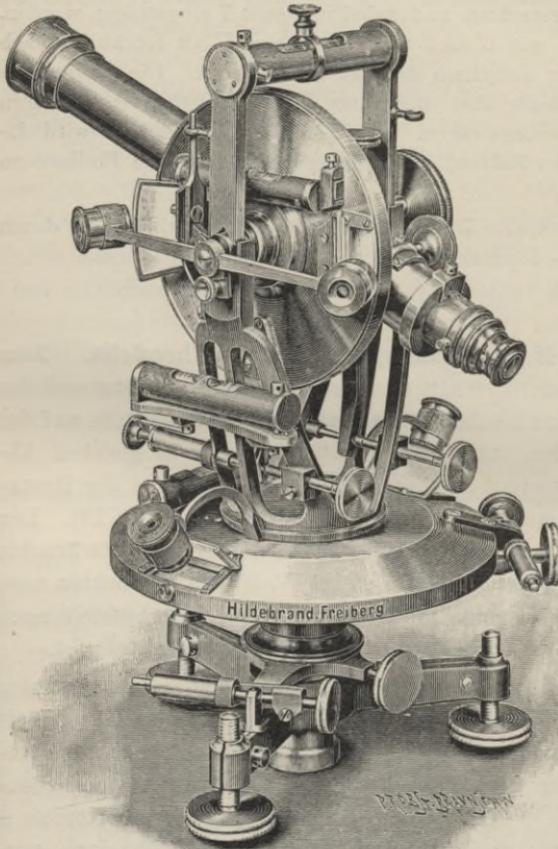


Fig. 655. Tachymeter von Max Hildebrand.

die Spitze einer feingewindigen Schraube und den entgegengewirkenden 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  $360^{\circ}$  ergeben. Was darüber ist, stellt den doppelten Indexfehler dar; z. B.:

$$\begin{array}{r} \text{Erste Lage: } 66^{\circ} 32' \text{ an Nonius } A, \\ \text{Zweite Lage: } 293^{\circ} 24' \quad \text{desgl.} \\ \hline 359^{\circ} 56' \end{array}$$

Indexfehler =  $-2'$ , d. h. es müssen jeder Höhenkreisablesung an Nonius  $A + 2'$  verbessernd beigefügt 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 Justierschräubchen, 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 Fadenablesungen ordne man zur Kontrolle so an: zunächst stelle man den Mittelfaden roh auf ein gewähltes rundes (immer wiederkehrendes) Lattenmaß  $M$  ein, z. B. 1,4 m, worauf der obere Faden die *ihm* nächstgelegene Dezimetergrenze  $O$  aufsucht.<sup>1)</sup> Sie wird notiert und der untere Faden ( $U$ ) *abgelesen*. Nun geht dieser auf die nächste Dezimetergrenze  $U'$  und der obere Faden ( $O'$ ) wird abgelesen, dann der Mittelfaden scharf auf seine Sollablesung  $M$  eingestellt und auch diese aufgeschrieben.

Sofort nach vollzogener Probe, ob die Lattenabschnitte  $O - U$  und  $O' - U'$  gleich ausfielen, wird das Zeichen zum Verpflanzen der Ziellatte nach dem nächsten Geländepunkt gegeben, denn nun wird, nachdem man die Alhidadenlibelle noch vorsichtig hat einspielen lassen, zunächst der Höhenkreis, dann, mit milderer Scheu vor Berührung des Fernrohrs, auch der Horizontalkreis abgelesen. Damit ist die Einzelaufnahme fertig, doch

<sup>1)</sup> Gemeint ist der Faden für die obere Lattenablesung.

zu ihrer vollständigen Prüfung gehört auch, daß man sich von der unveränderten Limbusstellung überzeugt, was am Schluß eines jeden Standes durch Rückkehr zu einem der Anfangsziele geschieht.

Die bequeme Probe für die Fadenablesungen, welche das einfache Nivelliertachymeter (§ 12) darbot, nämlich  $O - M = M - U$ , gilt streng nur für wagrechte Sicht, ist also beim Theodolit im allgemeinen unzulässig, wie Fig. 656 für steile Sicht deutlich genug zeigt. Ebensovienig ist die bequeme Berechnung der Zielweiten nach S. 719 noch statthaft.

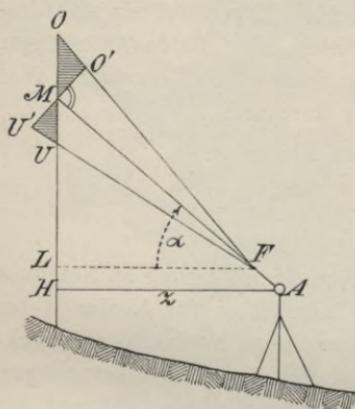


Fig. 656.

Dagegen würde die dort gebrauchte Formel für  $AM$  zutreffen, wenn ein Lattenabschnitt  $O'U'$  senkrecht zu  $AM$  ablesbar wäre; also würde gelten:

$$AM = c + O'U' \cdot k,$$

und auf die Wagrechte  $AH$  projiziert:

$$z = c \cos \alpha + O'U' k \cos \alpha. \quad (1)$$

Ebenso gibt die Projektion auf das Lot:

$$HM = h = c \sin \alpha + O'U' k \sin \alpha. \quad (2)$$

Es gilt nun noch,  $O'U'$  durch den wirklich abgelesenen Lattenabschnitt  $a = O-U$  auszudrücken. Wir nehmen (was mit großer Annäherung zutrifft) die schraffierten Dreieckchen als inhaltsgleich

an, woraus im Hinblick auf die Figur folgt:

$$2 \triangle OFU = a \cdot FL = 2 \triangle O'FU' = O'U' \cdot FM.$$

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. 729 bis 731).

Die Berechnung von Polygonzügen und das dabei gebräuchliche Formular der S. 731 ist jedem Landmesser vertraut. Zu dem nachstehenden Auszug aus dem Feldbuch (S. 729 bis 731) sei folgendes bemerkt.



Feldausweis einer tachymetrischen Theodolitaufnahme. Vergl. Fig. 657.

(Fortsetzung der Tabelle von S. 729.)

Ziel	Ziellatte			$O_1-U_1$ $O_2-U_2$	Zenit- distanz 0	Richtung 0	Ziel- weite z	Höhen- unter- schied -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				



Die 7 ersten Spalten müssen unbedingt noch auf dem Felde ausgefüllt und die Mefspalten 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. Nur bei den Schenkeln der Brechungswinkel liest man auch Zeiger  $B$  ab, sonst nur  $A$  und den Hilfszeiger. Die Formeln (3) und (4) lauten zahlenmäßig:

$$z = 0,43 \cos \alpha + 100,3 a \cos^2 \alpha$$

$$h = 0,43 \sin \alpha + 100,3 a \sin \alpha \cos \alpha,$$

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

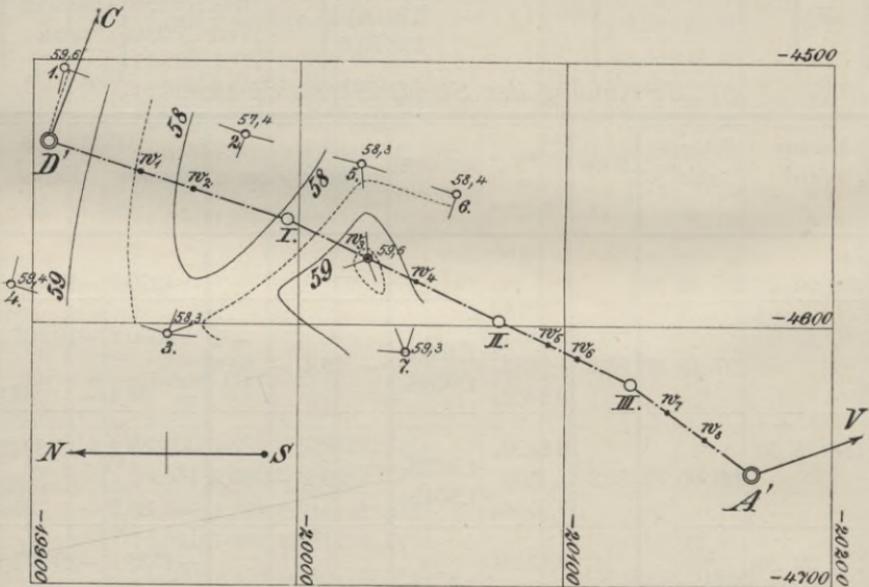


Fig. 657.

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“ aufgefaßt werden, ganz wie beim Gefälltachymeter der „Rückblick“. (Vergl. den Feldausweis auf S. 724, 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 über-

sehen. Die Koten berechnet, prüft und (wenn nötig) verbessert man wie beim Gefälltachymeter.

Es könnte lästig scheinen, dafs 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, dafs  $h > 0$ , 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 Kompafszüge.** Es kann vorkommen, dafs zwischen zwei Linienzügen, die zum Stationieren des Tachymeters dienen, ein schwer durchdringlicher Landstreifen liegt, z. B. ein Tal mit dichtbewaldeten 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, dafs man die wichtigsten Stellen kennt, bei denen sorgfältige Aufnahme angebracht erscheint. Jordan hat in solchen Fällen flüchtige Kompafszüge aushilfswise 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 Mefsproben, da der Kompafszug, auf Pauspapier im Mafsstabe 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 Bakten 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 Meßband 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, gemäß

$$z_r = m \sin \zeta_r; \quad z_v = m \sin \zeta_v,$$

worin  $m$  die Meßbandlänge. Die Kote  $Q_v$  des Vorblickes entsteht aus der Kote  $Q_r$  des Rückblickes gemäß

$$Q_v = Q_r - m \cos \zeta_r + m \cos \zeta_v.$$

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 Meßbandlänge 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.

Bedenklich ist bei solchen flüchtigen Kompaßzügen 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 Kompaß- 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 Entwerfen topographischer Karten steht hier nicht in Frage, für diese sind

<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 polygonometrische Tafeln für Maschinenrechnen.* Halle 1901.

Mafsstäbe 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 Mafsstäben ausführen.

Wenn irgend tunlich, schließt man die tachymetrischen Messungen an die Landesaufnahme an, woraus folgt, dafs 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 zustande 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* einzuzeichnen, der, wenn er dem tachymetrischen Kleinauftrag dient, sehr zutreffend auch *Strahlenzieher* genannt wird. Es steht uns frei, die Konstruktion sehr zu erleichtern, indem wir den Transporteur ein- für allemal so anlegen, dafs seine Nullrichtung parallel der Abszissen-

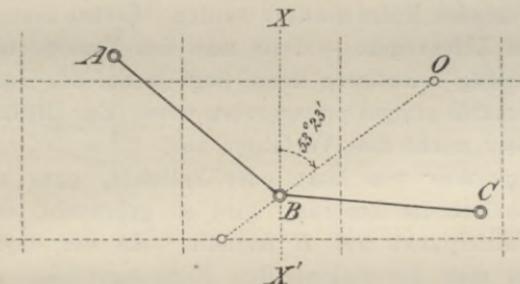


Fig. 658.

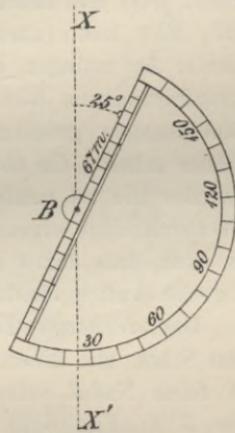


Fig. 659.

achse 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. 658 ein Teil eines Polygonzuges, der zur Festlegung des Standpunktes  $B$  diente und für dessen Brechungspunkte die Koordinaten fertig berechnet sind. Aus diesen folge:

$$\text{tg } (BA) = \frac{y_a - y_b}{x_a - x_b} = \text{tg } 312^\circ 37'.$$

Im Felde sei jedoch bei Einstellung nach  $A$  abgelesen worden  $259^\circ 14'$ . Es folgt daraus, dafs 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 Abszissenachse 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:

$$y = y_0 + (x - x_0) \operatorname{tg} 53^{\circ} 23'.$$

Nach dieser Gleichung werden *zwei (unringelte) 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 Mafse *diktirt* werden. Ebenso diktiert er wieder die zu prüfenden Ablesungen. — Dafs man den Transporteur auch durch seine eigene Teilung orientieren kann, liegt ja auf der Hand, aber auch, dafs damit an Schärfe einiges preisgegeben wird. Zur Prüfung auf grobe Auftragsfehler aber reicht dies Verfahren aus.

Der *drehbare Transporteur* von Horn oder Zelluloid, ganz aus einem Stück mit einem Bohrloch im Zentrum, wird so gebraucht, dafs eine feine Nadel seinen Mittelpunkt auf  $B$  festhält. An der festen Linie  $X'X$  (Fig. 659) liest man die eingestellten Richtungswinkel ab, weshalb der Gradbogen *rückläufig* beziffert sein mufs.

Der *Alhidadentransporteur* (Fig. 660) 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 Tupfernadel  $T$  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. 659 hat der halbumringelte Punkt die Polarkoordinaten  $25^{\circ}$  und 67 m.

*Vollkreisstrahlenzieher*, deren Alhidade in Form einer Drehscheibe mit einem eingeteilten Durchmesser an Griffen  $G$  nahe ihrem *Umfang* geführt wird, sind zuerst und mit einigen wohldurchdachten Zutaten, die hier

jedoch wegbleiben, von Prof. Schlesinger in Wien<sup>1)</sup> konstruiert worden (Fig. 661 in schematischer Darstellung). Sie liegen sehr fest, weil sie bei großer Reibungsfläche genügend schwer sind, während die Transporteure der Fig. 660 nur mühsam festgelegt werden können, in der Regel nicht ohne das Zeichenpapier der Karte mehrfach zu durchstechen. Schiebetransporteure sind davon frei. So auch G. Pellehns Transporteurdreieck, O. Schleichers Universaltransporteur, in Zellhorn oder Glas geliefert von Krieger & Meywald, Berlin SO. 26.

Einen *Strahlenzieher mit Nadelpol und Rolltransporteur*

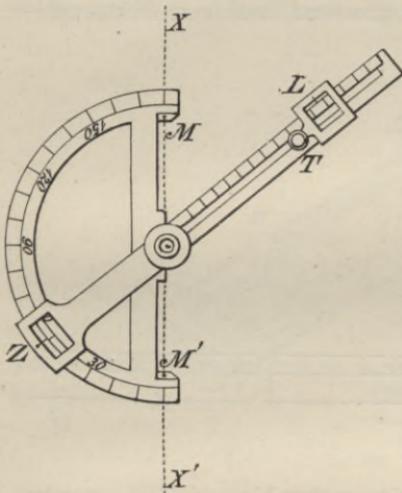


Fig. 660.

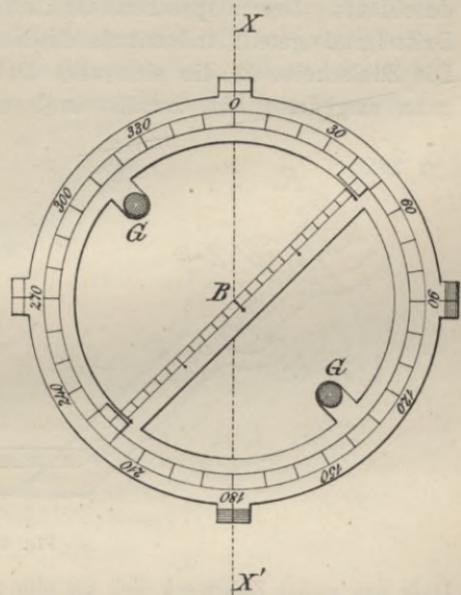


Fig. 661.

haben Starke & Kammerer zu Wien 1894 bekanntgegeben und fertigen ihn seitdem in 2 Formen von verschiedener Ausstattung an.<sup>2)</sup> Denselben Ge-

<sup>1)</sup> 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. für Verm.* 1898, S. 145, und G. Jatho, *Über drei neuere Auftragapparate für Polarkoordinaten*, ebenda 1899, S. 647. Ferner P. Wilski, *Wötzels Schiebetransporteur*, ebenda 1907, S. 333.

<sup>2)</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*.

danken nahm später Ch. Hamann zu Friedenau auf, dessen Strahlenzieher mit Mefsrolle der kleineren Wiener Form nahesteht und in Fig. 662 abgebildet ist.<sup>1)</sup> Nachdem der Pol  $C$  zentrisch auf den Standpunkt eingestellt worden ist, 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 Zehlscheibe  $Z$ , die sich nach 9 Umwälzungen der Laufrolle einmal ganz umgedreht hat, zerfällt in 9 entsprechend bezifferte Sektoren. —

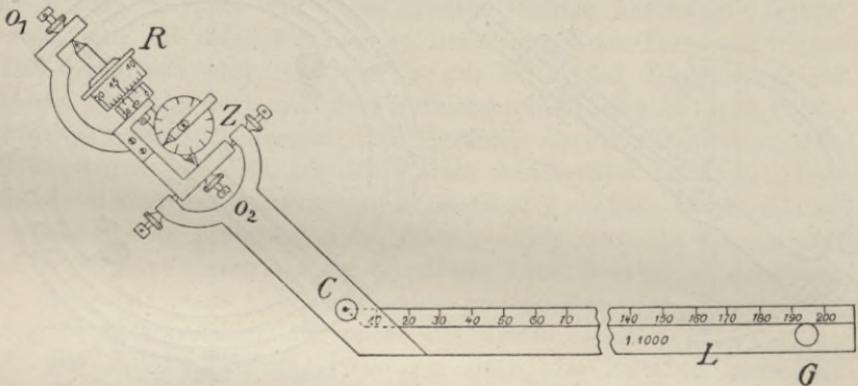


Fig. 662.

Dafs das ganze Zählwerk sich um eine Spitzenachse klappen läfst, verbürgt die gleichmäßige Berührung der Laufrolle mit dem Papier. Die Spitzenachse der Laufrolle selbst ruht zwischen den gekörnten Schraubchen  $O_1$  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 Mefsrolle 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, dafs die beiden Spitzenachsen in ihren Körnern leicht, aber ohne Spielraum laufen.

<sup>1)</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.

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

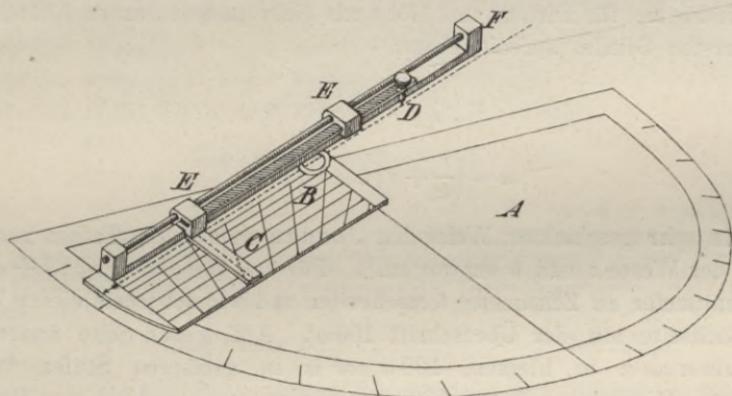


Fig. 663. Distanzmeßzirkel.

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 *Distanzmeßzirkels* (Fig. 663) 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 angibt, welche auf

<sup>1)</sup> Anleitung zum Entw. graphischer Tafeln. Berlin 1877, S. 165.

dem Diagramm  $B$  nebeneinander aufgetragen sind. Jede dieser Parallelskalen ist nach der soeben zu (1) vorgetragenen Weise entworfen, jede entspricht aber gemäß

$$z = c \cos \alpha + ak \cos^2 \alpha \quad (2)$$

einem besonderen Betrag des Höhenwinkels  $\alpha$ . Wie solche Diagramme nur aus Geraden angefertigt werden, und dafs sie durch Interpolation einen Distanzmafzstab für *jeden* Winkel  $\alpha$  enthalten, kann aus dem angeführten Werke entnommen werden.

Wenn, wie gewöhnlich, die Distanzskala nach Millimetern oder besten Falles nach Metern im verjüngten Mafzstabe 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:

$$z = \left( \frac{c}{k} + a \right) k \cos^2 \alpha \quad (3)$$

$$h = \left( \frac{c}{k} + a \right) k \sin \alpha \cos \alpha. \quad (4)$$

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 Zentimeter zu Zentimeter 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 Zentimetern. Damit sind zwar im allgemeinen die Überschriften nicht mehr in ganzen Zentimetern der Zielskala ausgedrückt, die Tafel aber dem besonderen Instrumente angepaßt und in ihren Ergebnissen ebenso genau wie für ein Tachymeter, dessen Konstante  $k = 100$ . Jordan will, dafs 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. 664 veranschaulicht wird. Er besteht aus zwei aneinander verschieb-

<sup>1)</sup> W. Jordan, Hilfstafeln für Tachymetrie. Stuttgart 1880. 4. Aufl. 1908.

lichen Skalen. Auf der einen sind die Logarithmen der natürlichen Zahlenreihe von 1 bis 100 aufgetragen (diese Skala ist 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 zweckmäfsig vorschreitenden Werten von  $\alpha$  beziffert, nicht also nach den wirklich aufgetragenen logarithmischen Beträgen.

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 mufs.

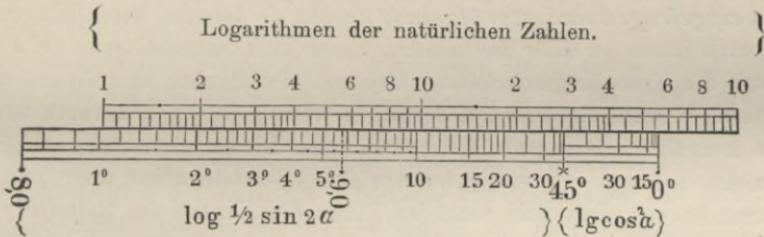


Fig. 664. Tachymetrischer Rechenschieber nach Culmann.

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>

Ein tachymetrischer Rechenschieber von 0,60 m Länge kann in guter Ausführung in Buchsholz von Starke & Kammerer in Wien bezogen werden. Von dem in Werners Tachymetrie<sup>2)</sup> abgebildeten unterscheidet

<sup>1)</sup> Verfasser möchte hier auf § 71 seiner *Praktischen Geometrie*, Braunschweig 1885, verweisen, worin das *allgemeine Prinzip* des Rechenschiebers so dargestellt wird, daß der oben behandelte tachymetrische Rechenschieber als Spezialfall leicht zu begreifen ist.

<sup>2)</sup> C. Werner, *Die Tachymetrie und deren Anwendung bei Tracestudien*. Wien 1873. Werner wiederholt die Skalen der gemeinen Zahlen zu beiden

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, so daß auch  $h = z \operatorname{tg} \alpha$  berechnet werden kann. Bei tachymetrischen Meßtischaufnahmen ergibt sich nämlich die Zielweite  $z$  nach einem Punkte von bekannter oder zu bestimmender Höhe öfters durch Vorwärtsabschneiden oder Rückwärts-einschnitt. Mit den Culmannschen 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, daß 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 muß.

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, daß man die betreffenden Linien nicht über die Stiche wegzieht, sondern ein wenig unterbricht. Geländepunkte aber hebt man dadurch hervor, daß 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 nicht das Reliefpolyeder 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.

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 *Grundriß 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 Grundriß in die Natur zurückgetragen werden, weil sonst die Mühe, welche Auswahl und Ausarbeitung des Projektes verursachen, 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 Meßschärfe 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. 644, S. 710), 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 zueinander gehörige Punkte und sucht die Brechpunkte des Zuges  $CD$  auf, was ja in einfacher Weise mittels 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 Endtangenten augenscheinlich nicht festgelegt, wohl aber durch *eine* der Endtangenten und eine zweite Berührende etwa senkrecht dazu, oder deren Berührungspunkt selbst. Zuvor wird also der Kreis von seinen Bestimmungstangenten 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 Bestimmungsstücke* 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  $P_1 P_2$  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 Bestimmungsstücke 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 Bestimmungsstücke. Bogen von  $180^\circ$  an bestimme man durch eine Endtangente und eine zweite, die zu jener normal liegt. Ist eines der Bestimmungsstücke durch einen Punkt ersetzt, so gilt für dessen Lage dasselbe, als ob er der Berührungspunkt der zweiten Tangente wäre. Jedoch sind Tangenten 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 Mefslinien für die Schlußvermessung zur Aufnahme in das Kataster, sowie für alle Erneuerungsarbeiten. In den Krümmungen aber versehen Sehnen oder Tangentenstücke 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 übertrug. 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 darin 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 langen Geraden besser mit dem Theodolitfernrohr ausgeführt wird. Man stellt in diesem Falle den berichtigten Theodolit zentrisch über einem Endpunkte *A* auf, richtet die Stehachse lotrecht und die Visierachse des Fernrohrs nach dem zweiten Endpunkte *B*, so daß 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 auszupflocken.

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 Pfählen 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 Bakem und freiem Auge in kurzen Absätzen, jedesmal etwa um Strecken

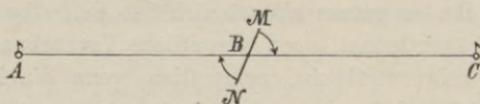


Fig. 665.

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. 665.) 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

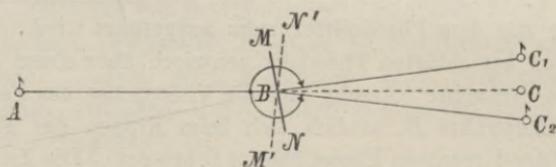


Fig. 666.

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. (Fig. 666.) 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.

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, so daß 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

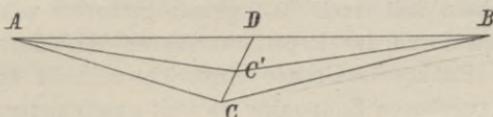


Fig. 667.

einwinkt, bis beide Baken zwischen  $AB$  eingeschaltet sind. Es setzt voraus, daß, obwohl  $A$  und  $B$  nicht gegenseitig sichtbar, am Ort der Einschaltung sowohl  $A$  als  $B$  sichtbar sind. 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, daß

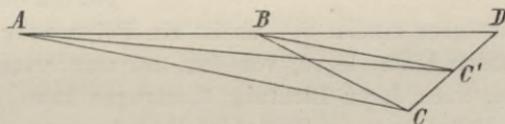


Fig. 668.

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. 667 und 668) 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. 667 und der sehr spitzen in Fig. 668 können die Sinus dort den Nebenwinkeln, hier den Winkeln proportional gesetzt werden, woraus folgt:

$$CD = CC' \cdot \frac{180^\circ - ACB}{AC'B - ACB} \quad \text{und} \quad C'D = CC' \cdot \frac{ACB}{ACB - AC'B}.$$

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 so weit 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

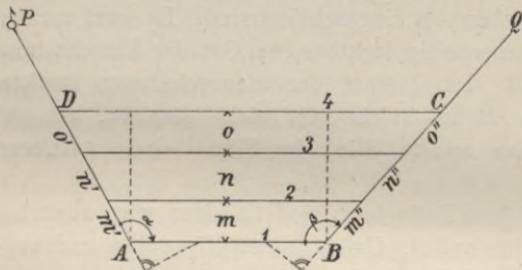


Fig. 669.

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.

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. 669) 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  $m' = m \operatorname{cosec} \alpha$ ,  $n' = n \operatorname{cosec} \alpha$  usw. 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  $m'' = m \operatorname{cosec} \beta$ ,  $n'' = n \operatorname{cosec} \beta$  usw. 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

$$m'' = m' \sin \alpha \operatorname{cosec} \beta \text{ usw.}$$

Ohne *Theodolit* ist man auf Linienkonstruktionen angewiesen, von denen die einfachste im Errichten von Senkrechten 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. Auch im Hügelland haben parallele Weggrenzen oft volle Berechtigung, selbst wenn die Böschungen der Dämme und Einschnitte diese Grenzen beträchtlich überschreiten, falls nämlich die außerhalb liegenden Böschungsteile so flach gehalten werden, daß der Pflug sie bearbeiten kann; sonst nur, falls die Überschreitungen *verhältnismäßig* gering bleiben.

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 Beihilfe voraus, als daß der festliegende Grenzzug durch Baken abgesteckt ist, vermeidet

<sup>1)</sup> Aus des Verfassers „Geodätischen Übungen“, 1. Teil, 2. Aufl. Berlin 1899.

also das Einwinken von Zwischenbaken u. dergl., wozu eine zweite Person erforderlich wäre (Fig. 670).

Man verlängert  $LM$  und  $NM$  je um 5 m über  $M$  hinaus und mißt die Verbindungslinie  $a$  der neuen Endpunkte. Aus den schraffierten ähnlichen Dreiecken mit dem gemeinsamen Eckpunkt  $M$  folgt, wenn  $b$  eine gegebene Wegbreite:

$$x : b = 5 : \frac{1}{2}a = 10 : a,$$

$$MP = x = \frac{10b}{a}. \quad (1)$$

Sind die Wege, die bei  $M$  zusammenstoßen, beide von der Breite  $b$ , so ist  $P$  der abzusteckende Brechpunkt der zweiten Wegkante. Bei der

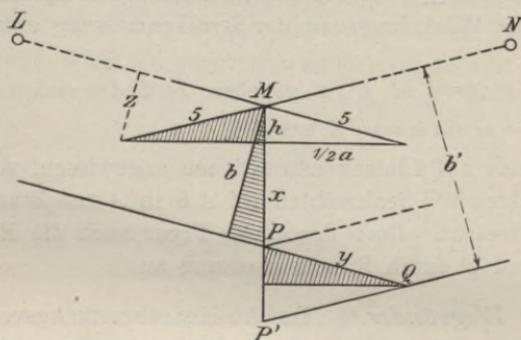


Fig. 670.

Absteckung der Richtung  $MP \perp a$  kann der Winkelspiegel oder die Halbierung von  $a$  oder eine Tracierleine dienen, die über  $a$  ein gleichschenkliges Dreieck absetzt. Punkt  $P$  wird auf Gleichheit seiner Abstände von den verlängerten Geraden  $LM$  und  $NM$  geprüft.

Stoßen jedoch zwei Wege von den ungleichen Breiten  $b$  und  $b'$  zusammen, so wird ein Punkt  $Q$  gesucht, dessen schiefwinklige Koordinaten  $x$  und  $y$  sind. Man messe in diesem Falle auch  $h$ , indem man die Meßlatte von  $M$  gegen  $P$  hinlegt und die Richtung von  $a$  abschnürt oder scharf über sie hin visiert; denn der Fußpunkt von  $h$  muß genau abgelesen werden, wenn man nicht  $h = \frac{1}{2}\sqrt{100 - a^2}$  ausrechnen will. Wieder folgt aus schraffierten ähnlichen Dreiecken:

$$y : \frac{1}{2}PP' = 5 : h, \quad (2)$$

und wenn man nach (1) sowohl  $MP$  als  $MP'$  bildet, so findet sich als Differenz:

$$PP' = 10 \cdot \frac{b' - b}{a},$$

woraus in Verbindung mit (2) folgt:

$$y = 25 \cdot \frac{b' - b}{ah} = 100 \cdot \frac{b' - b}{4ah}. \quad (3)$$

Statt dessen kann  $y$  auch aus

$$y = 5 \cdot \frac{b' - b}{z} \quad (4)$$

berechnet werden, wenn anstatt  $h$  das Lot  $z$  gemessen wurde; denn  $z : h = a : 5$  oder  $ah = 5z$ . Die Absteckung des Fußpunktes von  $z$  gelingt, da  $ML$  schon rückwärts verlängert ward, ebenfalls ohne Beihilfe.

Eine Wegrandrichtung wird durch  $P$  (oder  $P'$ ) schon abgesteckt sein. Auf dieser trage man  $y$  ab und prüfe  $Q$  wie zuvor auf richtige Abstände  $b$  und  $b'$  von  $LM$  und  $MN$ .

### § 19.

#### Abstecken von Krümmungen ohne Verwendung des Theodolits.

Wir wollen uns hier auf *Kreisabsteckungen* beschränken, da der Herstellung von gemeinen Parabeln und Ellipsen durch Strahlenschnitte keine praktische Bedeutung zukommt. Wenn man mit Leichtigkeit einen Kreisbogen herstellen kann, der in *gleiche* Kleinbogen zerlegt ist, dessen Radius und Gesamtlänge sich zudem mühelos berechnen lassen, so wird man gewifs nicht mit größerer Mühe Kurven von wechselnder Länge der Kleinbogen, von variablen Krümmungsradien und schwer angebbarer Gesamtlänge abstecken. Der *Kreis* bietet außerdem den Vorteil, dafs er sich mit *verschiedenen* Hilfsmitteln nach dem Bau wieder herstellen läfst, wenn *durch* den Bau die erste Absteckung verloren gegangen und die Art ihrer Ausführung unzweckmäfsig geworden ist.

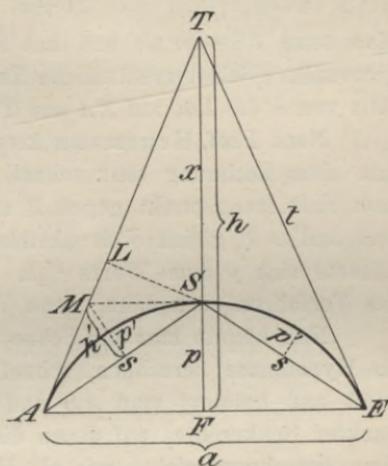


Fig. 671.

Bei den nächsten beiden Aufgaben handle es sich um kleine Kreisbogenlängen, unter Umständen auch kleine, indes zwischen weiten Grenzen wählbare Radien, die also nicht im voraus gegeben sind. Vielmehr seien:

1. *Gegeben die Haupttangente TA und TE und ein Berührungspunkt A.<sup>1)</sup>*

Nachdem man den Schnittpunkt  $T$  der Berührenden (Fig. 671) aufgesucht und  $TE = TA = t$  gemacht hat, messe und halbiere man  $AE = a$ , wobei schon unterm Hinmessen auf ein rundes Mafs nahe bei  $F$  ein Pflock geschlagen und von ihm aus  $F$  abgesetzt wird. Beim Zurückmessen wird die Latte oder das Mefsband in  $E$  mit einem unrundern Mafs angelegt, eine für das Nachmessen schon bekannter Strecken immer empfehlenswerte Mafsregel, weil sonst unbewußt bei gleichen Endzahlen die etwa begangenen

<sup>1)</sup> Diese und die folgende Aufgabe aus der Zeitschr. f. Verm. 1894, S. 561.

groben Ablesefehler sich leicht wiederholen. Jetzt messe man  $FT = h$  und prüfe, ob  $h^2 + \frac{1}{4}a^2 = t^2$ , wie es sein muß, wenn  $F$  in  $AE$  scharf eingerichtet ward.

Da  $AS$  den Winkel  $A$  im Dreieck  $ATF$  halbiert, so verhalten sich die Abschnitte auf  $TF$  wie die anliegenden Seiten, also:

$$x : p = t : \frac{1}{2}a = 2t : a,$$

woraus folgt:

$$x : h = 2t : (2t + a)$$

und:

$$p : h = a : (2t + a),$$

also auch:

$$x = h \cdot \frac{2t}{2t + a}; \quad p = h \cdot \frac{a}{2t + a}. \quad (1)$$

Man setzt  $TS = x$  ab und hat in  $S$  den Scheitel des Kreisbogens  $ASE$  gewonnen. Selbstverständliche Rechenprobe:  $x + p = h$ . Mefprobe: 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 Mefprobe mißt und halbiert man  $AS$  und  $SE$  und errichtet in den Halbierungspunkten Senkrechte, 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:

$$p' = p \cdot \frac{s}{2s + a}. \quad (2)$$

Denn je stumpfwinkliger das Dreieck  $ASE$ , desto näher wird der Bruch neben  $p$  ein Viertel. Addiert und subtrahiert man nämlich rechter Hand  $\frac{1}{4}p$ , so folgt:

$$p' = \frac{p}{4} \left( 1 + \frac{2s - a}{2s + a} \right),$$

<sup>1)</sup> Vergl. Hegemann, Kreisabsteckung durch Streckenmessung; Zeitschr. f. Verm. 1895, S. 417.

eine Formel, die übersehen läßt, um wieviel die sogen. „Viertelsmethode“ ( $p' = \frac{1}{4}p$ ) von der Strenge abweicht.

Nach dem Absetzen des Pfeiles  $p'$  fällt man von seinem Endpunkte ein Lot auf  $AT$ , welches gleich  $p'$  sein muß. Wollte man die gleiche Meßprobe 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, falls man noch einmal Zwischenpunkte nach der (wenn nötig strengen) Viertelsmethode 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, abgehend 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. 617 auf S. 666 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. 672) 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 ist, folgt, wie früher  $x$ , so jetzt  $x'$  aus einer Proportion:

$$x' : h' = 2 AM : (2 AM + s)$$

oder aus:

$$x' = h' \cdot \frac{b}{b + s} \quad (6)$$

Ebenso findet sich, wenn man will,

$$p' = h' \cdot \frac{s}{b + s} \quad (7)$$

Weitere Kurvenpunkte können nach der (strengen) Viertelsmethode eingefügt werden. Ebenso kommen die früheren Mefspuren 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.

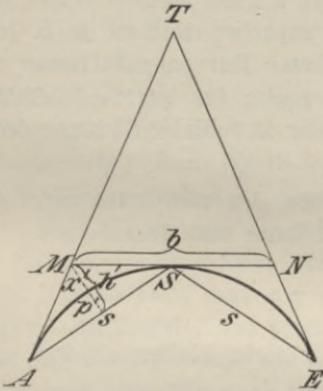


Fig. 672.

Die unter 2. behandelte Absteckungsweise von Krümmungen für Wege, Leitungsgräben und Kleinbahnen entspricht dem am häufigsten eintretenden Bedürfnis, denn die Hauptarbeit beim Entwurf solcher Bauten wird auf dem Felde selbst getan, wo der geübte Blick, nur unterstützt durch eine Gefällmessung, die Lage der Leitlinie zu wählen und deren gerade Strecken und Krümmungen durch wenige Punkte festzulegen hat.

In den Krümmungen, welche meist Hindernisse zu umgehen haben, ist die ungefähre Angabe des Ortes für den Scheitel das natürlichste. Den Kreis wirklich abzustecken, mag es nicht leicht ein einfacheres, zugleich scharfes Verfahren geben, als das vorstehende. Doch wird man zuweilen verkleinerte *Versuchsfiguren* konstruieren und daraus die abzusetzenden größeren Maßstäbe ableiten müssen. So z. B. beim ersten Verfahren, wenn die Sehne  $AE$  nicht meßbar, und beim zweiten, wenn der Radius  $r$  genau vorgeschrieben ist oder zu klein ausfallen würde, falls man Dreieck  $MTN$  nicht vergrößerte. Um dies aus dem zuerst abgesteckten Versuchsdreieck  $MTN$  frühzeitig zu erkennen, muß sich das ihm zugehörige  $r$  aus den Dreiecksseiten berechnen lassen, was, wie nicht schwer zu finden, nach

$$r = \frac{1}{2}b \cdot \frac{TM + \frac{1}{2}b}{TS} = \frac{1}{2}b \cdot \sqrt{\frac{TM + \frac{1}{2}b}{TM - \frac{1}{2}b}}$$

je nachdem  $TS$  gemessen wurde oder nicht, alsbald geschehen kann. Nun kann man sofort alle Maße im Verhältnis des vorgeschriebenen oder des kleinstzulässigen Radius zu dem soeben berechneten vergrößern.

Noch einige Aufgaben, die man neben den beiden hier vorgetragenen mitunter ohne Hilfe des Theodolits zu lösen veranlaßt ist, sollen in den Paragraphen 21 bis 23 mitbehandelt werden.

### § 20.

**Kreisabsteckung mit dem Theodolit.** Stampfer in Wien und nach ihm Bauernfeind in München haben seit mehr als 50 Jahren das Verfahren der *Kreisabsteckung mittels gleicher Peripheriewinkel und Sehnen* in ihren allgemein bekannten Lehrbüchern vorgetragen, aber, wenn man die zu geringe Verbreitung des Verfahrens ins Auge faßt, nicht mit durchgreifendem Erfolg.

Das mag zum Teil daran liegen, daß beide nur das Abstecken *von Instrumente weg* behandeln, und Bauernfeind, an solch einseitiger Vorstellung haftend, noch besonders betont, wie bei diesem Verfahren begangene Fehler sich weiter verpflanzen und vergrößern, statt umgekehrt darauf hinzuweisen, wie, wenn man an einem fernen Kurvenpunkt beginnend *gegen den Theodolit hin* absteckt, begangene Fehler sich vermindern und unschädlich gemacht werden. Andernteils

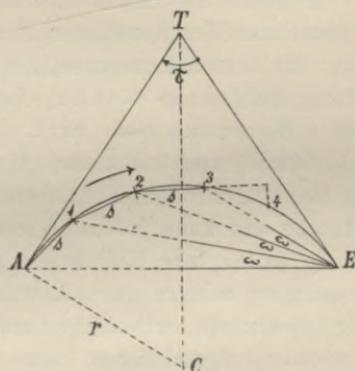


Fig. 673.

mag das Verfahren unterschätzt worden sein, weil man seine Ergänzung durch das Einrücken von der Sekante aus nicht nach ihrem vollen Wert erkannte, also in Verlegenheit geriet, wenn ein oder mehrere der abzusteckenden Punkte dem Blick vom Theodolit her verdeckt waren.

Es sei (Fig. 673) der Radius  $r$  und die Lage der Endberührenden  $TA$  und  $TE$  eines abzusteckenden Kreisbogens gegeben. Man mißt in  $T$  zunächst  $\angle \tau$  in zwei Lagen des Fernrohrs mit dazwischen verstelltem Kreis, im Notfall auch ohne Kreisverstellung unter Ablesung eines Hilfszeigers, berechnet aus Dreieck  $ATC$  die Tangentenlänge  $TA (= TE) = r \cot \frac{1}{2} \tau$  und setzt mit dieser Strecke die Berührungspunkte  $A$  und  $E$  ab. Jetzt wird der Theodolit in  $E$  aufgestellt und für den konstanten Peripheriewinkel  $\omega$ , der ein Vielfaches des kleinsten Limbusteilcs sein möge, die Sehne  $s = 2r \sin \omega$  berechnet. Der Zeiger der Alhidade (man benutzt nur einen) deute auf einen runden Winkelwert  $\alpha$ , während das Fernrohr von  $E$  nach  $A$  blickt. Nun wird die Sehne  $s$  von  $A$  aus wie ein

Zirkelmafs angetragen, die Alhidade auf  $\alpha + \omega$  verstellt und der freie Endpunkt der Sehne in den Zielstrahl  $E1$  eingerichtet. Von 1 aus trägt man Sehne  $s$  neuerdings ab, um ihren Endpunkt bei der Alhidadenstellung  $\alpha + 2\omega$  einzuwinken usw. In kurzer Zeit wird die Absteckung bei  $E$  ankommen. Zur Probe liest man am Limbus noch zur Sicht  $ET$  ab.

Das Verfahren hat die gröfste Ähnlichkeit mit dem Auspföcken einer Geraden von einem Fernpunkt aus gegen den Theodolit hin, wie es im § 18 geschildert ward. Wie dort die Absteckungsfehler sich mit der Annäherung ans Instrument verkleinern, so auch bei dem Kreis, und wie dort die Gerade, so mufs 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, dafs 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 Limbusteiles, oder so, dafs  $\omega$  in  $\sphericalangle AET$  ohne Rest aufgeht, oder endlich so, dafs Sehne  $s$  ein rundes Mafs wird. Letzteres hat wenig Zweck, weil z. B. der Mefsbandlänge leicht noch ein kleines Über- oder Untermafs für jede Lage beizufügen oder abzuziehen ist. Aber dafs dieses Mafs 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 Winkelmafs 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 Gewifsheit, dafs er mit den Gehilfen, welche die Sehnen absetzen, gleichen Schritt halten kann. Dafs ein runder Wert für  $\omega$  auch die Berechnung von  $s$  erleichtert, sei nur erwähnt.

Das Absetzen der Sehnen wird sehr beschleunigt, wenn man das Mafs  $y = s \sin 2\omega$  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. 673 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>

<sup>1)</sup> Vergl. § 22, das Einrücken von der Sekante aus. Das Verfahren vertritt streckenweise die Methode der gleichen Peripheriewinkel und Sehnen, wenn

Wenn  $n$  eine ganze Zahl und  $n\omega + \rho = \sphericalangle AET$ , demnach  $\rho < \omega$  den Winkelrest zwischen dem letzten Zielstrahl  $En$  und der Berührenden  $ET$  bedeutet, dann ist die Sehne des Restbogens aus  $2r \sin \rho$  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. 734.

Nicht immer reichen, wie in Fig. 673, *zwei* Hauptpunkte, nämlich die Berührungspunkte  $A$  und  $E$ , zum Anknüpfen der Kleinabsteckung mittels gleicher Peripheriewinkel und Sehnen aus. Wenn z. B. von  $A$  nach  $E$  keine Sicht möglich ist, so bedarf man noch des Scheitelpunktes  $S$  (Fig. 674). Man steckt dann von  $A$  und  $E$  aus gegen  $S$  hin ab.

Die Berechnung und Absteckung der Hauptpunkte geschieht, einschliesslich der notwendigsten Proben, wie folgt. Ausser

$$TA = TE = r \cot^{1/2} \tau$$

hat man

$$TS = r \operatorname{cosec}^{1/2} \tau - r$$

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 gemäfs 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 gröfseren 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.

die Aussicht behindert ist, wenigstens vorläufig. Denn es bietet die wichtige Gewähr, dafs 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.

Es kann vorkommen, daß  $T$  nicht unmittelbar als Schnittpunkt der Haupttangente  $TA$  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. 675 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, wenn nicht etwa in der Verlängerung von  $PQ$  ein fernes, scharfes Ziel einzustellen möglich. Man messe ferner  $PQ$  und löse Dreieck  $PTQ$  auf.

$$TP = PQ \cdot \frac{\sin Q}{\sin \tau}; \quad TQ = PQ \cdot \frac{\sin P}{\sin \tau}.$$

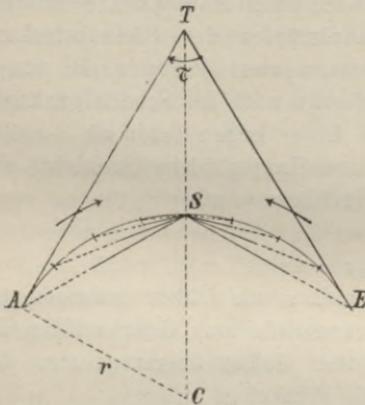


Fig. 674.

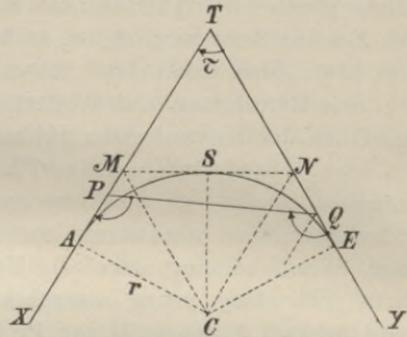


Fig. 675.

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  $PT:QT$ , so daß der Schnittpunkt — worauf, soviel bekannt, S. Wellisch und E. Hammer hingewiesen haben — 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 zweckmäÙig aus dem analytischen MaÙ  $\pi - \tau$  des Zentriwinkels, indem man es mit dem Radius multipliziert. Diese Rechnung wird geprüft, wenn man auch das MaÙ der Kleinbogen selbständig berechnet und mit dem GesamtmaÙ aller vergleicht. Bedeutet  $\omega''$  die Sekundenzahl,  $\omega'$  die Minutenzahl des Peripheriewinkels  $\omega$ ,  $b$  die Bogenlänge des zugehörigen Kleinbogens, so ist offenbar

$$b = 2r \cdot \frac{\omega''}{206265} = 2r \cdot \frac{\omega'}{3437,7}$$

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.

Den *radialen* Abstand  $z$  eines Punktes  $G$  vom Kreis, den die Peripheriewinkelprobe aufdeckt, finden wir aus Fig. 676. Ist  $\varphi$  der Peripheriewinkel über  $AB$ , und  $\sphericalangle \gamma$  entweder in  $G$  gemessen oder aus Messungen in  $A$  und  $B$  bekannt, so liefert Dreieck  $ADG$ :

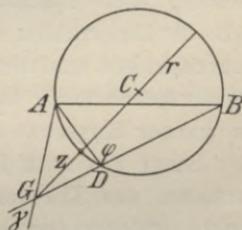


Fig. 676.

$$GD = \frac{GA \sin(\varphi - \gamma)}{\sin \varphi}$$

Multipliziert man dies beiderseits mit  $GB$  und beachtet den bekannten Kreissatz, wonach

$$z(2r + z) = GD \cdot GB,$$

so folgt:

$$z = \frac{GA \cdot GB \sin(\varphi - \gamma)}{(2r + z) \sin \varphi},$$

und rechts als erstes Glied einer schnell fallenden Potenzreihe nach  $z$ :

$$z = \frac{GA \cdot GB}{AB} \sin(\varphi - \gamma) = v \cdot v' \cdot AB \sin(\varphi - \gamma),$$

worin  $v$  und  $v'$  Seiten- oder Sinusverhältnisse darstellen, z. B.  $v = GA : AB = \sin B : \sin \gamma$ . Den  $\sin(\varphi - \gamma)$  durch den Arkus vertauschend, bekommt man, wenn die Minutenzahl wie vorhin bezeichnet wird:

$$z = \frac{GA \cdot GB}{AB} \cdot \frac{(\varphi - \gamma)}{3438} = v \cdot v' \cdot AB \cdot \frac{(\varphi - \gamma)}{3438},$$

welcher Wert bei gegebenem  $\varphi - \gamma$  absolut genommen am größten ist, wenn  $G$  gegenüber dem Scheitel des Bogens  $ADB$  liegt. Je nachdem  $(\varphi - \gamma) \lesseqgtr 0$ , liegt  $G$  außerhalb oder innerhalb des Kreises. Ist  $\varphi - \gamma$  um  $\delta$  Minuten unsicher, so beträgt in der Nähe des Bogenscheitels die Unsicherheit von  $z$  nicht mehr als  $AB \cdot \delta : 6876$ , solange Bogen  $ADB < r\pi$ .

Die Berechnung von  $z$  bietet eine wertvolle Mefssprobe und selbst eine Methode der Kreisabsteckung dar, nämlich den Übergang von Punkten in der Nähe der Peripherie zu Kreispunkten.

## § 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, so daß 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. 674 (S. 758), von Tangente oder Sehne aus nach Koordinaten abgesteckt werden. Denn durch bloßes Versetzen des Theodolits nach einem bereits scharf abgesteckten Kreispunkte, 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 Mefssproben und die Bequemlichkeit beim Einschalten von Stationspunkten, Querprofilen usw. 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 erhält, 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 Abzissenachse in die Berührende  $AT$  (Fig. 677). 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:

$$y_1 = s \sin \omega; y_2 = y_1 + s \sin 3\omega \dots y_n = y_{n-1} + s \sin (2n-1)\omega$$

$$x_1 = s \cos \omega; x_2 = x_1 + s \cos 3\omega \dots x_n = x_{n-1} + s \cos (2n-1)\omega;$$

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 Bogenabstände abzustecken, berechnen wir (Fig. 678), wenn der Peripheriewinkel  $\alpha$  über

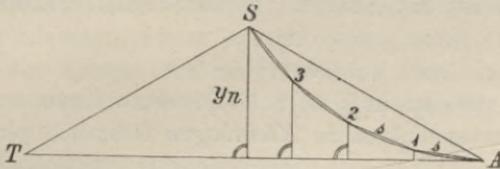


Fig. 677.

dem ganzen Bogen bekannt ist, die Richtungswinkel des Sehnenpolygons, nämlich

$$\alpha - \omega, \alpha - 3\omega \dots \alpha - (2n - 1)\omega$$

und die Koordinaten

$$y_1 = s \sin(\alpha - \omega); y_2 = y_1 + s \sin(\alpha - 3\omega) \dots y_n = y_{n-1} + s \sin(\alpha - (2n - 1)\omega);$$

$$x_1 = s \cos(\alpha - \omega); x_2 = x_1 + s \cos(\alpha - 3\omega) \dots x_n = x_{n-1} + s \cos(\alpha - (2n - 1)\omega).$$

Man übersieht leicht, daß man sich mitunter einige Glieder von diesen Reihen zu berechnen sparen kann, wenn nämlich die Punkte 1, 2...

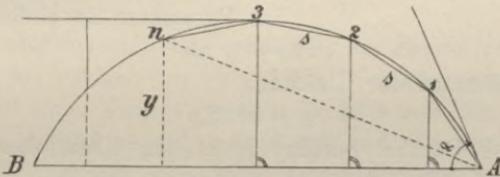


Fig. 678.

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 eine Sehne beziehen, wie es die Fig. 678 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 Mafsverhältnisse 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. 677) nebenbei zum *vorläufigen Einschalten* von Kurvenpunkten in *Kleinbogen* Gebrauch gemacht. Benutzt man sie zum *Abstecken eines Kurvenzweiges* gemäß Fig. 679, 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 Abszissen-, also ungleichen Bogenintervallen.

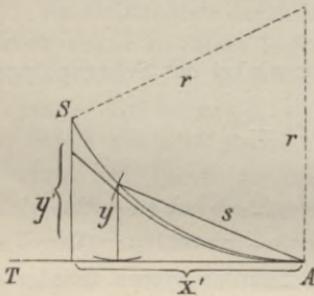


Fig. 679.

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  $S$ .

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 überzeugen, wie genau er, bei verschiedener Länge von  $AB$ , den Kreis abzustecken vermag. Dabei handelt es sich um den günstigsten Fall der *Absteckung 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 Abweichung dieser Ebenen von der lotrechten Lage dann ziemlich unschädlich, wenn wenigstens *ein* Schenkel des abzusetzenden rechten Winkels wagrecht bleibt.

Ein Winkelspiegel oder ein Spiegelkreuz mit verstellbaren Spiegeln (beim Spiegelkreuz liegen die beiden Spiegel übereinander und ihre Ebenen schneiden sich in ejner lotrechten Geraden) oder eine dem Spiegelkreuz

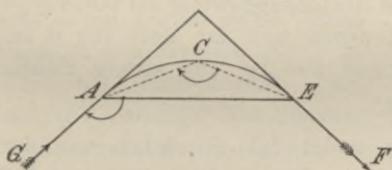


Fig. 680.

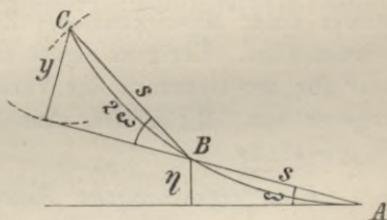


Fig. 681.

entsprechende Prismenverbindung gestatten die Einstellung anderer konstanter Winkel als solcher von  $90^\circ$ . Ist z. B. in Fig. 680 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 denen man, bei der nämlichen Spiegelstellung,  $A$  auf  $E$  gedeckt sieht, liegen auf dem Kreisbogen  $ACE$ . Die Berührende  $AG$  kann den gegebenen Punkt  $C$  ersetzen. Denn da  $\sphericalangle EAG = \sphericalangle ECA$ , so bekommen die Spiegel genau dieselbe Stellung zueinander, 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 Beschränkungen. 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.

<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.

Unter dem *Einrücken von der Sekante aus* wird ein einfaches Verfahren der *Verlängerung* begonnener Kreisabsteckungen verstanden. Sind (Fig. 681) zwei Endpunkte  $A$  und  $B$  eines Kleinbogens auf dem Felde gegeben und sein Radius  $r$  bekannt, so misst man die Sehne  $s$ , berechnet daraus den Peripheriewinkel  $\omega = \arcsin(s : 2r)$ , 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. Aushilfswise 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 grofser 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. 680) in die ungefähre Richtung  $EF$  einlenken will, ohne dafs 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, dafs sie an dem vorigen Kurvenpunkt im Abstand  $\eta$  vorübergeht. Ihre Verlängerung stellt die Gerade  $EF$  dar. Aber man sieht bald ein, dafs, wenn nicht die Lage von  $EF$  in weiten Grenzen wählbar ist, erst mehrere Versuche mit der Wahl von  $A$  und  $r$  dahin führen werden, dafs 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 mittels Einrückens vorgeht, als wäre die neue Richtung noch wählbar. Und wirklich mufs 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 Wendeplatten*. 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 stärkstzulässigen 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. 682).

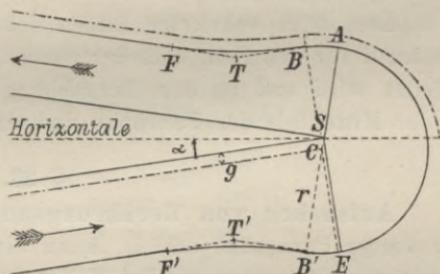


Fig. 682.

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  $S$  zusammenfällt. Im Gebirge bestehen diese Gräben oft nur aus einer schmalen Rinne zwischen dem Böschungsfuss und unbehauenen Tannenstämmen, 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 Stämmen. In solchen Fällen beträgt  $g$  nur wenige Zentimeter und kann vernachlässigt werden.

Zweckmäfsig wird man an dem ortsüblichen Fuhrwerke, und zwar der Wegbestimmung gemäfs, dem mit Steinen, Stämmen, 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

<sup>1)</sup> Nur bei Wegen, auf welchen lange Stämme abgefahren 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. (v. Schleichs Kalender für Geometer und Kulturtechniker, Artikel Wegbau, von Schaal.) Für solche Stämme ganz horizontale Wendeplatten zu gewinnen, ist an steilen Bergabhängen schwierig. Rheinhard gibt ihnen daher eine mälsige Steigung und verlängert zugleich die Bahn der Umkehr, indem er deren Mittelpunkt in der Horizontalen (Fig. 682) ziemlich weit rechts von  $S$  wählt. Näheres a. a. O.

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 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. 683). 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.

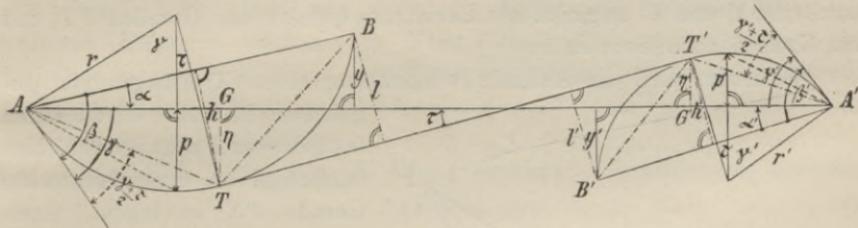


Fig. 683.

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 Mafse, 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 Mefspalten 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:

$$TB = 2r \sin (\alpha + \frac{1}{2} (\gamma - \tau)); \quad T'B' = 2r' \sin (\alpha' + \frac{1}{2} (\gamma' - \tau)).$$



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 untunlich; 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 Maße, 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:

$$s r = q, \quad (1)$$

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, so daß 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, daß der Kreis, den die Übergangskurve berühren soll, nicht mehr die Gerade berühren kann, sondern ein wenig zur Seite geschoben sein muß. Und ferner, daß kein Kegelschnitt sich als Übergangskurve eignet, weil keiner im Endlichen den Krümmungsradius  $\infty$  erreicht. Man ist übereingekommen, die *kubische Parabel*<sup>3)</sup>

$$y = \frac{s^3}{6q} \quad (3)$$

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Das Gefälle des An- oder Abstieges soll nicht stärker als 1:200 sein.

<sup>3)</sup> 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.

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 Abszissenachse einschließt. (Fig. 685.)

Differenziert man nämlich Gleichung (3) nach  $s$ , so folgt:

$$\frac{dy}{ds} = \frac{s^2}{2q} = \sin \tau. \quad (5)$$

Differenziert man letztere Gleichung nach  $\tau$  und  $s$ , so läßt sich bilden

$$\frac{d\tau}{ds} = \frac{s}{q \cos \tau} = \frac{1}{r}, \quad (6)$$

denn allgemein ist  $r d\tau = ds$ . Aus (6) folgt die Beziehung (4).

Also sehen wir die Bedingung (1) durch die kubische Parabel nicht streng erfüllt, sondern nur sehr nahe, insofern  $\cos \tau$  in (4) selbst bis zum Endpunkt  $N$  der Kurve der Eins sehr nahe bleibt. Dabei ist eine große

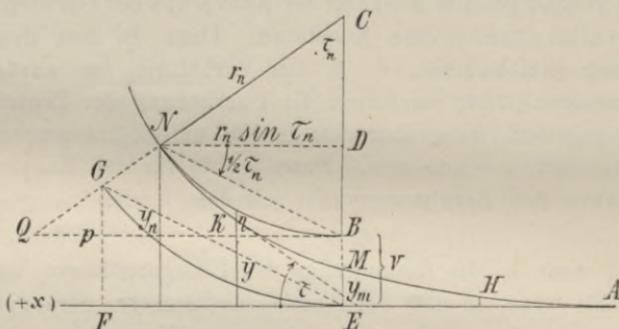


Fig. 685.

Hauptsache, der stetige Übergang der Krümmungsradien von  $r = \infty$  bis  $r = r_n$ , jedenfalls gewahrt. Anstatt (2) werden wir aber nun zur Bestimmung von  $q$  zu setzen haben:

$$r_n s_n = q \cos \tau_n, \quad (7)$$

während aus (5) folgt:

$$s_n^2 = 2q \sin \tau_n,$$

woraus, wenn man durch die beiden Seiten voriger Gleichung dividiert und mit  $r_n$  multipliziert,

$$s_n = 2r_n \operatorname{tg} \tau_n \quad (8)$$

hervorgeht, eine Größe, die wir in  $2BQ$  erkennen.

Man darf mit großer Annäherung annehmen, daß man den Anfangspunkt  $A$  der Übergangskurve erhält, wenn man von  $E$  aus, dem Berührungspunkte des abgesteckten Kreises vor dessen Verschiebung, die Strecke  $r_n \operatorname{tg} \tau_n$  auf der Berührenden absetzt, oder, da die Kurve länger als ihre Abszisse, ein um ein Geringes kleineres Maß, dessen Feststellung noch vorbehalten

bleibt, das aber keinesfalls kleiner werden darf als  $r_n \sin \tau_n$ . In  $M$ , dem Kurvenpunkt über  $E$ , nehmen wir nun die Mitte der Kurve an, und das Kurvenstück  $MN$ , das augenscheinlich gröfser als der Kreisbogen  $BN$  ist, wird sich dem Mafse  $r_n \operatorname{tg} \tau_n$  sehr nähern.

Zur Berechnung von  $EB = v$ , der Verschiebung des Kreises, liefert Fig. 685:

$$v = ED - BD = y_n - r_n \sin \tau_n \operatorname{tg}^{\frac{1}{2}} \tau_n. \quad (9)$$

Nun wird durch Vereinigung von (3) und (5) leicht gefunden:

$$y = \frac{1}{3} s \sin \tau.$$

Wir drücken hiernach  $y_n$  in (9) aus und erhalten:

$$v = \frac{1}{3} s_n \sin \tau_n - r_n \sin \tau_n \operatorname{tg}^{\frac{1}{2}} \tau_n.$$

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 Klammergröfse nach (8) zu deuten ist. Also gilt:

$$\begin{aligned} v &= (\frac{1}{3} - \frac{1}{4}) s_n \sin \tau_n = \frac{1}{12} s_n \sin \tau_n; \\ v &= \frac{1}{4} y_n. \end{aligned} \quad (10)$$

Gemäfs (9) ist  $BD = ED - v = y_n - v = \frac{3}{4} y_n$ , also:

$$v = \frac{1}{3} BD, \quad (11)$$

wobei zu späterem Gebrauch bemerkt sei, dafs  $\frac{1}{3} FG$  im Verhältnis  $(r_n + v) : r_n$  gröfser als  $\frac{1}{3} BD$ , dem strengen Werte (9) für  $v$  aber noch etwas näher gelegen ist als (10) und (11).

Blicken wir auf Gleichung (3) zurück, so erkennen wir, dafs wegen deren kubischer Gestalt, wenn  $AH = HM = MK = \frac{1}{4} s_n$ , sein mufs:

$$\left. \begin{aligned} \text{die Ordinate von } M \text{ oder } y_m &= \frac{1}{8} y_n = \frac{1}{2} v; \\ \text{die Ordinate von } H \text{ oder } y_h &= \frac{1}{8} y_m = \frac{1}{16} v; \\ \text{die Ordinate von } K \text{ oder } y_k &= \frac{27}{8} y_m = \frac{27}{16} v. \end{aligned} \right\} (12)$$

Punkt  $K$  läfst sich auch vom Scheitelpunkt des Kreisbogens  $BN$  aus gegen die Abszissenachse herabtragen, und zwar mit dem Mafse  $\eta = y_h$  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  $\frac{3}{4} v$ . Nun ist zu bilden  $\eta = \frac{1}{16} v - y_k = \frac{25}{16} v - \frac{27}{16} v = \frac{1}{16} v$ , 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, dafs

$$\eta = \frac{\sigma^3}{6q},$$

<sup>1)</sup> Nämlich blofs  $\frac{1}{2} (QN - BD)$ .

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. 686.) Die Gesamtlänge der Übergangskurve wird *ungefähr* auf 20 m bemessen, welches auch die ungefähre Länge der Kleinbogen beim Abstecken der Hauptkurve war. Die beiden äußersten Kleinbogen  $b$  hat man entweder schon bei der Hauptabsteckung halbiert, oder man halbiert sie nachträglich in voller Strenge durch das in § 5 dargestellte Verfahren. Die äußerste Hälfte  $EG$  wird nochmals halbiert. Vom Berührungspunkte  $E$  aus trägt man die *Sehne*  $EG$  des halben Kleinbogens, entweder berechnet ( $2r \sin \frac{1}{2} \omega$ ) oder im Felde unmittelbar abgenommen, auf der Berührenden ab und erhält so  $A$ , den Anfangspunkt der Übergangskurve. Die Größe  $v$  wird nach (11) entweder berechnet ( $\frac{1}{3} \cdot 2r \sin^2 \frac{1}{2} \omega$ ) oder als  $\frac{1}{3}$  des Pfeiles  $p$  vom Kleinbogen ( $p = EG^2 : 2r$ ;  $v = EG^2 : 6r$ ) unmittelbar abgesetzt, wodurch man den Endpunkt  $N$  der Kurve erhält. Um  $v$  werden alle Punkte des Kreisbogens radial verschoben, *der Radius des Kreises also um diesen Betrag*

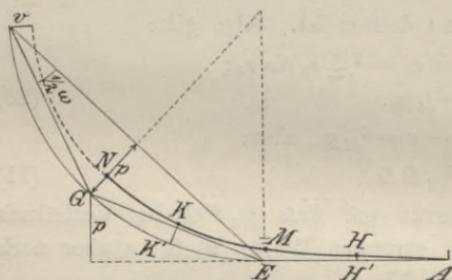


Fig. 686.

*verkürzt.* In  $H'$  setzt man  $\frac{1}{16} v$  normal zu  $AE$ , in  $E$  und  $K'$  die Mafse  $\frac{1}{2} v$  und  $\frac{15}{16} v$  radial ab, und man besitzt 5 Punkte der Übergangskurve, welche völlig ausreichen, von denen sogar oft 3 genügen.  $H'$  und  $K'$  verschafft man sich durch Halbieren der Strecke  $EA$  und des Bogens  $EG$ . Doch kann

man auch von dem *Halbierungspunkt der Sehne*  $EG$  aus  $\frac{3}{16} v$  nach innen abtragen, um  $K$  zu erhalten. Dies setzt nur voraus, daß der Pfeil  $p'$  des halben Kleinbogens (also der Pfeil über  $EG$ ) genau genug durch  $p' = \frac{1}{4} p$  wiedergegeben sei, und das gilt noch für  $r = 50$  m.

Selbstverständlich lassen sich sämtliche vier Mafse auch von der Abszisse aus abtragen, nämlich, nachdem  $v = \frac{1}{3} p$  bekannt, die Mafse  $\frac{1}{16} v$ ,  $\frac{1}{2} v$ ,  $\frac{27}{16} v$ ,  $4 v$ . Doch ist vorstehendes Verfahren, da es sich einzig auf die Sehne  $EG$  stützt, in sich konsequent und sehr scharf. Auch die Verkürzung des Kreisradius um das unbedeutende Maß  $v$  ist bequemer als Abstecken des Kreises von den um  $v$  verschobenen Berührenden aus. Auf Absteckung der Trace ohne Übergangskurven sollte man nicht verzichten, weil anders Irrungen oder mangelnde Schärfe schwer zu vermeiden sind. Übergangskurven haben überhaupt nur Sinn an scharf abgesteckten Bahntracien.

Der Anstieg zum überhöhten äußeren Schienenstrang soll mit dem Gefälle 1 : Minimalradius und mit keinem geringeren als 1 : 200 erfolgen.<sup>1)</sup> Für Haupt-

<sup>1)</sup> Die nachfolgenden Notizen stützen sich u. a. auf die wertvolle Zusammenstellung von Vereinbarungen des Vereins deutscher Eisenbahnverwaltungen,

bahnen ist 300 m der Minimalradius, Halbmesser unter 180 m sind nur ausnahmsweise zulässig. Für Kleinbahnen mit normaler Spur (1,435 m lichte Weite 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 Abszissenachse 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

welche sich in Veltmann und Kolls Formeln der niederen und höheren Mathematik usw., 3. Aufl., Bonn 1899, findet.

1000 m werden.<sup>1)</sup> Die innere Schiene wird zu dem Zweck etwas verschoben. 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 ungern überschritten. Neigungen von mehr als 1 : 25 sollten vermieden werden. Die Neigungswechsel sind mittels 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>2)</sup>

<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.

<sup>2)</sup> Veltmann & Koll, a. a. O. S. 78 und 79.

Betrachten wir das Profil der Leitlinie in Fig. 614 (S. 662), so entspricht es mit Ausnahme der untersten Strecke, welche mit 1:20 steigt, der vorstehenden Neigungsvorschrift, und auch davor wird man sich bei 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 Nebwinkel  $\beta$  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, so daß 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. 671 (S. 751) das Tangentenstück  $t$  dem Bogenstück  $ES$  gleich wäre, weil  $ETA = \tau$  sehr stumpf, sein Nebwinkel  $\beta$  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 Bogenscheitels 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  $t = \frac{1}{2}t_0$  ist also  $x_i = \frac{1}{4}x_0$  usw.

## § 27.

**Böschungsschnitt im Gelände, Profildreiten, 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 Auszug daraus mit den lotrechten Abständen  $h$  der Leitlinie des Bauwerks von den durch Grundpfähle bezeichneten Geländepunkten. Ferner muß der wagrechte Querabstand  $b$  der Leitlinie im Planum von der Böschung bekannt sein, also für Auftrag die halbe „Dammkronbreite“, für An- und Einschnitte die halbe „Sohlenbreite“. <sup>1)</sup> Erstere bleibt sich für ein gegebenes Böschungsverhältnis immer gleich, letztere ebenfalls, solange kein oder ein Graben von unveränderlicher Tiefe den Fufs der Böschung begleitet. Das Böschungsverhältnis  $1:q$  (Höhe zu Anlage der Böschung) muß ebenfalls bekannt sein.

Will man die Aufgabe scharf fassen, so muß sie lauten: Gesucht in der Richtung des Querprofils bis auf 0,5 cm genau ein Punkt der

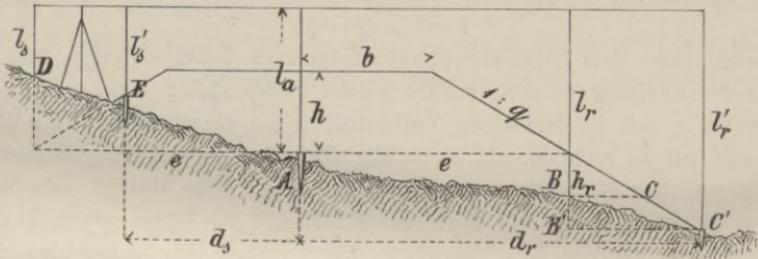


Fig. 687.

Böschung, der durch einen Pflockkopf zu bezeichnen ist und bis zu 5 cm über oder unter dem gewachsenen Boden liegen darf.

1. Lösung (Fig. 687) für Auftrag. Man entnimmt dem Längenprofil die Größe  $h$  und berechnet  $e = b + hq$  oder den Horizontalabstand der Böschung in Höhe des Profilpflockes A. Nun wird die Ziellatte auf A aufgesetzt und  $l_a$  aus nächster Nähe am Nivellierinstrument abgelesen, worauf man im Abstände  $e$  von A die Ziellatte zu Boden setzt und  $l_r$  abliest. Verliefe das Gelände von B aus wagrecht, so wäre  $q(l_r - l_a) = q h_r = BC$  abzutragen und in C ein Pflock so einzutreiben, daß die auf ihm ruhende Latte die Ablesung  $l_r$  wieder zeigte, was nach geringer Übung äußerst rasch erreicht wird. Fällt aber das Gelände von B nach C hin bis zum Böschungsfuß, so wird abgeschätzt um wieviel, und dieser Betrag zu  $h_r$  gefügt. Die Summe heiße  $h'_r$ . Man bildet  $qh'_r = B'C'$

<sup>1)</sup> Man erhält aus Fig. 612, S. 659, durch Rechnung die halbe Kronenbreite  $b_1 = 3,00 - 1\frac{1}{2} \cdot 0,15 = 2,78$ , die halbe Sohlenbreite  $b_2 = b_1 + 0,50 + 2 \cdot 1\frac{1}{2} \cdot 0,6 = 2,78 + 2,30 = 5,08$ . Für den Felseneinschnitt wird die halbe Sohlenbreite  $b_3 = b_2 - 1\frac{1}{2} \cdot 0,6 + \frac{1}{2} \cdot 0,6 = 5,08 - 0,60 = 4,48$ .

und treibt in  $C'$  einen Pflock ein, bis  $l'_r$  die Zielhöhe  $l_a + h'_r$  auf  $\frac{1}{2}$  cm genau zeigt. Doch überzeugt man sich zuvor durch Aufsetzen der Latte auf den Boden bei  $C'$ , ob die Schätzung innerhalb  $\pm 0,05$  m richtig war, da man sonst  $h'_r$  um ein oder mehrere ganze Dezimeter verändert und die Ziellatte 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  $l_s < l_a$ , das 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  $\frac{1}{2}$  cm genau erscheint, nötigenfalls nach Verbesserung des geschätzten  $h'_s$  durch Aufsetzen der Ziellatte auf den Boden.<sup>1)</sup>

Es darf nicht befremden, das man (nach Dezimetern) geschätzte Maße oder durch Schätzung veränderte Ablesungen über den Pflockköpfen in Strenge (d. h. innerhalb  $\frac{1}{2}$  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 *Messprobe* 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 Pflöcke  $E$ ,  $A$  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

<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 vonstatten 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.

Einschnittböschungen die gleiche Höhe wie Punkt  $A$  erreichen, gewinnt man nach der soeben gegebenen Anleitung mit Rücksicht auf Fig. 688 rasch die gewünschten Punkte  $C$  und  $E$ . Wenn hierzu ein Standwechsel nicht nötig, so kostet jeder Böschungspunkt 3 Minuten; die Meßprobe, zu welcher der Stand gewechselt werden muß, etwa ebensoviel.

**3. Lösung durch den Gefällmesser.** In Fig. 689 seien  $\gamma$  oder  $\gamma'$  die Quergefälle des geradlinig vom Leitpflock  $A$  bis zum Böschungs-

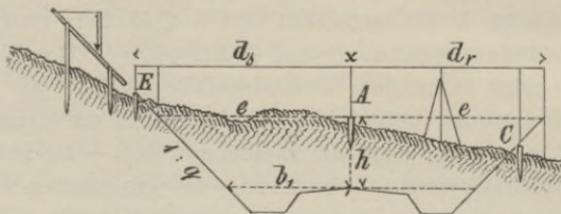


Fig. 688.

schnitt  $B$  oder  $B'$  nach gleichem Prozentsatz steigenden oder fallenden Geländes. Dann gelten die Gleichungen:

$$d = b + qh - q\gamma d; \quad d' = b + qh + q\gamma' d'.$$

Führen wir, um nach *einer* Formel rechnen zu können,  $\gamma' = -\gamma$  ein, indem wir das Gefälle  $\gamma'$  als negative Steigung  $\gamma$  auffassen, und lösen wir nach  $d$  (oder  $d'$ ) auf, so folgt für *Auftrag*:

$$d = \frac{b + qh}{1 + q\gamma}.$$

Für *Einschnitte* gilt diese Formel, wenn  $q$  und  $h$  entgegengesetztes Vorzeichen annehmen. Wollen wir jedoch stets mit den Absolutwerten

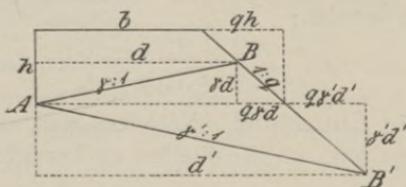


Fig. 689.

von  $q$  und  $h$  rechnen, dann muß für Einschnitte der Nenner  $1 - q\gamma$  heißen. Aber es ist besser, vorstehende *einheitliche Formel* beizubehalten, weil sie auch Fälle umfaßt, worin  $h \geq 0$ , während  $q \leq 0$ . Zuweilen geht nämlich die erweiterte Dammkrone *über*  $A$  seitwärts in die Sohle eines Anschnittes über, oder die vermutete Sohle eines Einschnittes *unter*  $A$  muß seitwärts durch Aufschüttung ergänzt werden.

*Anwendung:* Man stellt sich über  $A$ , sendet eine Zielmarke in Augenhöhe in die Nähe von  $B$  und mißt die Steigung  $\gamma$  (die man, wenn

in Prozenten ausgedrückt, durch 100 dividiert), worauf  $d$  berechnet und abgesetzt wird. Nach dem gefundenen Punkte zielend, prüft man  $\gamma$  und 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

$$\frac{(1 + q\gamma)}{a} \cdot \frac{d}{x} = \frac{b + qh}{y}$$

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

$$\log(1 + q\gamma) + \log d = \log(b + qh)$$

$$\frac{x}{x} + \frac{y}{y} = \frac{z}{z}$$

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, so daß sie mit dem Querschnitt der Böschung zusammenfällt. Die richtige Neigung gibt man dem „*Lattenprofil*“ (Fig. 688) 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 Pflöck 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 M. 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 Böschungsränd begleitet, gleicht auch die Ungenauigkeit der Profilbreiten aus, welche davon herührt, daß die Bodenoberfläche unstetig ist.

Einen ähnlichen Zweck, wie für das Erdbauwerk die Lattenprofile, erfüllen für die sogen. Kunstbauten (Brücken, Durchlässe usw.) die *Schnurgerüste*. Es sind dies niedrige Böcke, aus zwei Pfählen und einer sie querverbindenden, hochkantig befestigten, 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 (bei Bedarf) 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.<sup>1)</sup>

Als bekannt wird vorausgesetzt, dass in einem unebenen oder windschiefen Viereck sich zwei Systeme von Geraden ziehen lassen, und dass jede Gerade des einen Systems zwei Gegenseiten und alle Geraden des andern Systems nach gleichem Verhältnis teilt. Vergl. des Verf. „Praktische Geometrie“, II, S. 122.

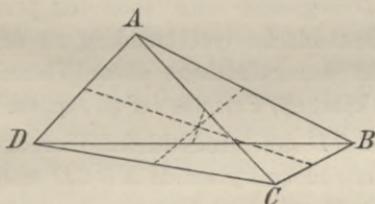


Fig. 690.

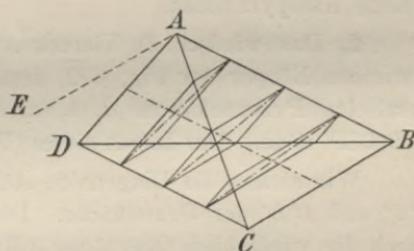


Fig. 691.

1. Eine dreiseitige Pyramide  $ABCD$  (Fig. 690) läßt sich auf drei verschiedene Arten durch windschiefe Vierecke halbieren, die je vier von den Pyramidenkanten enthalten.<sup>2)</sup> Es sind die Vierecke  $ABCD$ ,  $ACDB$ ,  $ADBC$ . Die zwei übrigen Kanten sind jedesmal Diagonalen der windschiefen Vierecke. — Umgekehrt wird jedes windschiefe Viereck als Raumfigur durch seine Diagonalen zu einer dreiseitigen Pyramide ergänzt, die es halbiert.

Als Beispiel sei in Fig. 691 das windschiefe Viereck  $ABCD$  gewählt.  $AE$  sei parallel  $BC$  gezogen. Die der Pyramide eingeschriebenen Parallelogramme stehen alle parallel der Ebene  $DAE$ . Ihre strichpunkt-

<sup>1)</sup> Es wird hier im wesentlichen eine vom Verfasser gegebene Darstellung in der Zeitschrift f. Vermessungswesen 1905, Heft 8, S. 169 ff., wiederholt.

<sup>2)</sup> Nach Richard Baltzer, „Elemente der Mathematik“, Bd. II, 4. Aufl. Leipzig 1874, S. 240, ist vorstehender Satz schon bei Möbius und Steiner zu finden.

tierten Diagonalen gehören dem windschiefen Viereck  $ABCD$  an, dessen Gegenseiten  $AB$  und  $DC$  sie nach gleichem Verhältnis teilen.

Die Kante  $BC$  stehe von der Ebene  $DAE$  um  $h$  ab; mit  $dh$  werde die Dicke einer unendlich dünnen Schicht zwischen zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden Parallelogrammen vom Flächeninhalt  $g$  und  $g + dg$  bezeichnet. Dann stellt  $gdh$  das Volum der Schicht, und

$$\int_0^h g dh = p$$

die Summe aller solcher Schichten oder den Inhalt  $p$  der Pyramide dar, während

$$\int_0^h \frac{g}{2} dh = \frac{p}{2}$$

den Inhalt eines der beiden Körper angibt, in welche die Pyramide zerfällt, wenn jeder ihrer Parallelschnitte durch die Diagonale in zwei gleiche Dreiecke zerlegt wird. Die Fläche, welche alle diese Diagonalen enthält, das windschiefe Viereck  $ABCD$ , teilt also die Pyramide in zwei inhaltgleiche Halbpyramiden.

**2.** Das windschiefe Viereck  $ABCD$  begrenze nach oben den prismatischen Körper der Fig. 692, dessen Grundfläche (rechtwinklig zu den parallelen Prismenkanten  $a, b, c, d$ ) das unregelmäßige ebene Viereck  $A'B'C'D'$  bilde. Der Inhalt dieses (Wilksischen) Prismas ist zu suchen.<sup>1)</sup>

Wir ziehen die Diagonalen  $AC$  und  $BD$  des windschiefen Vierecks,  $A'C'$  und  $B'D'$  der Grundfläche. Die entstandene Pyramide  $ABCD$  wird durch die windschiefe Oberfläche  $ABCD$  halbiert. Die Summe der unter der Pyramide liegenden dreiseitigen Prismen mit den Kanten  $d, a, b$  und  $b, c, d$  ist also um ebensoviele *kleiner* als die Summe der die Pyramide  *einschließenden*  dreiseitigen Prismen mit den Kanten  $a, b, c$  und  $c, d, a$  *größer* ist, wie das Wilksische Prisma. Alle vier dreiseitigen Prismen zusammen geben daher den doppelten Inhalt  $w$  des Wilksischen Prismas. Da nun der Inhalt eines dreiseitigen Prismas gleich dem arithmetischen Mittel der parallelen Kanten mal dem Querschnitt, so folgt:

$$w = \frac{d+a+b}{6} \cdot D'A'B' + \frac{b+c+d}{6} \cdot B'C'D' + \frac{a+b+c}{6} \cdot A'B'C' + \frac{c+d+a}{6} \cdot C'D'A'. \quad (1)$$

<sup>1)</sup> Vergl. Paul Wilski (jetzt Prof. a. d. Bergakademie zu Freiberg i. S.), „Kubatur eines prismatischen Körpers mit windschiefer oberer Grenzfläche und unregelmäßigem Viereck als Grundfläche“, Zeitschr. für Vermessungswesen 1892, S. 401; C. W. Baur, weiland Prof. a. d. Techn. Hochschule zu Stuttgart, „Die Kubatur des Wilksischen Prismas“, ebenda 1893, S. 115.

Fig. 693 stellt den Fall dar, daß Winkel  $A'D'C'$  überstumpf wird. Die Formel gibt  $w$  richtig wieder, wenn man dann Dreieck  $C'D'A'$ , dessen Grundriß bei dieser Punktfolge rückläufig umgangen wird, negativ einführt. Dies würde sich von selbst vollziehen, wenn man konsequent alle

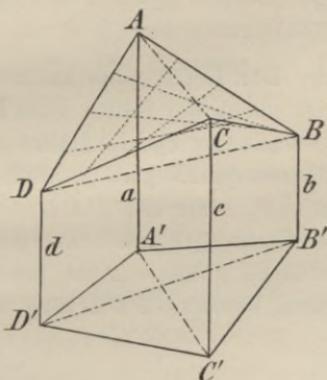


Fig. 692.

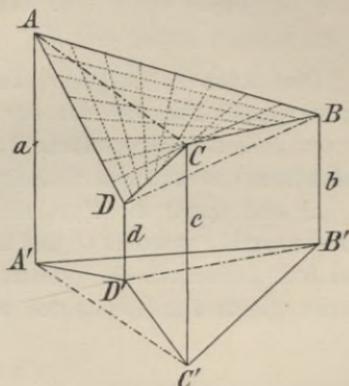


Fig. 693.

Dreiecke der Grundfläche durch zwei Kanten und den eingeschlossenen Winkel ausdrückte, z. B.  $C'D'A' = \frac{1}{2} C'D' \cdot D'A' \sin A'D'C'$ ;  $A'B'C' = \frac{1}{2} A'B' \cdot B'C' \sin C'B'A'$ . Ebenso, wenn man die Dreiecke der Grundfläche aus den Koordinaten ihrer Eckpunkte berechnete, die Reihenfolge der Buchstaben wie oben innehielte und die Quadrantenfolge des Koordinatensystems im Sinne der Uhrzeigerdrehung anordnete.

3. Als Übergang zu Körpern, die zwischen parallelen Endflächen von windschiefen Vierecken begrenzt sind, sei in Fig. 694 der besondere Fall des Wilksischen Prismas betrachtet, wo  $a = b$  und  $c = d = 0$ . Folglich:

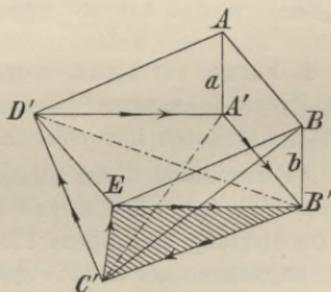


Fig. 694.

$$6w = 2a(D'A'B' + A'B'C') + a(B'C'D' + C'D'A'). \quad (2)$$

Setzt man  $A'B'C'D' = g$ , so gibt die Hälfte des ersten Gliedes rechterhand, mit dem zweiten vereinigt,  $2ag$ ; wenn dann noch  $a \cdot B'C'D'$  addiert und subtrahiert wird, so kommt:

$$6w = 3ag - a(B'C'D' - A'B'C'). \quad (3)$$

Zerlegen wir die Grundfläche  $A'B'C'D'$  in das Parallelogramm  $A'B'ED'$  und zwei Dreiecke, so läßt sich beweisen, daß in bezug auf die gemeinsame Basis  $B'C'$  die Höhe des Dreiecks  $B'C'E$  gleich dem Unter-

schied der Höhen von Dreieck  $B'C'D'$  und  $A'B'C'$ , was für den Fall  $B'A' \perp B'C'$  unmittelbar, und sonst durch einige leicht zu ziehende Hilfslinien<sup>1)</sup> zu erkennen ist. Man sieht ferner, daß  $BE \parallel AD'$ . Setzt man den Inhalt  $B'C'E = \mathcal{A}$ , so wird aus Gleichung (3):

$$w = \frac{ag}{2} - \frac{a\mathcal{A}}{6}. \quad (4)$$

Dies kann so ausgesprochen werden: Der Inhalt eines keilartigen Körpers gemäß Fig. 694 von der Höhe  $a$  ist gleich der Hälfte eines Prismas von derselben Grundfläche und Höhe, vermindert um die Hälfte einer gleich hohen Pyramide, deren Seitenkanten denen des Körpers parallel sind.

$\mathcal{A}$  und damit die Pyramide verschwindet, wenn  $B'C' \parallel A'D'$ ; beide werden negativ, wenn  $B'C'$  und  $A'D'$  gegen Kante  $C'D'$  hin konvergieren, wobei  $B'E$  außerhalb der (positiven) Grundfläche  $g$  fällt.  $\mathcal{A}$  ist, nebenbei bemerkt, gleich dem Inhalt des verschränkten Vierecks  $A'C'D'B'$ .

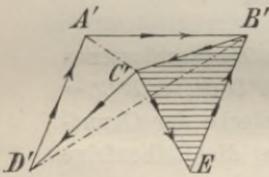


Fig. 695.

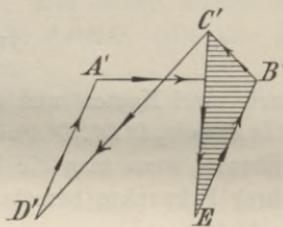


Fig. 696.

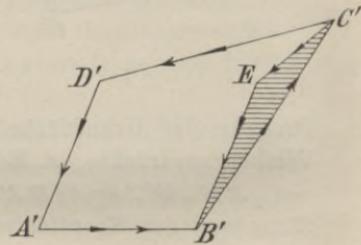


Fig. 697.

4. Formel (4) bleibt bestehen, wenn der Körper der Fig. 694 zu einer Pyramide zusammenschrumpft, d. h. wenn  $AB = 0$ . Ebenso für folgende, nur durch ihre Grundrisse dargestellten Fälle Fig. 695 bis 697.

An der Hand der Formeln (2) bis (4) und wenn ein für allemal  $g = A'B'C'D'$ ,  $\mathcal{A} = B'C'E$  gesetzt wird, wobei nach dieser Buchstabenfolge rechtsläufig umgangene Flächen und Flächenteile als positiv, linksläufig umgangene als negativ zu zählen sind, können die Ergebnisse der Kubatur folgerichtig gedeutet werden. Zu Fig. 696 fasse man auch noch den Fall ins Auge, daß  $C'$  auf  $B'$  fällt und  $\mathcal{A}$  unendlich schmal, nämlich durch die Linie  $B'E$  dargestellt wird.

5. Alle diese Fälle vereinigt der Körper  $L_1 \dots L_n M_1 \dots M_n$ , durch Fig. 698 im Grundrifs dargestellt, der von den  $n$ -Ecken  $L_1 \dots L_n$  und  $M_1 \dots M_n$  in zwei parallelen Ebenen vom Abstand  $a$  begrenzt, außerdem von den windschiefen Vierecken  $L_2 L_1 M_1 M_2$ ,  $L_3 L_2 M_2 M_3 \dots L_1 L_n M_n M_1$  umschlossen wird. Das  $n$ -Eck der  $L$  denken wir uns auf die darunter

<sup>1)</sup> Die Lote von  $E$ ,  $D'$  und  $A'$  auf  $B'C'$  und eine Parallele durch  $E$  zu  $B'C'$ .

liegende Ebene der  $M$  normal projiziert, ebenso die schrägen Kanten der windschiefen Vierecke. Die projizierenden Ebenen, die also normal zu den Ebenen der  $L$  und  $M$  stehen, begrenzen zwischen diesen ein gerades Prisma von der Grundfläche  $L_1 \dots L_n$  und der Höhe  $a$ , außerdem aber zusammen mit den windschiefen Vierecken eine Reihe keilartiger Körper von der in **3.** und **4.** behandelten Form, die sich jenem Prisma um- und einlagern. Der Gesamthalt dieser Keile ist gemäß (4):

$$\Sigma w = \frac{a}{2} \Sigma g - \frac{a}{6} \Sigma \Delta, \quad (5)$$

das Gesamtvolum  $V$  des Körpers der Fig. 698, wenn  $g'$  den Flächeninhalt von  $L_1 \dots L_n$  angibt:

$$V = a g' + \Sigma w = a g' + \frac{a}{2} \Sigma g - \frac{a}{6} \Sigma \Delta.$$

Nach den Erklärungen zu **3.** und **4.** gilt, wenn  $g''$  den Flächeninhalt von  $M_1 \dots M_n$  bedeutet:

$$g' + \Sigma g = g'',$$

folglich:

$$V = a \frac{g' + g''}{2} - \frac{a}{6} \Sigma \Delta; \quad (6)$$

in Worten: Ein Körper, der zwischen parallelen Endflächen von windschiefen Vierecken umschlossen wird, so daß zwei Gegenseiten jedes Vierecks in den Endflächen liegen, ist an Inhalt gleich einem (geraden) *Prisma* zwischen denselben Ebenen, dessen Querschnitt dem arithmetischen Mittel der beiden Endflächen entspricht, vermindert um den halben Inhalt einer *Pyramide* von derselben Höhe, deren Seitenkanten der Reihe nach den Seitenkanten jenes Körpers parallel gezogen werden.<sup>1)</sup>

In Fig. 699 ist zu Fig. 698 ungefähr im doppelten Maßstabe und mit Absicht nicht ganz getreu die Grundfläche  $\Sigma \Delta$  der Pyramide dargestellt. Von  $O$  aus sind parallel den Seitenkanten des kubierten Körpers die Strahlen  $O1, O2 \dots On$  gezogen und ihre Endpunkte geradlinig verbunden. Die entstehenden Dreiecke  $\Delta_1 = O12, \Delta_2 = O23 \dots \Delta_n = On1$  sind positiv zu nehmen, wenn sie nach dieser Ziffernfolge rechtsläufig umgangen werden, sonst negativ. Alle rechts- und linksläufig umgangenen Teile der Grundfläche tilgen sich, und es bleibt als  $\Sigma \Delta$  das  $n$ -Eck  $12 \dots n$ , das selbst wieder ganz oder in einzelnen Teilen positiv oder negativ sein kann, je nachdem es wie in Fig. 699 ganz oder wie in Fig. 703 teilweise rechts- oder rückläufig umschritten wird. Ein Planimeter, dessen Fahrstift den Umfang  $12 \dots n$  im Sinne des Pfeiles der Seite  $12$  umlief, würde den Inhalt  $\Sigma \Delta$  algebraisch richtig ergeben.

<sup>1)</sup> Nach Richard Baltzer a. a. O. ist Formel (6) von Steiner bewiesen worden.

Verbinden wir den willkürlich gewählten Punkt  $O'$  statt  $O$  mit  $1, 2 \dots n$  (Fig. 699), so entsteht die nämliche Figur, die wir für die Grundfläche der zugeordneten Pyramide erhalten würden, wenn in Fig. 698 sämtliche Punkte  $L$  parallel  $OO'$  und um dessen (halben) Betrag verschoben wären. Da nun in Fig. 699 die Fläche  $\Sigma \Delta = 1 2 \dots n$  un-

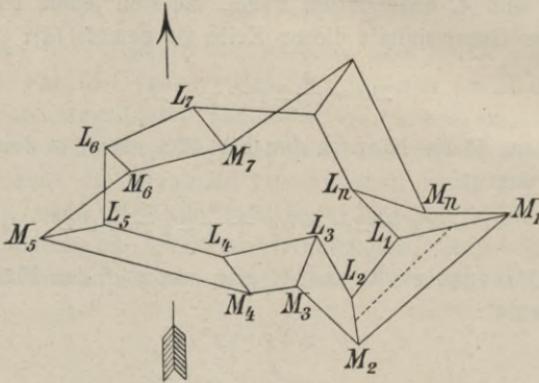


Fig. 698.

verändert bleibt, so folgt, daß die der Fig. 698 zugeordnete Pyramide ihren Inhalt nicht ändert, wenn die parallelen Endflächen des kubierte[n] Körpers sich gegeneinander verschieben, ohne sich dabei zu drehen. Das erste Glied von (6) würde selbst bei einer Drehung unverändert bleiben.

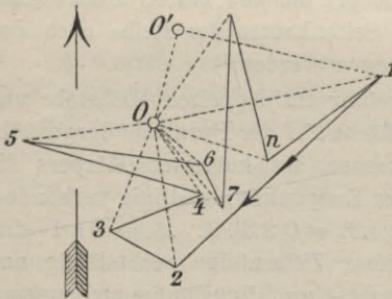


Fig. 699.

Wie auch die Endflächen des Körpers der Fig. 698 zueinander liegen mögen, auf einem parallel verschiebbaren, vielleicht linierten Blatt Pauspapier wird die Grundfläche der beigeordneten Pyramide immer leicht zu zeichnen sein, indem man  $O$  der Reihe nach auf alle Punkte  $L_1 \dots L_n$  legt und jedesmal die Lage des zugehörigen Punktes  $M$  paust. Werden, wie bei einer Bergschicht zwischen Niveaukurven, die windschiefen Seiten-

flächen unendlich schmal, so muß man sich begnügen, für die zugeordnete Pyramide einzelne charakteristische Seitenkanten in geeigneten Abständen zu übertragen. Stetigen Niveaukurven entspricht auch eine stetig begrenzte Grundfläche der Pyramide, die dann zum Kegel wird.

Das  $n$ -Eck der Fig. 699 entsteht auch, wenn man alle Strahlen  $O 1 \dots O n$  rückwärts zieht und ihre Endpunkte verbindet. Es entsteht so das Abbild der dem Körper der Fig. 698 zugeordneten Pyramide, deren

Spitze in der Ebene der  $M$  und deren Basis in der Ebene der  $L$  liegt, während Fig. 699 als Abbild der zugeordneten Pyramide von umgekehrter Lage gelten kann. Beide Pyramiden sind nach Gestalt und Bedeutung vollkommen identisch.

Erwähnt sei noch, daß es nur besondere Fälle des Körpers der Fig. 698 darstellt, wenn einzelne oder alle windschiefen Grenzflächen zu Ebenen werden, z. B. wenn zwei Nachbarpunkte  $L_1$  und  $L_2$  oder  $M_3$  und  $M_4$  zusammenfallen, zwei oder mehr Nachbarkanten, z. B.  $L_6 M_6$  und  $L_7 M_7$  oder  $L_4 L_5$  und  $M_4 M_5$  parallel werden usw.

6. Ein Körper, der zwischen parallelen Ebenen noch von einer beliebigen geradlinigen Fläche begrenzt ist, kann so betrachtet werden, als zerfalle seine Seitenfläche in endliche oder unendlich kleine windschiefe Vierecke. Wir haben es dann mit einem vielfächigen Körper der Fig. 698 zu tun und die zugeordnete Pyramide (Fig. 699) so zu konstruieren, daß ihre Kanten den Seitenkanten des Körpers der Reihe nach parallel sind. Es entsteht ein Kegel, wenn die Kanten der geradlinigen Fläche einander unendlich nahe folgen. So denke

man sich (Fig. 700) die umringelte Spitze des Kegels in der Ebene einer oberen, die punktierte Basis in der Ebene einer unteren Niveaukurve gelegen, seine Erzeugende parallel der der Geländefläche geführt. Demnach ist der Inhalt eines zwischen parallelen

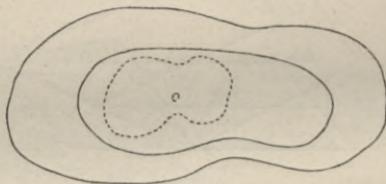


Fig. 700.

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. — Selbstverständlich ist die Annahme von Bergwänden, die aus geradlinigen Flächen bestehen, nur als Annäherung an die Wirklichkeit zulässig.

7. Denken wir uns in Fig. 698 sämtliche schrägen Kanten wie  $L_1 M_1$  und  $L_2 M_2 \dots$  halbiert und die Halbierungspunkte geradlinig verbunden, so entsteht ein neues  $n$ -Eck vom Flächeninhalt  $g_m$ , dessen Seiten in die umschließenden Grenzflächen fallen und dessen Ebene den Endflächen parallel ist und von jeder derselben gleich weit absteht, was alles aus den bekannten Eigenschaften windschiefer Vierecke folgt. Der Körper der Fig. 698 wird dadurch in zwei von seiner eigenen Art zerlegt. Wenn man ihre Inhalte  $V'$  und  $V''$  nennt und Formel (6) auf sie anpaßt, so wird:

$$V' = \frac{a}{2} \cdot \frac{g' + g_m}{2} - \frac{1}{8} \cdot \frac{a}{6} \Sigma \Delta;$$

$$V'' = \frac{a}{2} \cdot \frac{g_m + g''}{2} - \frac{1}{8} \cdot \frac{a}{6} \Sigma \Delta;$$

wobei zu beachten, daß hier die zugeordneten Pyramiden aus der für das ganze Volum  $V$  durch einen Parallelschnitt zur Basis in halber Höhe entstanden. Nun wird:

$$2V = 2V' + 2V'' = a g_m + \left( a \cdot \frac{g' + g''}{2} - \frac{a}{6} \Sigma \Delta \right) + \frac{a}{12} \Sigma \Delta.$$

Das Klammerglied ist nach (6) gleich  $V$ , daher:

$$V = a g_m + \frac{a}{12} \Sigma \Delta. \quad (7)$$

Auf den Keil der Fig. 701 angewandt würde dies geben:

$$V = \frac{1}{2} a h_m l_m + \frac{1}{4} P,$$

unter  $P$  die Pyramide mit schraffierter Basis verstanden, oder auch:

$$V = \frac{1}{2} l_m \cdot T + \frac{1}{4} P,$$

worin  $T$  das Trapez von den Parallelseiten  $h'$  und  $h''$  und der Höhe  $a$  ist.

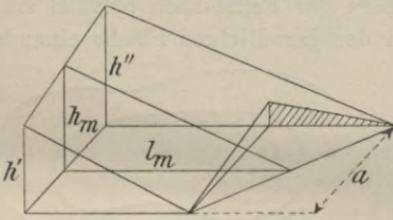


Fig. 701.

Körper dieser Art treten beim Übergang der Erdbauwerke vom Damm zum Einschnitt auf.

8. Bei langgestreckten Erdbauwerken: Straßsen, Eisenbahnen, Kanälen, stellt man sich vor, daß ein *Normalprofil* des Bauwerks entlang der *Leitlinie* (Gradiente) und immer rechtwinklig zu ihrem Grundrifs gleitet

und dabei über oder unter der gewachsenen (natürlichen) Bodenfläche den anzuschüttenden oder auszuhebenden Erdkörper begrenzt. In den Krümmungen setzt sich die Leitlinie aus Schraubenlinien, sonst aus geraden Strecken zusammen, aber zum Zweck der Kubatur werden auch die Erdkörper, deren Leitlinie im Grundrifs sich krümmt, so betrachtet, als seien sie entlang einer geradlinigen, vom Zylinder abgewickelten Leitlinie erzeugt. Die Gestalt der Bodenfläche wird durch *Querprofile* (in gebrochenen Linien) festgestellt, die man paarweise durch geradlinige (ebene oder windschiefe) Flächen verbindet. Eigentlich sollten die Längsgrenzen dieser drei- oder viereckigen Flächen durch Gerade gebildet werden, die je zwei Brechpunkte der beiden Querprofile miteinander verbinden und die im Felde selbst möglichst naturgetreu aufzusuchen sind (Fig. 702). Hält man diese Sorgfalt nicht für lohnend, dann begnügt man sich mit der Vorstellung, eine Gerade, die der Vertikalebene der Leitlinie stets parallel bleibt, gleite entlang den beiden gebrochenen Linien der

<sup>1)</sup> Nach Baltzer a. a. O. wurde (7) von Koppe (1838) erwiesen. — Der Keil in Fig. 701 läßt sich auch unmittelbar gemäß Fig. 692 und Formel (1) behandeln.

Querprofile und erzeuge so die Fläche, die an Stelle der wirklichen Bodenoberfläche den Erdkörper begrenzt. — Beide Vorstellungen, die strengere und die minder strenge, werden zugunsten einfacherer Kubatur durchbrochen, indem man die Böschungsrandskurven — in denen die Böschungsebenen des Bauwerks die Geländefläche schneiden — beiderseits des Erdkörpers durch ihre Sehnen ersetzt und diese als Längskanten auffasst.<sup>1)</sup>

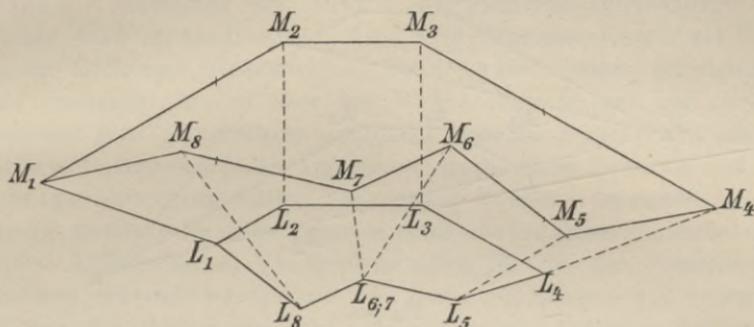


Fig. 702.

In jedem Falle entstehen so Körper, die zwischen parallelen Endflächen (zwei benachbarten Querprofilen des Erdbauwerks) von ebenen Drei- und Vierecken und von unebenen Vierecken umschlossen sind, also besondere Fälle des Raumgebildes der Fig. 698 darstellen.

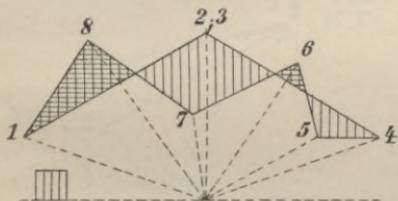


Fig. 703.

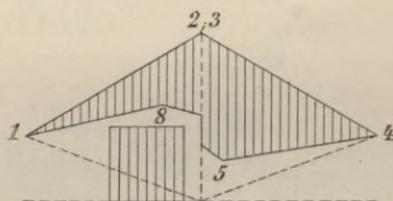


Fig. 704.

Wird Formel (6) auf solche Erdkörper angewandt, so ist deren erstes Glied  $\frac{1}{2} a (g' + g'')$  unabhängig von der Annahme über die im Gelände liegenden Längskanten; nur das zweite Glied  $\frac{1}{6} a \Sigma \Delta$  wird davon beeinflusst.

Fig. 703 zeigt  $\Sigma \Delta$  gemäß den in Fig. 702 eingetragenen Geländekanten konstruiert, Fig. 704 stellt dar, wie  $\Sigma \Delta$  nach der zweiten Vor-

<sup>1)</sup> Bei der zweiten Vorstellung hält man die erzeugende Gerade, sobald sie auf eine dieser Sehnen stößt, in dem Treffpunkte fest, worauf sie, an dem jenseitigen Querprofil weiter gleitend, also den Parallelismus zur Vertikalebene der Leitlinie verlassend, mit der Sehne zur Deckung gelangt.

stellung von der Entstehung der Geländefläche ausfällt, in der Annahme, daß die Längskanten im Gelände nicht aufgenommen worden seien. In Fig. 703 und 704 sind positive Flächen einfach, negative doppelt schraffiert; das beigefügte Quadrat gibt  $\frac{1}{3} \Sigma \Delta$ , d. h. die Fläche, die gemäß (6) von  $g' + g''$  zu subtrahieren wäre, worauf man den Rest mit  $\frac{1}{2} a$  zu multiplizieren hätte.

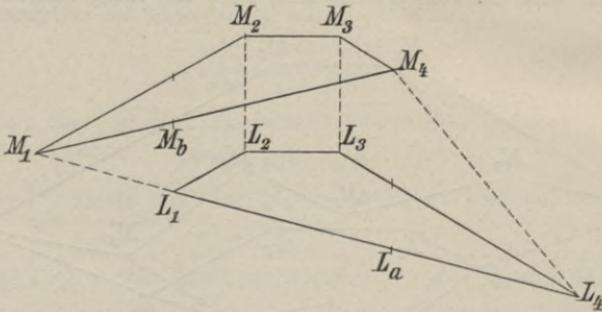


Fig. 705.

Besonders auffällig spricht sich der Unterschied beider Auffassungen in dem Erdkörper der Fig. 705 aus. Betrachtet man  $L_1M_1M_4L_4$  als ein einziges windschiefes Viereck, so wird  $\Sigma \Delta$  durch Fig. 706 dargestellt. Der zweiten Auffassung würde aber entsprechen, daß nur  $L_1M_bM_4L_a$  ein unebenes Viereck ist,  $L_1M_1M_b$  und  $M_4L_4L_a$  dagegen ebene Dreiecke be-

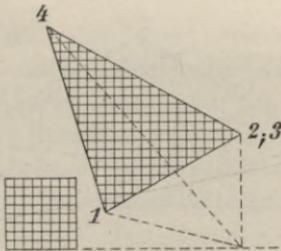


Fig. 706.

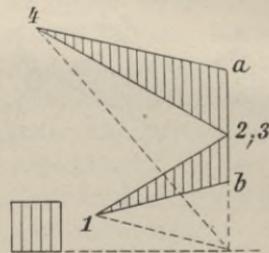


Fig. 707.

deuten, und  $\Sigma \Delta$  durch Fig. 707 wiedergegeben wird. Die Flächen  $\frac{1}{3} \Sigma \Delta$  sind beidemale nicht belanglos und dabei von verschiedenem Vorzeichen.

Aus dieser Nebeneinanderstellung zweier Auffassungen kann gefolgert werden, daß zwar die wirkliche, naturgetreue Aufnahme der Längskanten im Gelände die Kubatur nach Formel (6) berechtigt erscheinen läßt, daß aber bei Unterlassung solcher Aufnahme mit der zweiten Auffassung zuviel Willkür eingeführt und das zweite Glied in (6) der Wirklichkeit gegenüber bedeutungslos wird.

Auch bei einer strengeren Behandlung der Geländeaufnahme wird man damit rechnen müssen, daß eine Erdschicht von 0,05 bis 0,1 m Höhe über der Bodenfläche, welche das Erdbauwerk einnimmt, die Unsicherheit darstellt, mit der die Inhaltsermittlung der Erdkörper behaftet bleiben wird.

9. Am Schlusse seiner angezogenen Abhandlung von 1892 spricht Wilski die Vermutung aus, die von ihm gefundene Inhaltsformel werde wohl nur dazu verwendbar sein, die bisher benutzten Regeln zur Berechnung der Erdkörper nachzuprüfen. Bei allen Erdarbeiten, die sich in die Breite ausdehnen, kommt aber dem Wilskischen Prisma und seiner Inhaltsformel eine unmittelbare praktische Bedeutung zu. Wird schon die natürliche Geländeoberfläche am besten durch ebene Dreiecke und windschiefe, in besonderen Fällen auch ebene Vierecke dargestellt, so erst recht die wechselvolle Oberfläche im Abbau befindlicher Steinbrüche, Einschnitte, Abtragsstellen, Sandgruben usw., für die der Fortschritt der Aushebung ermittelt werden soll, und denen mit Längen- und Querprofilen meist gar nicht beizukommen ist. Tachymetrische Aufnahme der Situation und Höhe der einzelnen, geschickt ausgewählten Eckpunkte des Reliefpolyeders solcher Erdbauwerke führt schneller und weit genauer zum Ziel, und die Massenberechnung, die auf die Inhaltsermittlung dreiseitiger und vierseitiger (Wilskischer) Prismen hinausläuft, bietet keine Schwierigkeiten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

## Literatur zum VI. Abschnitt.

(Vergl. die Fußnoten des Abschnittes.)

- Hammer, Dr. E., Der Hammer-Fennelsche 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. 2. Aufl. 1904.
- 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. 7. Aufl., bearbeitet von Dr. O. Eggert, 1908.
- Hilfstafeln für Tachymetrie. Stuttgart 1880. 4. Aufl. 1908.
- 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.
- Kröhnke, G. H. A., Handbuch zum Abstecken von Kurven auf Eisenbahnen und Weglinien. 14. Aufl. Leipzig 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 usw. Berlin 1874. 5. Aufl. 1890. 17. Aufl. 1907.
- Tichy, Anton, Die Präzisionstachymetrie und ihre neuesten instrumentalen Mittel (Vortrag). Sonderabdruck. München 1893, A. Buchholz.
- Das Schlusergebnis der Betrachtungen auf dem Gebiete der graphischen Tachymetrie (Vortrag). Sonderabdruck. Wien 1894.
- 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-Fennelschen Tachymeter des mathematisch-mechanischen Instituts von Otto Fennel in Kassel. Kassel 1886. Nachtrag I und II 1891.
- Werner, C., Die Tacheometrie und deren Anwendung bei Tracestudien. Wien 1873.

## Sachregister.

- Abdeichung 353.  
Abfallboden bei Wehren 244.  
— geneigter 250, 292.  
— senkrechter 248, 255.  
Abfälle der Flußsohle 231.  
Abflussmengen bei Wehren 244.  
— Bestimmung der 209.  
— Zusammenstellung von 210.  
Abmessungen der Dücker 167.  
— der Durchlässe 140.  
Abpflocken des Längensprofils 678.  
Abrundung der Neigungswechsel 774.  
Abschlämbare Teile 409.  
Absolute Feuchtigkeit 313.  
— Wasserkapazität 324.  
Abstecken der Drainzüge 421.  
— paralleler Wegränder 749.  
— von Geraden 745.  
— von Parallelen 748.  
Absteckungsweise für Übergangskurven 772.  
Abträge bei Erdarbeiten 26, 28.  
Abtragstabellen 7.  
Abzugsrinnen 581.  
Achterkanal 538.  
Äcker, Bewässerung 617.  
— Wasserstand 329.  
Algen in Drains 469.  
Alhidadentransporteur 736.  
Alleebaumbewässerung 571.  
Amslers Wendelibelle 722.  
Aneroidaufnahme 696.  
Aneroid, Inneres 693.  
Anfeuchtende Bewässerung 555, 616.  
Anfeuchtung 555.  
Ankerpfähle bei Uferjochen 111.  
Anpassungsfähigkeit der Tachymetrie 706.  
Anpflanzung, Entwässerung durch 332.  
Anschnitt, Lage im 665.  
Aquadukte 98, 163.  
Arbeitszeit der Arbeiter 19.  
v. Astrups Ventildrainage 599.  
Aufkadungen 643.  
Aufkastungen 643.  
Auflandungen 568.  
Aufleiter am Wurfrad 363.  
Auflockerung des Bodens 17.  
Aufsuchen von Berührungspunkten 766, 768.  
Aufträge bei Erdarbeiten 26.  
Auftragstabellen 7.  
Aufzugsvorrichtung bei Wehren 259.  
Ausarbeiten der Pläne 734.  
Ausbaggern der Baugrube 197.  
Ausführung der Deiche 640.  
— der Wiesenbauten 611.  
Ausgleichungslinie 659.  
Ausheben der Draingraben 434.  
Auslage bei Deichen 642.  
Auslassschleuse 354, 574.  
Ausmündung 396, 445.  
Ausmündungskasten 446.  
Auspumpen, Zeit für das 356.  
Aufsendeiche 633.  
Ausweichrad (Eklipse-Windrad) 376.  
Bachbrücken 98.  
Bagger 344.  
Baggerkasten 344.  
Bahnüberführungen 98.  
Balken, verzahnte 127.  
Balken, verdübelte 128.  
Balkenbrücken 119.  
— aus I-Eisen 136.  
— Berechnung der 126.  
Balkensiele 155.  
Balkenverschlufs bei Wehren 258.  
Banndeich 634.  
Barometerformel nach Babinet 697, 699.  
Barometrisches Einwägen 692.  
Bauarten 47.  
Bauausführungen 47.  
Baugrube, Ausbaggern der 197.  
— Trockenlegung der 197.  
— Umschliessen der 191.  
Bauhölzer, Fällen der 68.  
— Gewicht der 69.  
Baukunde 3.  
Baumbewässerung 570.  
Bäume an Drains 465.  
Baustoffe 47.  
Bazinsche Formel 420.  
Bearbeitung einer tachymetrischen Theodolitaufnahme 729—733.  
Beaufortsche Skala 377.  
Becherwerk 565.  
Beetgräben 381, 574.  
Befestigung der Ufer 220.  
Beipfahl, Beipflock 431.  
Belageisen 137.  
— Gewichtstabellen der 96.  
Belows Krautungsmesser 339.  
Benders Ausmündungskasten 427.  
Bennigsensche Schlämflasche 412.  
Berechnung der Bauwerke bei Sommerdeichpoldern 652.

- Berechnung der Drainröhren 422.  
 — — Schöpfwerke 358.  
 — — Vorfluter 346.  
 — — Vorfluter für Drainagen 427.  
 — — Windräder 377.  
 — von Losständen 256.  
 Berghammer 57.  
 Berieselung von Äckern 621.  
 — — Wiesen 573, 577, 579.  
 — mit Kanalwasser 627.  
 Berliner Rieselfelder 630.  
 Berners, Lord 404.  
 Besandung von Mooren 521.  
 Beschaffung des Bewässerungswassers 562.  
 Bessemer-Flussstahl 82.  
 Besteck (Drainspaten) 435.  
 Bestellung der Moorkulturen 523.  
 Bestimmungspunkte 665, 743.  
 Bestimmungstücke der Leitlinie 744.  
 Beton 65.  
 — auf Pfählen 205.  
 Betonausmündung nach Mannskopf 456.  
 — — Spöttle 457.  
 Beton-Drainröhren 477.  
 Betonformstück von Weigmann 443.  
 Betonfundierung 201.  
 Betonschüttung 201.  
 Betontrichter 201.  
 Betrieb der Bewässerung 615.  
 Bewässerung 328, 551.  
 — von Äckern 617.  
 — — Bäumen 570.  
 — — Wiesen 572.  
 Bewässerungsbetrieb 615.  
 Bewässerungswasser 552.  
 Biesbosch 648.  
 Bindelinien 689.  
 Bindemittel für Mauerwerk 60.  
 Binder 53.  
 Bindeweiden 224.  
 Binnendeiche 633.  
 Binnenentwässerung 354.  
 Binnengrabennetz 354.  
 Binnenlandkanal 351.  
 Birke zur Entwässerung 332.  
 Blanck, Ackerbewässerung 621.  
 Blatt, gerades 74.  
 — schräges 74.  
 Blaugummibaum 332.  
 Blockverband 54.  
 Boden, gewachsener 666.  
 Bodenarten (Erdarbeiten) 20.  
 Bodentransport 20.  
 Bodenuntersuchungen 3, 186.  
 Bogenlänge aus Dreiecksseiten berechenbar 753.  
 — — Radius und Zentriwinkel 759.  
 Bogenschnitt 689.  
 Bohlenbelag bei Brücken 119.  
 Bohlenverschluss bei Wehren 258.  
 Bohlstämmen 79.  
 Bohnes Pendelwage 702.  
 Bohrgestänge 187.  
 Bohrlöcher als Punktzeichen 679.  
 Bohrungen 4.  
 Böschung der Deiche 634, 636.  
 Böschungen, Befestigung der 28, 220.  
 — Neigung der 220.  
 Böschungsfuß, Sicherung des 225.  
 Böschungskegel 664.  
 Böschungslatte 779.  
 Böschungspflaster 224.  
 Böschungsrandabsteckung 775.  
 — Mefssprobe dazu 777.  
 — mit Gefällmesser 778.  
 — — Peilwage 776, 777.  
 Böschungsrandlinie 663.  
 Bossieren 58.  
 Bossierhammer 58.  
 Bourtangier Moor 550.  
 Brauns Windräder 374.  
 Breitenbachs Ausmündung 447.  
 Breitspaten 435.  
 Bremes Tafeln 349.  
 Brennen der Drainrohre 475.  
 Brennkultur 540.  
 Briketts aus Torf 543.  
 Briksche Formel 206.  
 Bruchfugen eines Gewölbes 149.  
 Bruchsteindrains 393.  
 Bruchsteine 55.  
 Brücken, Aufstau bei 103.  
 — Belastung der 125.  
 — bewegliche 98.  
 — Breite der 105.  
 — Einteilung der 98.  
 — feste 98.  
 — Höhenlage der 100.  
 — hölzerne 106.  
 — Lage der 98.  
 — lichte Weite der 100.  
 — massive 139.  
 Brückenbau 47.  
 Brückenjoche 106.  
 Brückenunterbau, hölzerner 106.  
 — massiver 114.  
 Brunnen bei Drainagen 482.  
 Brunnenfundierung 206.  
 Brunnenkammern bei Wasserleitungen 291.  
 Brunnenkranz 208.  
 Brunnenmantel 203.  
 Brunnenstube bei Wasserleitungen 291.  
 Brunnenstuben 462.  
 Buche 70.  
 — zur Entwässerung 332.  
 Bühnen 229.  
 Bürknersfelde, Rieselgut 631.  
 Chausseewalzen 43.  
 Clyde 384.  
 Corcoran-Windrad 376.  
 Coulombsche Formel für Windräder 378.  
 Cunrau 496.  
 van Cuyks Krautungsmesser 339.  
 Dachsteindrains 394.  
 Danckwerts, Memeldelta 363, 372.  
 Dandy-Telleregge 545.  
 Dammgräben 381.  
 Dammschüttungen 27.  
 Dampfrahmen 193.  
 Dampfschöpfwerke 371.  
 Débaue 415, 558.  
 Decklage 42.  
 Deckschicht bei Moorkulturen 519.  
 Dedemsvaart 538.  
 Defizit, Sättigungs- 314.

- Degenhards Baumbewässerung 571.  
 Deichbau 640.  
 Deichboden 640.  
 Deichbrüche 641.  
 Deiche 330, 569, 633.  
 Deichkrone 634, 636.  
 Deichsiele 153.  
 Deichverteidigung 643.  
 Deutsche Hochmoorkultur 541.  
 Differdinger Profile 97.  
 Dimmernsee-Wiesen 531.  
 Distanzenzirkel 739.  
 Distanzmessung nach Högrewer 721.  
 Doelsches Klappenwehr 276.  
 Dollen 71.  
 Doppelberieselung auf Rieselfeldern 629.  
 Doppeldrains 457.  
 Dorne 72.  
 Dotysches Muldbrett 612.  
 Drainage 384.  
 — auf Rieselfeldern 628.  
 Drainageausmündung 445.  
 Drainageentwürfe 426, 491.  
 Drainageventile 485.  
 Drainbesteck 435.  
 Draingeräte 435.  
 Draingräben 427, 434.  
 Drainierte Wiesen 558, 593.  
 Drainplan 426, 457.  
 Drainröhren 394, 471.  
 — Berechnung 422.  
 Drainrohrpresse 473.  
 Drainrohrtafel 424.  
 Drainrohrweiten 422, 477.  
 Drains auf Latten 459, 462.  
 — in Moor 462, 505, 506.  
 — in Triebssand 459.  
 Drainspaten 435.  
 Drainsystem 396.  
 Draintiefe 396.  
 Drängewasser 330.  
 Drehbare Drainagegitter 450.  
 Drehbrücken 98.  
 Dreiquartier 53.  
 Druckhöhenverbrauch, Zusammenhang der 303.  
 Druckrohrleitung, eiserne 297.  
 Dry farming 622.  
 Dübel 71.  
 Dücker 163, 166.  
 Düngende Bewässerung 557, 615.  
 Düngung der Moore 523, 532, 537.  
 Dünkelberg 416, 558, 591.  
 Durchlässe 129.  
 — Abmessungen der 140.  
 — gewölbte 147.  
 — Platten- 142.  
 — Röhren- 141.  
 — Weite der 129.  
 Durchmesser der Drains 405.  
 Ebermeyer 327.  
 Edeltanne 69.  
 Eduardsfelder Berieselung 605.  
 Effektive Pferdestärken von Schöpfwerken 359.  
 Egge von Laake 515.  
 Eiche 70.  
 Eimerbagger 345.  
 Eindeichung 633.  
 Einebnung des Moores 514.  
 Einlage bei Deichen 642.  
 Einlassschleuse 574.  
 Einmessen der Stationspunkte 745.  
 Einpolderungen 644.  
 Einschalten von Punkten in eine Gerade 747.  
 Einschnittrinne 582.  
 Einschubgitter 450.  
 Einspülen von Pfählen 194.  
 Einstauung 575.  
 Einwägen der Profile 679, 681.  
 Einzeldrainage 396.  
 Eisbrecher 108.  
 Eisdeckmethode 617.  
 Eisen, Ausführungen in 80.  
 Eisenacks Krautmessmer 336.  
 Eisenbahnbrücken 98.  
 Eisenkonstruktionen, Lieferungsbedingungen für 84.  
 Eisenniederschläge in Drains 459, 469.  
 Eisenschüssige Quellen zu drainieren 459.  
 Eisensorten 80.  
 Eisenteile, Verbindung von 82.  
 Eiserne Ausmündungen 448.  
 Eklipse-Windrad 376.  
 Elektromotore für Entwässerungen 371.  
 Elkingston 384, 401.  
 Entfernung der Drains 407.  
 Entlastungsrinne 582.  
 Entwässerung 328, 329.  
 — durch Anpflanzung 332.  
 Entwässerungsrinnen 581.  
 Entwerfen 668.  
 Entwürfe aufs Gelände zu übertragen 668.  
 Erdarbeiten 18.  
 Erdbau 3.  
 Erdbohrer 186.  
 Erddrains 386.  
 Erddruck bei Landpfeilern 115.  
 Erdkörper zwischen Niveauflächen 787.  
 Erdmassenberechnung 5.  
 Erdschaufel 613.  
 Erwärmende Bewässerung 616.  
 Esche zur Entwässerung 332.  
 Esser 444.  
 Etagenrücken 588.  
 Eucalyptus globulus 332.  
 — rotulus 332.  
 Everest, Mount 313.  
 Eytelwein 418.  
 Fachbaum 250.  
 Fahrbahn 659.  
 Fahrbahnkonstruktion bei Brücken 120.  
 — Gewicht der 120.  
 Fahren 98.  
 Fallblock bei Rammen 193.  
 Fangdämme 194.  
 — Konstruktion der 194.  
 — Stärke der 195.  
 Fanggräben 330, 331.  
 Fangrinnen 586.  
 Faschinen 223, 389.  
 Faschinen-drains 388.  
 Faschinenpackwerk 229.  
 Faschinenwehr 248.  
 Faschinenwürste 390.  
 Fehlerwirkung bei der Kreisabsteckung 759.  
 Fehnkultur 538.  
 Feldausweis 719, 720.  
 Feldbahn bei Moorkulturen 521.  
 Feldbrand 50.  
 Feldofen für Ziegel 50.

- Feldsteine 55.  
 Feldsteinpflaster 44.  
 Feldwege in Drainfeldern 465.  
 Feste Drainagegitter 450.  
 Festlegung der Leitlinie 744.  
 Feuchtigkeit 313.  
 Fieberheilbaum 332.  
 Fijnesche Kastenpumpe 366.  
 Filter bei Drainagen 463.  
 Fischteiche in Rieselfeldern 629.  
 Fläche 59.  
 Flacheisen 81, 82.  
 — Gewichtstafeln für 86.  
 Flächenmaßstäbe 9.  
 Flächennivellement 13.  
 Flächenverwandlung (graphische) 13.  
 Flachhammer 19.  
 Flammofen 51.  
 Flanschrohre, Abmessungen für 299.  
 Flechtzaun als Uferschutz 228.  
 Fleischer 497, 526, 543.  
 Flügeldeiche 633.  
 Flügelgräben bei Staffeln 589.  
 Flügeltelleregge 518.  
 Flügelwindrad (Halladay) 374.  
 Flußbrücken 98.  
 Flußseisen 81.  
 Flußprofil, Berechnung eines 215.  
 — doppeltes 213.  
 — einfaches 213.  
 Flußbrücken 98.  
 Föhre 70.  
 Formstücke für Drainagen 442.  
 — — Wasserleitungsrohre 298.  
 Frank 419.  
 Freistatter Klappdrains 387.  
 Fremdes Wasser 330.  
 Friedrich 416.  
 Frösche in Drainagen 450.  
 Fruchtfolge auf Moorkulturen 525.  
 Frühjahrsbewässerung 616.  
 Fuels und Hellmann, Regenschreiber 317.  
 Fundamente, Verbindung der 199.  
 Fundierung, direkte 198.  
 Fundierungsarten 198.  
 v. Funkses Untergrüdüngepflug 545.  
 Furchen 382.  
 Furchenbewässerung auf Äckern 620.  
 Fußgängerbrücke 98.  
 Fußsteige bei Brücken 122.  
 Ganguillet und Kutter 349.  
 Ganguillet-Kuttersche Formel 212.  
 Gärten, Grundwasserstand in 329.  
 Gaurisankar 313.  
 Gedrücktes Ventil 602.  
 Gefahrdeich 633.  
 Gefälle der Drains 405.  
 Gefällmesser von Bose 703.  
 — — Brandis 704.  
 — — Tesdorpf 702.  
 — zur Querprofilaufnahme 705.  
 Gefällschraube am Theodolit 701.  
 — Hogrewes 690.  
 Gefällschraubentachymeter 723.  
 Gefälltachymeter 707.  
 Geländeaufnahme 689.  
 Geländeprofil 661.  
 General-Kommission für Schles. Anweisung 417.  
 Gerhardt, Drainrohrtafel 424.  
 — Einlassen von Winterhochwasser 649.  
 — Drainageausmündung 452.  
 — Tabelle über das Setzen des Moores 514.  
 Gerlach 557, 618.  
 Geschichte der Drainage 384.  
 Geschlinge am Wurfrad 363.  
 Gesteinbohrer 679.  
 Gesteinstabellen für Eisen 85.  
 Gewöhnliche Überstauung 575.  
 Gewöhnlicher Sommerwasserstand 329.  
 Gewölbe, Beanspruchung der 148.  
 Gewölbeabdeckung 150.  
 Gewölbestärke 150.  
 Gitter bei Drainagen 450.  
 Gleis für Moorkulturen 522.  
 Göpelwerk 370.  
 Gräben 331, 354, 380.  
 — im Drainagefelde 463.  
 — oder Drains 382.  
 — und Furchen 380.  
 Grabenentfernung in Mooren 504.  
 Grabennetz 380.  
 Grabenstaubau 573.  
 Grabenstauschleusen 574.  
 Gradienten = Leitlinie.  
 Graphische Barometertafeln 697.  
 — Berechnung der Profildbreiten 779.  
 Graupeln 314.  
 Grieswerk bei Wehren 256.  
 Grippen 544.  
 Groote Zuidhollandsche Waard 648.  
 Größte Wasserkapazität 324.  
 Grundablaß 246.  
 Grundbau 186.  
 Grundbrüche von Deichen 641.  
 Grundpfähle 189.  
 Grundschleuse 246.  
 Grundwasser 324, 327.  
 Grundwasserhöhe 325.  
 Grundwasserkurven bei Drains 395, 397.  
 — in Mooren 496, 500.  
 Grundwasserspeisung 325.  
 Grundwasserströme 325.  
 Grundwehr 244.  
 Grünlandsmoore 496.  
 Gufseisen 80, 81.  
 Haarlemer Moor 646, 647.  
 Hagel 314.  
 Hakenblatt 74.  
 Hakenpfähle 224.  
 Hakenröhren 444.  
 Halladay-Windrad 374.  
 Hallig-Befestigung 645.  
 Halligdämme 645.  
 Hallig Oland 645.  
 Handbagger 197, 344.  
 Handkipkarren 21.  
 Handleisten-Eisen 94.  
 Handramme 193.  
 Hangbau 579.  
 — künstlicher 583.  
 — natürlicher 579.  
 Hängewerksbrücken 135.

- Hannoversches Provinzialmoor 550.  
 Härte des Wassers 284.  
 Härtegrade des Wassers 284.  
 Hartguß 81.  
 Hartschotter 44.  
 Hauptdeich 634.  
 Hauptgraben 381.  
 Hauptleiter 566.  
 Heberzentrifugalpumpe 369.  
 Hecken bei Drainagen 465.  
 Hegemanns Kreisabsteckung 752.  
 Heinze 404.  
 Helianthus annuus 332.  
 Hellmann und Fufes, Regenschreiber 320.  
 Hellmanns Regenmesser 317.  
 Herausnehmbare Drainagegitter 450.  
 Herbstbewässerung 615.  
 Herdmauer bei Durchlässen 144.  
 Herrenkrugwiesen-Berieselung 606.  
 Hervé Mangon 415, 482.  
 Hefs 558, 559.  
 Heufahrten beim Wiesensbau 587.  
 Heuschmidt 557.  
 Hilfstafeln für Tachymetrie 740.  
 Hilfszeiger 718, 724, 725.  
 Hinterboden bei Wehren 244.  
 Hintermauerung eines Gewölbes 149.  
 Hochbehälter, Ausführung der 289.  
 — für Wasserleitungen 285.  
 — Größe der 285.  
 — Höhenlage der 287.  
 — Lage der 286.  
 Hochmoore 496, 538.  
 Hochmoorkultur, deutsche 541.  
 Hochwasser eines Wasserlaufes 212.  
 Hochwasserkanal 351.  
 Hochwassernachrichtendienst 643.  
 Hogrewes Gefällschraube 721.  
 Höhe des Grundwassers 329.  
 Höhenmessung nach Högrewe 721.  
 Höhenrauch 541.  
 Hohlkelle 438.  
 Holländische Drainage 481.  
 Holz, Ausführungen in 68.  
 Holzabfuhrwege 33.  
 Holzarten 69.  
 Holzbrücken, Konstruktion der 106.  
 Hölzer, Anstrich der 77.  
 — Durchtränken der 77.  
 — Preise der 78.  
 Holzernerne Ausmündung 446, 452.  
 Holzröhren für Wasserleitungen 296.  
 — Verbindung der 297.  
 Holzschrauben 72.  
 Holzverbände 71.  
 Hufschlag 519.  
 Hydranten, Wasserbedarf für 285.  
 Hydraulischer Widder 278, 566.  
 — — Leistung der 279.  
 — — Wirkungsgrad der 279.  
 Hyperbolisches Paraboloid 670.  
 I-Eisen 93.  
 Ij 646.  
 Impferde 547.  
 Indexfehler 727.  
 Indizierte Pferdestärken von Schöpfwerken 360.  
 Interpolationsverfahren mit Aneroid 694.  
 Inwieken 539.  
 Jacobsohns Krautungsapparat 338.  
 Jadebusen 648.  
 Jährliche Regenhöhe 316.  
 Johnstone 384, 401.  
 Jordans flüchtige Kompaszüge 733.  
 Kadungen, Kadedeich 643.  
 Kainit 523, 532, 537.  
 Kali auf Moorkulturen 523, 532, 537, 546.  
 Kalk, hydraulischer 63.  
 — Löschen des 61.  
 Kalkkrücke 61.  
 Kalkmilch 61.  
 Kalkniederschläge in Drains 469.  
 Kalkofen 61.  
 Kalkung der Hochmoore 545.  
 Kämpferfuge 149.  
 Kanalbrücken 98.  
 Kanaljauche 625.  
 Kantholz, Preise von 80.  
 Kappe der Deiche 634, 636.  
 Kappenstürze 642.  
 Kaskaden bei Durchlässen 146.  
 — — Flufsregulierungen 231.  
 — Konstruktion der 235.  
 Kastenfangdämme 195.  
 Kastenspumpe 366.  
 Kastenschöpfrad 564.  
 Keelhoff 558, 559.  
 Kegelwindrad 376.  
 Kehdinger Moor 550.  
 Kennedy, Schlauchberieselung 603.  
 Kernholz 68.  
 Kette zur Krautung 337.  
 Kiesbahnen 44.  
 Kieswege 40, 41.  
 Kippachsenfehler 727.  
 Kippkarrentransport 21.  
 Klaas 416.  
 Klammern 72.  
 Klappen bei Drainage-Ausmündungen 449.  
 Klappbrücken 98.  
 Klappdrains, Freistatter 387.  
 Klappenwehr 276.  
 Kleinbauholz 79.  
 Kleinste Wasserkapazität 324.  
 Klimaschwankungen 316.  
 Klinker 52.  
 Klinkerbahnen 45.  
 Klinkert 467, 469, 590.  
 Knüppeldrains 389, 392.  
 Koepfensche Skala der Windstärken 377.  
 Kolbenpumpen 366.  
 Kolbsches Becherwerk 565.  
 Kolk 642.  
 Kolmationen 568.  
 Kolonien in Hochmooren 539, 548.  
 Kompaszug 708, 735.  
 — mit Distanzmessung 712.  
 Kompensierte Aneroide 693.

- Kompost auf Moorwiesen 529.  
 Komprimierung des Bodens 199.  
 Konstantes Gefälle aufzusuchen 666.  
 Kontinentaltafel der Erde 313.  
 Kontraktionskoeffizient bei Brückenpfeilern 101.  
 Kopecky 476.  
 Kopfdrains 330, 332, 458.  
 Kopfgräben 330, 332.  
 Kopfrasen, Verwendung von 221.  
 Kopschüttung 27.  
 Kopfsteinpflaster 44.  
 Kosten der Moordammkulturen 526.  
 — — Drainagen 437.  
 Kostenanschläge für Brücken usw. 170, 179.  
 — über Drainagen 491.  
 Kranztau 192.  
 Krauses Drainageventil 486.  
 — Ventildrainage 598.  
 Kraushammer 58.  
 Krautharke 335.  
 Krautsäge von Ziemsen 341.  
 Krautschneider aus Sensenblättern 338.  
 — Simplex 335, 336.  
 Krattung 333, 335.  
 Krattungsgeräte 335.  
 Krattungsmesser, Freienwalder 336.  
 — von Below 339.  
 — van Cuyk 339.  
 Kreisabsteckung durch Einrücken 764.  
 — mit Spiegelinstrument 763.  
 — — Theodolit 755.  
 — nach Koordinaten 760.  
 — — Koordinaten, Näherungsverfahren 762.  
 Kreiselpumpen 366.  
 Kreislauf des Wassers 313.  
 Kreuzlage 53.  
 Kreuzverband 55.  
 Kreuzzapfen 73.  
 Krone der Deiche 634, 636.  
 Krönelhammer 58.  
 Kronenbohrer 187.  
 Krüger 513, 549.  
 Krümmungen ohne Theodolit abzustecken 751—754.  
 Kruse, Moorbauer 540.  
 Kubatur der Erdkörper 781.  
 — nach Endflächen (Steiners Formel) 785.  
 — — Mittelprofilen (Koppes Formel) 788.  
 Kubische Parabel 769.  
 Kühns Drainrohrverbindung 441.  
 Kühnsche Schlämmzylinder 412.  
 Kultur der Moore 496.  
 Kulturtechnik 313.  
 Künstliche Vorflut 333.  
 Künstlicher Hangbau 583.  
 — Rückenbau 584.  
 Kunstramme 193.  
 Kunstwiesenbau 583.  
 Kutter 349, 420.  
 Kuperwasser 330.  
 Laakes Wiesenegge 515.  
 Lagenschüttung 27.  
 Lageplan eines Wegentwurfes 660.  
 Lagerfugen 53.  
 Lambachpumpe 281.  
 Landpfeiler 114.  
 — Beanspruchung der 115.  
 — Stärke der 118.  
 Länge der Drains 414.  
 Längenprofil der Leitlinie 661.  
 Längenprofilaufnahme 676.  
 Längsdrainage 401.  
 Lärche 70.  
 Lattendrains 392.  
 Lattenprofile 779.  
 Lattstämme 79.  
 Läufer 53.  
 Läufer am Rechenschieber 742.  
 Läuferritten bei Rammen 192.  
 Lebensbaum zur Entwässerung 333.  
 Leclerc 415.  
 Legehaken 438.  
 Lehmwege 41.  
 Lehnigks Schilfmähmaschine 343.  
 Leitlinie 661, 788.  
 — Abwicklung der 664.  
 — Aufsuchen im Felde 666.  
 Leptomitus auf Rieselfeldern 629.  
 Linien begrenzten Gefälles 699.  
 Liniennetz (Rost) 683.  
 Lochröhren 444.  
 Löffelbohrer 187.  
 Löschbank 61.  
 Lösen des Bodens 19.  
 Losständer 256.  
 — Berechnung der 256.  
 Luedeckes Drainageventil 485.  
 Luftklötzchen 119.  
 Luftmörtel 61.  
 Luftöffnungen bei Hochbehältern 291.  
 Luftventil 572.  
 — bei Wasserleitungen 298.  
 Mannskopfs Drainagegitter 451.  
 — Drainageausmündung 456.  
 Marcardmoor 550.  
 Martin-Flussstahl 82.  
 Masny, Ackerbewässerung 620.  
 Massenberechnung 664.  
 Massennivellement 14, 664.  
 Massenverteilung 14.  
 Maßstab der Lage 675.  
 Matz, Memeldelta 363.  
 Mauerwerkfugen 53.  
 Mechi, Schlauchberieselung 603.  
 Meißelbohrer 187, 679.  
 Memeldelta, Schöpfwerke 364.  
 Mensing, Kanaltafeln 350.  
 Merl 402, 419, 687.  
 Mefsglas 318.  
 Mefssprobe durch Abschreiten 691.  
 Mefssproben 718, 724, 727, 734.  
 Mischkultur auf Mooren 526.  
 Mißweisung der Sicht 713.  
 Mittelbauholz 79.  
 Mittelwasser eines Wasserlaufes 211.  
 v. Möllendorf 416.  
 Monatliche Regenhöhe 316.  
 Moordammkultur 502.  
 Moordrainage 462, 505, 506.  
 Moorkultur 496.  
 — niederländische 538.  
 Moorrauch 541.

- Moorversuchsstation 526.  
 Moorwege 547.  
 Moorweiden 527.  
 Moorwiesen 529.  
 — mit Sanddecke 530.  
 — nach Saint Paul 529.  
 — ohne Sanddecke 535.  
 Mörtel 61.  
 — hydraulischer 62.  
 Mörtelbedarf 66.  
 Mörtelpreise 67.  
 Muffenrohre, Abmessungen für 299.  
 Muldbrett 344, 612.  
 Müllmoore 540.  
 Mundstücke der Drainrohr-  
 presse 474.  
 Müttrich 326.  
 Nadellehne 275.  
 Nadelwehre 273.  
 Nägel 72.  
 Natürliche Drainage 404.  
 — Vorflut 333.  
 Natürlicher Hangbau 579.  
 — Rückenbau 591.  
 — Wiesenbau 573.  
 Naudets Aneroid 692.  
 Nebel 314.  
 Neukirchscher Kreisel 367.  
 Niederländische Moorkultur  
 538.  
 Niederschläge 315.  
 Niedermoor 496.  
 Niedrigwasser eines Wasser-  
 laufes 211.  
 Niete 83.  
 Niveaukurven 670, 684.  
 — nach dem Augenschein  
 697.  
 Niveaukurvenplan 660.  
 Niveaukurvenskizzen 672.  
 Nivellieren der Drainzüge  
 421.  
 Nivelliertachymeter 707,  
 717.  
 Nivellierzug beim Station-  
 nieren 716.  
 Noebel, Schlauchberiesung  
 603.  
 Normalformat der Ziegel  
 52.  
 Normalprofil 659, 788.  
 Nullrichtung des Trans-  
 porteurs 735.  
 Nutzpferdestärken bei  
 Schöpfwerken 360.  
 Nutzwirkung bei Schöpf-  
 werken 360.  
 Oberwasser bei Wehren 244.  
 Obra-Sensenblätter 338.  
 Ockerniederschläge in  
 Drains 459, 469.  
 Offene Wasserschraube 360.  
 Ökonomische Drainage nach  
 Wöldicke 413.  
 Ombrometer 317.  
 Orientierkompass 708, 713.  
 Österbottisches Kultur-  
 verfahren 541.  
 Osteroder Schlauchbewässe-  
 rung 607.  
 Ototzky 327.  
 Overmarssches Pumprad  
 365.  
 Packlage 42.  
 — Stärke der 42.  
 Packwerk aus Faschinen 229.  
 Parallelfügel 110.  
 Parallelkanäle 351.  
 Parallelwerke 219, 230.  
 Parkbewässerung 570.  
 Parkers 385, 397.  
 Peel, Sir Robert 384.  
 Peilwage = Nivellierinstru-  
 ment 699, 718.  
 — mit Distanzmesser 691.  
 — — Gefällschraube 690,  
 700.  
 Peltonrad 281.  
 Petersensche Ventile 601.  
 — Wiesen 558, 594.  
 Pfahrling 189.  
 Pfahlrost 203.  
 — Konstruktion des 204.  
 Pfahlschnitt 190.  
 Pferdekippkarren 22.  
 Pferdeschaukel 612.  
 Pferdestärken bei Schöpf-  
 werken 359.  
 Pflaster 44.  
 Phosphorsäure auf Moor-  
 kulturen 523, 532, 537,  
 546.  
 Pickel 436.  
 Plaatson 539.  
 Pluviometer 317.  
 Pogge 496.  
 Polder 644.  
 Polderreife 645.  
 Ponten 98.  
 Portalbrücken 98.  
 Portlandzement 63.  
 Postkarte für Regenbeob-  
 achtungen 319.  
 Profestorf 543.  
 Profildbreiten 667.  
 — abzusetzen 780.  
 Profilschablonen 663.  
 Pumpen 366, 566.  
 Pumpensiele 154.  
 Pumpensumpf bei Bau-  
 gruben 198.  
 Pumpräder 362, 365.  
 Punkteinschalten in Klein-  
 bogen 762.  
 Pyramide, zugeordnete 784,  
 786, 787, 789, 790.  
 Pyramidenpappel zur Ent-  
 wässerung 332.  
 Quader 55.  
 Quadrateisen 81.  
 — Gewichtstafeln für 85.  
 Quadratnetz als Relief-  
 polyeder 671, 685.  
 Qualmwasser 330.  
 Quartier 54.  
 Quellen im Drainagefelde  
 458.  
 Quellenfassung bei Wasser-  
 leitungen 291.  
 Quellenschächte bei Wasser-  
 leitungen 291.  
 Querbauten 219, 229.  
 Querdrainage 401.  
 Querprofilaufnahme 676.  
 Querprofile der Strafsen 37.  
 Querprofilzeichnung 682.  
 Radialsysteme in Berlin 630.  
 Radienrichtung abzustecken  
 677.  
 Radius aus Dreiecksstücken  
 berechnen 753, 754.  
 Rammarbeiten 192.  
 — Kosten der 206.  
 Rammbar 192.  
 Rammformel 206.  
 Rammgerüst 192.  
 Rammknecht 193.  
 Rammpfähle, Herausziehen  
 von 206.  
 — Tragfähigkeit der 205.  
 Rammstube 192.  
 Rammtau 192.  
 Randgräben 330, 331, 353,  
 569.  
 Rasen 611.

- Rasenarbeiten 28, 221.  
 Rasenklatsche 614.  
 Rasenstücke 26, 28.  
 Rauhigkeitsgrad des Fluss-  
 bettes 212.  
 Rauhreif 314.  
 Rauhwehr 223.  
 v. Raumer, Ventil 601.  
 Räumung 333, 343.  
 Räumungsgeräte 343.  
 Read 384.  
 Rechenskalen für Aneroid-  
 aufnahmen 698.  
 Reduktion auf wagrechte  
 Sicht 728.  
 Regen 314.  
 Regenhöhe 315.  
 Regenkarten 316.  
 Regenmesser 317.  
 Regenpostkarte 319.  
 Regenschatten 315.  
 Regenschreiber 320.  
 Regulierung der Vorfluter  
 333, 345.  
 Reibungskoeffizient in Rohr-  
 leitungen 304.  
 Reichenbachs Distanz-  
 messer 719, 725.  
 Reichsformat der Ziegel 52.  
 Reif 314.  
 Reinsch-Windrad 375.  
 Relative Feuchtigkeit 313.  
 Reliefpolyeder 669.  
 Rerolles Drainage 467.  
 Richtung der Drains 401.  
 — mit Bogenschnitt 689.  
 Richtungswinkel = Azimut  
 708.  
 Riemstück 54.  
 Rieselfelder 627.  
 Rieselgüter 630.  
 Rieselrinnen 573.  
 Rieselrinnenstecher 580.  
 Rieselwasser der Städte 625.  
 Rieselwiesen 588.  
 Rijks Pumprad 365.  
 Rimpaus Moordamnkultur  
 502.  
 Ringdeiche 569.  
 Ringofen, Hoffmannsche 51.  
 Ringrad (Ultra-Standard)  
 375.  
 Rinnenstecher 580.  
 Roheisen 80, 81.  
 Röhrensiele 155.  
 Rohrweiten der Drains 424.  
 Rollschicht 53.  
 Rolltisch für Drainröhren  
 475.  
 Roman-Zement 63.  
 Rost, liegender 200.  
 — Liniennetz 683.  
 Rotation 560.  
 Rothbarth 550.  
 Rottanne 70.  
 Rückdeiche 633.  
 Rückenbau 584.  
 — künstlicher 584.  
 — natürlicher 591.  
 Rückentafel 584.  
 Rückstaudeiche 633.  
 Rückwärtsseinschneiden 714.  
 Rühlmannsche Stauformel  
 239.  
 Rundeisen 81.  
 — Gewichtstabelle für 85.  
 Rundholz, Preise von 80.  
 Rundofen 51.  
 Rundpfähle 191.  
 Rutschungen 29.  
 Sackbagger 197.  
 Sackbohrer 197.  
 Sackmafs bei Erdarbeiten 18.  
 Sägeböcke 79.  
 v. Saint-Paul 529.  
 Säkuläre Schwankungen  
 der Niederschläge 316.  
 Salfeld 388, 543, 546.  
 Sammeldrains 396.  
 Sammler 396.  
 Sanddecke bei Moorkulturen  
 519.  
 Sandschüttung zur Verbrei-  
 terung der Fundamente  
 200.  
 Sattelfläche 670.  
 Sattelhölzer 127.  
 Sättigungsdefizit 314.  
 Sättigungspunkt 314.  
 Satz von Möbius & Steiner  
 781.  
 Saugdrains 396.  
 Sauger 396.  
 Schachts Ventilrohr 602.  
 Schädliches Wasser 330.  
 Schalbretter 80.  
 Schardeich 633.  
 Scharriereisen 58.  
 Scheibenegge 517.  
 Schema zur Berechnung  
 der Vorfluter 346, 347.  
 Schewior, Hilfstafeln 350.  
 Schichtensucher 687.  
 Schichthöhe, kleinste 689.  
 — zwischen Niveaurkurven  
 688.  
 Schichtsteine 55.  
 Schiebetransporteur nach  
 Wötzel 737.  
 Schiebekarrentransport 21.  
 Schienenüberhöhung 769.  
 Schiffbrücken 98.  
 Schilfmähmaschine 343.  
 Schilfpflanzungen an Bö-  
 schungen 221.  
 Schlafdeich 633.  
 Schlämmmaschine 471.  
 Schlammfang 483.  
 Schlammflasche 412.  
 Schlangenberieselung 580.  
 Schlauchberieselung 603,  
 622.  
 Schleifteller für Drain-  
 röhren 474.  
 Schlesische General-Kom-  
 mission 417.  
 Schleuse, Auslafs- 354, 574,  
 576, 578.  
 — Einlafs- 574, 576, 578.  
 Schlitzrinnen 582.  
 Schlot Drainageausmün-  
 dung 451.  
 Schmiedeeisen 80.  
 Schnee 314.  
 Schneeschmelze, Dauer der  
 357.  
 Schnittfigur 715.  
 Schnittpolygon 715.  
 Schnittsteine 55.  
 Schnöckels Konstruktion im  
 windschiefen Viereck  
 673.  
 Schnurgerüste 780.  
 Schöpfräder 563.  
 Schöpfwerk 355, 358.  
 Schotter 44.  
 Schrägdrainage 401.  
 Schrägflügel 110.  
 Schraubenbolzen 72, 84.  
 Schraubenspindel bei Weh-  
 ren 262.  
 Schüngels Tafeln 349.  
 Schürflöcher 4.  
 Schüsflers Zementdrainrohr-  
 Maschine 479.  
 Schutzstreifen 780.  
 Schütztafeln bei Wehren.  
 258.  
 — Bewegung der 259.  
 — Stärke der 259.

- Schutzvorrichtungen bei  
Wegen 46.  
Schwanenhals 438.  
Schwarten 80.  
Schwandrains 389, 393.  
Schweder 416, 460, 524.  
Schweißseisen 81.  
Schweißgraben 566.  
Schweißstahl 81.  
Schweißwasser 330, 566.  
Schwellrost 200.  
Secchi 384.  
Seegrund 352.  
Seeschlamboden 531, 534.  
Seesenkungen 352.  
Seewald 477.  
Seihwasser 330.  
Seitengitter für Drainagen 451.  
Seitengräben 381.  
Seitenschüttung 27.  
Sekantenprobe 753.  
Selbsttätige Einstellung bei  
Windrädern 373.  
— Erdschaufel 612.  
— Regulierung bei Wind-  
rädern 373.  
Senkbrunnen 483.  
— aus Holz 207.  
— massive 207.  
Senkfmaschinen 226.  
— Herstellung der 226.  
Senkkasten für Betonschüt-  
tung 203.  
Sense zur Krautung 335.  
Sensenblätter 337.  
Setzen des Moores 511.  
Setzpfosten 256.  
Seyfert 399.  
Sichel zur Krautung 335.  
Sicherung der Ausmün-  
dungen 448.  
Sickerkanäle für Wasser-  
leitungen 294.  
Sickerwassermengen 324,  
327.  
Siegener Wiesenbeil 614.  
Sielverschluss 162.  
Simplex, Krautschneider  
335, 336.  
S-Kurven 773.  
Smith of Deanstone 397.  
Sohlenbefestigung 230.  
Sohlengitter 451.  
Sohlenpflaster 231.  
Sohlenstampfer 438.  
Sohlschwellen 233.  
Sohlschwellen aus Holz  
234.  
— — Stein 231.  
Sommerbewässerung 616.  
Sommerdeiche 633, 635.  
Sommerdeichpolder 650.  
Sommerwasserstand 329.  
Sommerwege 40.  
Sondiereisen 4.  
Sondieren 4.  
Sonnenblume 332.  
Sörensensches Windrad  
376.  
Spaten für Drainagen 435.  
Sperrbrettchen bei Drai-  
nagen 439.  
Spezifische Schneetiefe 315.  
Spickpfähle 224.  
Spitzeisen 58.  
Spitzhacke 57.  
Splintholz 68.  
Spöttle 416, 457.  
Sprengbewässerung 603.  
Sprengwerksbrücken 129.  
— Beanspruchung der 131.  
— Berechnung der 133.  
Spreutlage 222.  
Springstände 712.  
Spülauslaß bei Wasserlei-  
tungen 298.  
Spüljauche 625.  
Spundbretter 80.  
Spundung aus Flacheisen  
190.  
— quadratische 190.  
Spundwände 190.  
— Stärke der 190.  
Spurerweiterung 773.  
Stabeisen 81.  
Städtisches Rieselwasser  
625.  
Staffelrücken 588.  
Stahlguß 81.  
Stallung auf Moorkulturen  
524.  
Standpeiler 715.  
Standrohr auf Rieselfeldern  
628.  
— für Hydranten 301.  
Stangendrains 389, 392.  
Stangenholz 79.  
Stärke der Schöpfwerke 358.  
Stationieren 745.  
— der Leitlinie 662, 666.  
Stationspunkte 663.  
Statistik der Windstärken  
379.  
Stauanlagen 238.  
Staubecken auf Riesel-  
feldern 628.  
Stauberieselung 558, 577.  
— auf Äckern 620.  
Staufornel von Rühlmann  
239.  
Stauhöhe 240.  
Staukurve 239.  
— Berechnung der 241.  
Stauschleusen auf Moor-  
kulturen 537.  
Stauspiegel 240.  
Stauweite 239.  
— hydraulische 239.  
— hydrostatische 239.  
Stauwiese 575.  
Stauwirkung 238.  
Stege 98.  
Steigrohr beim hydraulischen  
Widder 278.  
Steigung, verlorene 33.  
Stein, Ausführungen in 47.  
Steinbedarf 66.  
Steindecke 42.  
— Stärke der 42.  
Steindrains 393.  
Steine, natürliche 55.  
— künstliche 48.  
Steinpackung 225.  
Steinpflaster bei Böschungen  
224, 225.  
Steinpreise 67.  
Steinschlagbahnen 42.  
— Abwalzen der 43.  
Steinschotter 42.  
Steinverband 47, 53.  
Stich eines Gewölbes 148.  
Stichbogen 148.  
Stocken 416.  
Stockhammer 58.  
Stockofen 51.  
Stofs, gerader 74.  
— schräger 74.  
Stofsbohrer 679.  
Stofsugen 53.  
Stofsheber 278, 566.  
Strahlenzieher 735.  
— mit Nadelpol und Mefs-  
rolle 738.  
Strangentfernung 407.  
Straßen, Befestigung der 41.  
— Breite der 38.  
— Entwässerung der 39.  
— Quergefälle der 39.  
Straßenbrücken 98.  
Straßenhydrant 301.

- Strafsensteigungen 36.  
 Strauchdrains 388.  
 Strombrücken 98.  
 Stromlage 53.  
 Stündliche Regenhöhen 317.  
 Sturzkolk bei Wehren 247.  
 Sturzregen 317.  
 Stützpunkte der Leitlinie 665.  
 System, Drainage- 396.  
 Systematische Drainage 396.  
 Tabellen zu Drainageentwürfen 425, 427, 493.  
 Tachygraph nach Schlesinger 737.  
 Tachymeter nach Hammer-Fennel 709.  
 — — Wagner-Fennel 709.  
 Tachymetrische Kleinaufnahme 708, 716.  
 — Mefspalten 706.  
 — Rechenhilfsmittel 740.  
 Tachymetrischer Mefstischapparat 708.  
 — Rechenschieber 741.  
 — Theodolit 707.  
 Tachymetrisches Aufnehmen 706.  
 — Stationieren 709  
 Tacke 500, 508, 526.  
 Tafel zur Berechnung der Drains 424.  
 Tägliche Regenmengen 316.  
 Tagrohr bei Drainageventilen 485.  
 Tagwassereinlässe bei Drainagen 463.  
 Tagwassergräben bei Drainagen 429.  
 Talbrücken 98.  
 Taschenaneroide 694.  
 Taupunkt 314.  
 T-Eisen 95.  
 Telleregge 517.  
 Temperaturkorrektur an Aneroiden 695.  
 Temperguss 81.  
 Theodolitzug 709.  
 — mit Distanzmessung 710.  
 — — Mefspalte durch Seitenblicke 710.  
 — — Springständen 714.  
 Thomas-Flussstahl 82.  
 Thomasschlacke 523, 532, 537, 546.  
 Thuja occidentalis 333.  
 Tiefe der Drains 396.  
 — des Meeres 313.  
 Tiegel-Flussstahl 82.  
 Tischlerbretter 80.  
 Tonkern in Deichen 641.  
 Tonnenmühle 361.  
 Tonrohre, gelochte 294.  
 Tonschneider 472.  
 Torfdrains 387.  
 Torfgewebe 543.  
 Torfkohle 543.  
 Torfmüll 543.  
 Torfstreu 543.  
 Traciarbeiten, Einteilung 667.  
 Transporteur, drehbarer 736.  
 Transporteurdreieck nach Pellehn 737.  
 Trafmörtel 64.  
 Traufbretter 119.  
 Triebband bei Drainagen 459.  
 Triezkopf 192.  
 Triftwege 33.  
 Trockenkultur für Bewässerung 622.  
 Trockenmauerwerk 47, 61.  
 Trockenschuppen f. Drainröhren 475.  
 Trommelhitze 193.  
 Überdeckung der Drains 441.  
 Überfallwehre 244.  
 Übergangskurven 768.  
 Übergangsröhren 445.  
 Überlaufhydrant 301.  
 Überlaufstellen an Deichen 638.  
 Überleitungen 163.  
 Überschlagkante 580.  
 Überstauung 575.  
 U-Eisen 94.  
 Uferbefestigung über dem gewöhnlichen Wasserstand 220.  
 — unter dem gewöhnlichen Wasserstand 224.  
 Uferbefestigungen 220.  
 Uferjoche 110.  
 — Verankerung der 111.  
 Ultra-Standard-Windrad 375.  
 Umflutkanal 351.  
 Umlauf (Rotation) 560.  
 Ummantelte Wasserschnecke 361.  
 Unebene Vierecke 669.  
 Universaltransporteur nach Schleicher 737.  
 Unkraut auf Moorkulturen 525.  
 Untergrunddüngepflug 545.  
 Unterwasser bei Wehren 244.  
 Veenkolonie 539.  
 Veenkultur 538.  
 Vegetationszeit 357.  
 Ventilbohrer 187.  
 Ventildrainage 484, 597.  
 Ventile 485, 601.  
 Veranschlagung von Brücken usw. 170.  
 — — Drainagen 491.  
 Verbindung der Drains 440.  
 Verbindungswege 32.  
 Verblattung 75.  
 Verbreiterung der Fundamente 199.  
 Verdübelung 74.  
 Verdunstung 323.  
 Verfüllen der Draingräben 440.  
 Verkämmung 75.  
 Verlängern von Geraden 746, 747.  
 Verlegen der Drainröhren 437.  
 Versacken der Drainröhren 467.  
 Versanden der Drains 469.  
 Verschlussvorrichtung bei Wehren 247.  
 Verschränkung 74.  
 Versickerung 324.  
 Verstopfungen der Drains 467.  
 Verteidigung der Deiche 643.  
 Verteilen der Drainröhren 437.  
 Verteilung des Wassers auf der Erde 313.  
 Verteilungsrinnen 579.  
 Verteilungsschacht bei Brunnenstuben 294.  
 — — Wasserleitungen 294.  
 Vertikaldrainage 481.  
 Verwachsen der Drains 468.  
 Verwahrung 74.  
 Vetschauer Schilfmähmaschine 342.  
 Viereck, windschiefes oder unebenes 669.

- Viertelsmethode für Kreisabsteckung 752.
- Vincent 401, 415, 418, 558.
- Visierachsenfehler 727.
- Volle Wasserkapazität 324.
- Vollkreisstrahlenzieher 736.
- Vooraffen 539.
- Vorarbeiten 667.
- Vorbau bei Ausmündungen 454.
- Vorboden bei Wehren 249.
- Vorflut 333.
- künstliche 333, 353.
- natürliche 333.
- Vorfluter, Berechnung 346, 427.
- Regulierung 333, 345, 428.
- Vorflutgräben bei Drainagen 396, 428.
- Vorgewende 505.
- Vorsatz 77.
- W**
- Wachttür am Wurfrad 363.
- Wagner, Herm. 313.
- Wald 326.
- Walzeisen 81.
- Normalprofile für 90.
- Walzen mit Ketten bei Wehren 259.
- Wasser, Kreislauf 313.
- Regen- 315.
- seine Eigenschaften für Wasserleitungen 283.
- Wasserbau 186.
- Wasserbedarf 555, 557.
- bei Wasserleitungen 284.
- Wasserdichtigkeit der Deiche 640.
- Wasserdruck in Rohrleitungen 298.
- Wasserführung der Drainröhren 414.
- Wassergeschwindigkeit in Rohrleitungen 298.
- Wasserhebwerke 360.
- Wasserkapazität 324.
- Wasserläufe, Ausbau der 209.
- Wasserleitungen, ländliche 277.
- Wasserleitungsanlage, Beispiel einer 304.
- Wasserleitungsrohre, gußeiserne 297.
- hölzerne 296.
- Wassermengen der Erde 313.
- Zusammenstellung der in Rohrleitungen geführten 302.
- Wassermessungen von Quellen usw. 282.
- Wassermörtel 62.
- Wasserpferdestärken 359.
- Wasserpflanzen 553.
- Wasserschnecken 361.
- Wasserschrauben 360.
- Wasserstände, Wechsel der 211.
- Wasserstrahlpumpe 371.
- Wasserverluste 559.
- Wattpolder 645.
- Wechselbetrieb (Rotation) bei Bewässerungen 560.
- Wechselpunkte 711.
- Wegbau 31.
- Wegbrücken 98.
- Wege, Ausbau der 39.
- Einteilung der 32.
- im Drainagefelde 465.
- im Moor 547.
- Krümmungsverhältnisse der 34.
- Steigungsverhältnisse der 36.
- Tracieren der 33, 659.
- Wegbreiten 38.
- Weggräben 34, 40.
- Wegnetz 31.
- Wegüberführungen 98.
- Wehre, Anordnung der 243.
- bewegliche 238, 255.
- Einteilung der 238.
- Faschinen- 248.
- feste 238, 247.
- hölzerne 248:
- Konstruktion der 243.
- Lage der 247, 255.
- massive 248, 251.
- Wehrkrone 244.
- Wehrlänge 244.
- Wehrrücken 244.
- Konstruktion des 252.
- Weichschotter 44.
- Weiden auf Moor 527.
- Weidenpflanzungen 222.
- Weigmanns Formstück 443.
- Weißkalk 61.
- Weißtanne 69.
- Weiten für Drainrohre 422, 477.
- Wendeplatten abzustecken 765.
- Werksteine 55.
- Whitehead 472.
- Widder, hydraulischer 278, 566.
- Widderanlage, Beispiel einer 304.
- Wiederholte Benutzung des Wassers 560.
- Wiesenbauten, Ausführung der 611.
- Wiesenbeil 614.
- Wiesenbewässerung 572.
- Wiesendrainage 593.
- Wiesengrundwasserhöhe 329.
- Wiesenpflug 516.
- Wiesensternegge von Laake 515.
- Wiesenerwärter 615.
- Wiskisches Prisma 782.
- Windgeschwindigkeiten 377.
- Windräder 373.
- Windschief begrenzter Keil 783, 788.
- Windschiefe Vierecke 669.
- Windstärken 377, 379.
- Winkelreisen 90.
- Winkelprobe für Kurven 758.
- Winterbewässerung 617.
- Winterdeiche 633, 634.
- Winterhochwasser, Einlassen in Polder 648.
- Winterpolder 646.
- Wippbrücken 98.
- Wirtschaftswege 32.
- Wodicka 443, 446.
- Wohltmann 557.
- Wöldikes ökonomische Drainage 413.
- Wolken 314.
- Wulsch, Schlauchberieselung 603.
- Wurffbain 558.
- Wurfdräder 362.
- Wurstbank 224.
- Würste von Faschinen 223, 390.
- Z**
- Zahnstangen bei Wehren 262.
- Zapfen 74.
- Zastrows Rieselrinnenstecher 580.

- |                           |                             |                             |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Z-Eisen 96.               | Ziegel, Streichen der 49.   | Zugramme 192.               |
| Zeit der Windstärken 379. | — Trocknen der 50.          | Zuider-See 646.             |
| — des Auspumpens 356.     | Ziegeldrains 393.           | Zuleiter 567.               |
| Zement-Ausmündung von     | Ziegelerde 48.              | — beim hydraulischen        |
| Breitenbach 447.          | Ziegelofen 51.              | Widder 279.                 |
| Zementdrainröhren 477.    | Ziegelpressen 49.           | Zusammenstoß ungleich       |
| Zementmörtel 62.          | Ziegelsteine, Herstellung   | breiter Wege 750.           |
| Zementröhren zu Ausmün-   | der 48.                     | Zweiquartier 53.            |
| dungen 447.               | Ziele der Entwässerung 329. | Zweispitz 58.               |
| Zenitdistanzen 725.       | Ziements Krautsäge 341.     | Zwischenjoche 106.          |
| Zentrifugalpumpen 367,    | Zorrèseisen 137.            | Zwischenpfeiler, Stärke der |
| 566.                      | Zuführung des Wassers bei   | 117.                        |
| Zerstörende Bewässerung   | Wasserleitungen 295.        | Zylinderbohrer 187.         |
| 617.                      | Zuggräben 381, 544, 574.    |                             |

---

Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstraße 10.

---

Als zweiter Band zu vorliegendem Werke erschien:

## Grundlehren der Kulturtechnik.

Unter Mitwirkung von

Prof. Dr. M. Fleischer, Geh. Ober-Reg.-Rat und vortragendem Rat im Landwirtschaftsministerium zu Berlin. P. Gerhardt, Geh. Oberbaurat und vortragendem Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten zu Berlin, Dr. E. Gieseler, Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf. M. Grantz, Geh. Baurat, Prof. an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, A. Hüser, Oberlandmesser zu Cassel, H. Mahraun, Geh. Reg.-Rat zu Cassel, W. v. Schleich, Oberfinanzrat zu Stuttgart, Dr. W. Strecker, Prof. an der Universität Leipzig, Dr. L. Wittmack, Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw. Hochschule und der Universität zu Berlin,

herausgegeben von

**Dr. Ch. August Vogler,**

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

**Kameralistischer Teil. Dritte Auflage.**

*Mit 21 Textabbildungen und 9 Tafeln. Gebunden, Preis 18 M.*

---

## Geodätische Übungen für Landmesser und Ingenieure.

Von

**Dr. Ch. A. Vogler,**

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

**Zweite, erweiterte Auflage.**

Erster Teil: Feldübungen.

*Mit 56 Textabbildungen. Gebunden, Preis 9 M.*

Zweiter Teil: Winterübungen.

*Mit 25 Textabbildungen. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.*

---

## Handbuch des deutschen Dünenbaues.

Im Auftrage des Königl. Preuss. Ministeriums der öffentl. Arbeiten  
und unter Mitwirkung von

**Dr. J. Abromeit,**

Assistent am botanischen Institut  
zu Königsberg i. Pr.,

**P. Bock,**

Regierungs- und Forst-  
rat zu Königsberg i. Pr.,

**Dr. A. Jentzsch,**

Landesgeologe und Professor  
zu Berlin,

herausgegeben von

**Paul Gerhardt,**

Geh. Oberbaurat und vortragender Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten zu Berlin.

*Mit 445 Textabbildungen. Gebunden, Preis 28 M.*

---

## Kulturtechnischer Wasserbau.

Handbuch für Praktiker und Studierende

von

**Adolf Friedrich,**

k. k. Hofrat, o. ö. Professor an der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien.

**Zweite, vollständig neubearbeitete Auflage.**

**Erster Band: Allgemeine Bodenmeliorationslehre. — Hydrometrie. — Erdbau. Bodenentwässerung. — Bodenbewässerung. — Ausgeführte Anlagen.**

*Mit 488 Textabbildungen und 22 Tafeln. Gebunden, Preis 18 M.*

**Zweiter Band: Die Wasserversorgung der Ortschaften. — Die Stauweiherrbauten. — Die Kanalisation der Ortschaften. — Die Reinigung und landwirtschaftliche Verwertung der Abwässer.**

*Mit 211 Textabbildungen und 23 Tafeln. Gebunden, Preis 18 M.*

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

---

# Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen.

Tabellen und Beiträge zur  
Erleichterung der neuen allgemeinen Geschwindigkeitsformel

von

**Ganguillet und Kutter.**

Mit Unterstützung des Königl. Preussischen Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten herausgegeben von

**W. R. Kutter,**

Ingenieur in Bern.

**Zweite Auflage.** Dritter Abdruck.

*Gebunden, Preis 7 M.*

---

## Hilfstafeln

zur

# Bearbeitung von Meliorationsentwürfen und anderen wasserbautechnischen Arbeiten.

Aufgestellt und herausgegeben von

**Georg Schewior,**

Königl. Landmesser und Kulturingenieur in Münster in Westfalen.

*13 graphische Tafeln und 1 Zahlentabelle mit 23 erläuternden Beispielen.*

*Kartonierte, Preis 7 M. 50 Pf.*

---

## Leitfaden und Normal-Entwürfe

für die

# Aufstellung und Ausführung von Wasserleitungsprojekten für Landgemeinden.

Aus der Praxis entnommen und für die Praxis bearbeitet von

**H. Heinemann,**

Königl. Wiesenbaumeister und Lehrer an der Wiesenbauschule zu Siegen in Westfalen.

*Mit 73 Textabbildungen und 15 Tafeln. Kartonierte, Preis 6 M. 50 Pf.*

---

# Die Unterhaltung der Wege und Fahrstraßen.

Von

**H. Gamann,**

Lehrer an der Wiesen- und Wegebauschule in Siegen.

*Mit 108 Textabbildungen. Kartonierte, Preis 5 M.*

---

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

---

S-98

S. 61







Biblioteka Politechniki Krakowskiej



**II-351314**

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294413