

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw.

3453

H. Samann

Kulturtechnische Baukunde

Erster Band



Verlag von Paul Parey in Berlin

EIGENTUM

VON

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297672

Kulturtechnische Baukunde.

Von

H. Gamann,

Lehrer an der Wiesen- und Wegebauhschule in Siegen.

Erster Band.

Baustofflehre. — Bauelemente. — Wegebau. — Kanalisation.



Techn. Büro
Unger & Gauert
staatl. vereid. Landmesser. Ingenieur
Schweidnitz.

Nro. 40 a

Mit 224 Tertabbildungen.

Berlin

Verlagsbuchhandlung Paul Parey

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen

SW. 11, Hedemannstraße 10 u. 11

1912.

Wr/169



II- 351316

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

II 3453

Akc. Nr.

~~2846/69~~

BPZ- B- 26/2018

Vorwort.

Die kulturtechnische Baukunst hat in den letzten Jahren eine so außerordentliche Entwicklung genommen und eine so bedeutende Reihe von Fortschritten aufzuweisen, daß die Herausgabe eines zusammenfassenden Werkes über dieselbe keiner weiteren Begründung bedarf. In der kulturtechnischen Baukunde soll ein solches Werk gegeben werden, das neben dem Altbewährten auch die Fortschritte der Neuzeit beleuchtet, beide von dem theoretischen und bautechnischen Standpunkte aus, dabei auch an geeigneten Stellen auf die ästhetischen Anforderungen hinweist, denen ein Bauwerk genügen muß.

Nach der theoretischen Seite hin sind gewöhnlich nur die Formeln und graphischen Berechnungen gebracht und durch Beispiele erläutert. Selten nur ist die Herleitung der Theorien gezeigt, meist aber auf die vorzüglichsten Quellen hingewiesen, welche die deutsche Literatur, wie keine andere der Welt, aufweist. Nur bei der Statik und Festigkeitslehre soll eine Ausnahme erfolgen. Ohne statische Kenntnisse kann die Stärke vieler Bauwerke nicht richtig bemessen oder ihre Standfähigkeit nachgewiesen werden. Aus dem weiten Gebiete dieser Wissenschaften soll das zur Berechnung der beschriebenen Bauwerke Notwendige in einem besonderen Abschnitt zusammengestellt, dort auch gezeigt werden, wie die statische Untersuchung bei den aus Stein, Holz oder Eisen hergestellten und bei den neuzeitigen Eisenbetonbauten auf dieselbe einfache Weise erfolgen kann.

Wohl ebenso wichtig wie die Statik der festen Körper ist in einer „kulturtechnischen Baukunde“ die Mechanik des Wassers. Auf sie ist jedoch in dem vorliegenden Werke verzichtet worden, denn die Herleitung der erforderlichen Berechnungsweise ist nachgewiesen in meiner „Hydraulik und ihre Anwendung in der Kulturtechnik“, ein Werk, das 1909 in deutscher und 1911 in russischer Sprache erschienen ist.

In bautechnischer Beziehung wird zunächst bei fast jedem Hauptabschnitt eine kurze geschichtliche Entwicklung der Bauweise gebracht, dem sich eine eingehendere Beschreibung anschließt. Die konstruktiven Anordnungen werden mehr nach der Erfahrungswissenschaft als nach der reinen Theorie behandelt. Sie werden in der Regel vorerst in ihren Einzelheiten kritisch beleuchtet, dann durch möglichst viele voneinander abweichende Beispiele neuester Ausführung erläutert. Besser als die in abstrakter Form gebrachte Regel belehrt das Beispiel, besonders dann, wenn es aus der Wirklichkeit gegriffen, wenn es auf praktischer Erfahrung beruht. Eine Reihe solcher Beispiele und Erfahrungen wird in dem Werke niedergelegt.

Die „Kulturtechnische Baukunde“ soll zwei Bände umfassen. Davon enthält der vorliegende Band I: Baustofflehre, Bauelemente, Wegebau, Kanalisation. Der voraussichtlich etwas kleinere Band II, der, so Gott will, in Jahresfrist erscheinen wird, soll Grund-, Wehr- und Brückenbau, nebst Statik und Festigkeitslehre bringen.

Zu den einzelnen Abschnitten des I. Bandes sei kurz bemerkt:

Im Abschnitt „Baustofflehre“ werden die Gewinnung, Bearbeitung, Prüfung und Erhaltung der wichtigsten Baustoffe, sowie die hierzu erforderlichen Maschinen und Geräte besprochen. Der neueste Stand der Technik wird hierbei beachtet.

Bei den „Bauelementen“ aus Stein, Holz, Eisen und Eisenbeton werden die in der neueren Zeit so häufig angewandten Tragwerke in einem besonderen Abschnitt beschrieben; einfache Festigkeitsberechnungen wurden eingeschaltet.

Im Abschnitt „Wegbau“ sind auch die Bauweisen und Maschinen für den gemischten Straßenverkehr behandelt unter Beachtung der Arbeiten des zweiten internationalen Straßenkongresses in Brüssel (1910). Die Regeln für die Straßenunterhaltung sind weggeblieben; sie sind in meinem 1908 erschienenen Buche „Die Unterhaltung der Wege und Fahrstraßen“ vermerkt.

Die „Kanalisation“ bezieht sich besonders auf die Entwässerung der Klein- und Landstädte, namentlich auch auf die Ausnutzung der im Kanalwasser enthaltenen Dungstoffe.

In den Abschnitten „Wegebau“ und „Kanalisation“ ist der Entwurf einer Wege- oder Kanalisationsanlage in die Mitte gestellt, dem dann Beschreibungen der Entwurfsstücke, der Entwurfsunterlagen und der Ausführung angegliedert sind.

Die Abschnitte des II. Bandes sollen ähnlich gehalten werden.

Wie weit der Inhalt des I. Bandes ins Einzelne geht, weist das umstehende Inhaltsverzeichnis nach. Dieses Inhaltsverzeichnis ist mit Schlagwörtern über den behandelten Gegenstand so reichlich ausgestattet, daß der Leser auch ohne ein besonderes alphabetisches Sachverzeichnis die gesuchte Darstellung leicht finden kann.

Bei der Ausarbeitung des Werkes habe ich von vielen Seiten, namentlich von Behörden, Fachgenossen, Baugeschäften, Baustoff- und Maschinenfabriken dankenswerte Unterstützung erhalten durch Überlassung von Zeichnungen, Abbildungen und Beschreibungen, und durch eingehende Beantwortung meiner Anfragen. Ihnen allen, sowie der Verlagsbuchhandlung für ihr freundliches Entgegenkommen und die sorgfältige Ausstattung des Werkes, danke ich auch an dieser Stelle.

Möge auch dies Werk an seinem bescheidenen Teil zur Förderung der kulturtechnischen Baukunst beitragen.

Siegen, im Januar 1912.

H. Samann.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Baustofflehre.

	Seite
I. Natürliche Bausteine	1
A. Entstehung und Aufbau der Gesteine	2
§ 1. Wie die Steine entstanden sind (Dynamische Geologie)	2
1. Bildende Kräfte S. 2. — 2. Bildung der Gesteine S. 3.	
§ 2. Wann die Gesteine entstanden sind (Historische Geologie)	7
§ 3. Der innere Gebirgsbau (Geognosie)	9
1. Schichten und Schichtenstörungen S. 9. — 2. Absonderung S. 12.	
B. Beschreibung der Gesteine (Petrographie)	13
§ 4. Allgemeine Eigenschaften der Steine	13
1. Zusammenfüzung und Gefüge S. 13. — 2. Bearbeitungsfähigkeit S. 13. — 3. Härte S. 13. — 4. Festigkeit S. 14. — 5. Zähigkeit S. 14. — 6. Wasseraufnahmevermögen und Wetterbeständigkeit S. 14. — 7. Spezifisches Gewicht S. 14.	
§ 5. Zusammenstellung der Gesteinsarten	14
1. Massengesteine S. 14. — 2. Kristallinische Schiefergesteine S. 15. — 3. Schichtgesteine S. 15.	
§ 6. Massengesteine	16
1. Granit S. 16. — 2. Syenit S. 16. — 3. Porphyr S. 16. — 4. Grünstein S. 16. — 5. Trachyt S. 16. — 6. Basalt S. 17. — 7. Lava S. 17.	
§ 7. Kristallinische Schiefer	17
1. Gneis S. 17. — 2. Glimmerschiefer S. 17. — 3. Hornblendeschiefer S. 17.	
§ 8. Schichtgesteine	17
1. Tongesteine S. 18. — 2. Kiesel- (Quarz-) Gesteine S. 18. — 3. Kalkgesteine S. 18. — 4. Sandsteine S. 18. — 5. Tuffe S. 19. — 6. Grauwacke S. 19.	
C. Wahl und Prüfung der Steine	19
§ 9. Wahl der Steine	19
1. Werksteine und Bruchsteine S. 19. — 2. Steine für Wasser- und Brückenbauten S. 20. — 3. Pflastersteine S. 20. — 4. Chausseierungssteine S. 20.	
§ 10. Prüfung der Steine	21

	Seite
D. Gewinnung und Bearbeitung der Steine	22
§ 11. Gewinnung der Steine	22
§ 12. Bearbeitung der Steine	24
1. Das Zertrennen S. 24. — 2. Das Abrichten der Steine S. 25.	
II. Künstliche Bausteine	27
§ 13. Ungebrannte Steine	27
1. Kunststeine S. 27. — 2. Kalksandsteine S. 30. — 4. Rheinische Schwemmsteine S. 30.	
§ 14. Gebrannte Steine	31
1. Der Rohstoff und seine Bearbeitung S. 31. — 2. Der Brennofen und seine Erzeugnisse S. 33.	
III. Mörtel	34
§ 15. Grundstoffe	34
1. Kalk S. 34. — 2. Hydraulische Bindemittel S. 35. — 3. Hydraulische Zuschläge S. 36. — 4. Sand S. 37.	
§ 16. Mörtelbereitung	37
1. Mischmaschinen S. 37. — 2. Merksätze und Mörtelarten S. 40. — 3. Ausbeute der Mörtel S. 42. — 4. Mörteltabelle S. 42.	
IV. Beton und Eisenbeton	43
§ 17. Betonstoffe und Betonbereitung	43
1. Zementbeton S. 45. — 2. Materialbedarf für Stampfbeton S. 47. — 3. Verarbeitung und Behandlung des Betons S. 47.	
§ 18. Betonrohre	48
§ 19. Eisenbeton	51
V. Asphalt	53
§ 20. Der Rohstoff	53
§ 21. Asphaltwaren	54
1. Asphaltpulver S. 54. — 2. Goudron S. 54. — 3. Asphalt-Mastix S. 55. — 4. Asphalt-Folierplatten S. 56. — 5. Asphaltwegeplatten S. 57.	
§ 22. Guß- und Stampfasphalt	57
VI. Bauholz	58
§ 23. Bauholzarten	58
1. Laubhölzer S. 58. — 2. Nadelhölzer S. 58.	
§ 24. Bau und Gefüge des Holzes	59
§ 25. Allgemeine Eigenschaften des Holzes	60
1. Schwinden und Quellen S. 60. — 2. Reißen und Werfen S. 61. — 3. Festigkeit und Biegsamkeit S. 61. — 4. Spaltbarkeit S. 61. — 5. Härte S. 62. — 6. Spezifisches Gewicht S. 62.	
§ 26. Fehler und Krankheiten	62
1. Krumme Holzfasern S. 62. — 2. Unregelmäßige Jahresringe S. 62. — 3. Risse S. 63. — Fäule S. 63.	
§ 27. Kennzeichen guter Bauhölzer	64
1. Sichtbare Zeichen S. 64. — 2. Hörbare Zeichen S. 64. — 3. Bohrprobe S. 64.	

	Seite
§ 28. Gewinnung und Bearbeitung des Holzes	65
1. Fällen des Holzes S. 65. — 2. Zertrennen der Hölzer S. 65. — 3. Abrichten der Hölzer S. 66.	
§ 29. Handels-Bauholz	67
1. Bau-Rundholz S. 67. — 2. Bau-Kantholz S. 67. — 3. Be- dingungen über die Lieferung von Bauhölzern S. 68.	
§ 30. Erhaltung der Hölzer	69
1. Austrocknen S. 70. — 2. Anstreichen und Unterwassersetzen S. 70. — 3. Durchtränken S. 70.	
VII. Eisen	71
§ 31. Gewinnung und Bezeichnung des Eisens	71
§ 32. Roheisen und Gußeisen	74
§ 33. Schmiedeeisen und Stahl	75
§ 34. Handelsfabrikate des Eisens	76
1. Allgemeines über Walzeisen (Formeisen) S. 76. — 2. Deutsche Normalprofile für Walzeisen S. 76. — 3. Breitflanschige Differ- dinger I-Grey-Profile S. 87. — 4. Verschiedene S. 88.	
§ 35. Prüfung des Eisens	92
§ 36. Schutz der Eisenoberfläche	93
VIII. Gewicht und Festigkeit der Baustoffe	95
§ 37. Eigengewichte	95
1. Ministerialerlaß S. 95. — Spezifische Gewichte der Bau- stoffe S. 96.	
§ 38. Zulässige Spannungen	96
1. Baugrund, Bausteine, Mauerwerk S. 96. — 2. Beton und Eisenbeton S. 97. — 3. Eisen S. 99. — 4. Holz S. 100.	

Zweiter Abschnitt.

Bauelemente.

I. Bauelemente in Stein	101
§ 39. Mauern	101
1. Mauern aus künstlichen Steinen S. 102. — 2. Mauern aus natürlichen Steinen S. 104.	
§ 40. Gewölbe	106
1. Teile der Gewölbe S. 106. — 2. Formen der Gewölbe S. 107. — 3. Arten der Gewölbe S. 108. — 4. Material und Aufbau der Gewölbe S. 108.	
§ 41. Kunstformen beim Mauerwerk	109
1. Bearbeitung der einzelnen Steine S. 110. — 2. Mauerverband S. 110. — 3. Fugenverstrich S. 110. — 4. Gefims S. 110. — 5. Verzierungen S. 112. — 6. Farbe S. 112.	
§ 42. Berechnung der Bauelemente in Stein	113
1. Über Zug- und Druckfähigkeit S. 113. — 2. Berechnung der lotrecht belasteten Mauern S. 113. — 3. Über die Berechnung der Gewölbe S. 114.	

	Seite
II. Bauelemente in Holz	114
§ 43. Holzverbände	114
1. Verbände zur Verlängerung der Hölzer S. 115. — 2. Verbände zur Verbreiterung der Hölzer S. 116. — 3. Verbände zur Winkelsbildung S. 116. — 4. Verbände zur Verstärkung der Hölzer S. 118.	
§ 44. Das Hängewerk und seine Umkehrung	120
§ 45. Das Sprengwerk und seine Umkehrung	122
§ 46. Kragwerke	123
1. Erklärung S. 123. — 2. Träger auf einer Stütze S. 123. — 3. Träger auf zwei Stützen S. 123. — 4. Träger auf mehr als zwei Stützen S. 123. — 5. Kragwerk für Erddruck S. 124.	
§ 47. Berechnung der Bauelemente in Holz	124
1. Über Biegungsfestigkeit S. 124. — 2. Berechnung der Balken S. 125.	
III. Bauelemente in Eisen	126
§ 48. Bolzen und Schrauben	126
1. Bolzen S. 126. — 2. Schrauben S. 127.	
§ 49. Niete	129
§ 50. Schweißungen	131
1. Aluminothermische Schweißung S. 131. — 2. Autogene Schweißung S. 131. — 3. Elektrische Schweißung S. 131.	
§ 51. Stützen	132
§ 52. Berechnung der Bauelemente in Eisen	133
1. Berechnung auf Scherfestigkeit S. 133. — 2. Berechnung auf Knickfestigkeit S. 134.	
IV. Bauelemente in Beton und Eisenbeton	136
§ 53. Geschichtliches	137
§ 54. Stützen und Wände	138
1. Stützen oder Säulen S. 138. — 2. Wände ohne Fugen S. 138. — 3. Wände aus Betonbaublöcken S. 139.	
§ 55. Decken	139
1. Platten und Balken S. 140. — 2. Plattenbalken S. 141. — 3. Gewölbe S. 142.	
§ 56. Berechnung der Bauelemente in Eisenbeton	142
1. Biegungsfestigkeit S. 142. — 2. Schub- und Haftfestigkeit S. 144.	

Dritter Abschnitt.

Baugewebau.

Einleitung	145
I. Bodenkunde	148
A. Geognostische Beschaffenheit des Bodens	148
§ 57. Bodenarten	148
§ 58. Bodenuntersuchung	149
B. Physikalische Eigenschaften des Bodens	150
§ 59. Bindigkeit	150

	Seite
§ 60. Gewinnungsfestigkeit und Tragfähigkeit	151
1. Stichboden S. 151. — 2. Hackboden S. 151. — 3. Gebräches Gestein S. 151. — 4. Sprenggestein S. 151.	
§ 61. Der Böschungswinkel	152
§ 62. Auflockerung und Sezen des Bodens	153
§ 63. Verhalten des Bodens gegen Wasser und Luft	155
II. Landstraßen	156
§ 64. Amtliche Vorschriften über den Bau der Landstraßen	156
A. Entwerfen der Straßenpläne	156
§ 65. Entwurfsunterlagen	157
1. Einmessung der Straßenlinie im Felde S. 157. — 2. Auf- nahme der Längen- und Querprofile S. 159.	
§ 66. Der Kostenanschlag	160
§ 67. Erläuterungsbericht	165
§ 68. Erdmassenberechnung (Massenermittelung)	165
1. Die Größe der Ab- und Auftragsflächen in den Querprofilen S. 166. — 2. Körperinhalt der Auf- und Abträge S. 168.	
§ 69. Ermittlung der Transportweiten (Massenverteilung)	170
1. Massenverteilung durch Berechnung S. 170. — 2. Massen- verteilung durch Zeichnung (Massenprofil) S. 172.	
§ 70. Einebnen hügeliger Flächen	173
1. Massenermittelung aus den Höhenschichtenlinien S. 173. — 2. Massenermittelung aus den Koordinaten S. 173. — 3. Er- mittlung der mittleren Transportweite S. 173.	
§ 71. Ermittlung der Böschungsflächen	174
§ 72. Ertragsberechnung	175
§ 73. Der Übersichtsplan (Straßentrasse)	176
§ 74. Der Lageplan (Krümmungshalbmesser)	180
§ 75. Der Höhenplan (Steigungsverhältnisse)	182
§ 76. Querprofile	188
1. Die einzelnen Teile einer Straße S. 188. — 2. Die Straßen- breiten S. 188. — 3. Das Quergefälle S. 190.	
B. Ausführung der Arbeiten	193
a) Unterbau der Straßen (Erd- und Planumsarbeiten)	193
§ 77. Herrichtung des Baugrundes	193
§ 78. Einschnitte	195
1. Gestalt der Einschnitte S. 195. — 2. Lösung des Abtrages S. 196.	
§ 79. Förderung des Bodens	200
§ 80. Dämme	202
1. Allgemeines S. 202. — 2. Einfluß des Baugrundes S. 203. — 3. Einfluß des Schüttmaterials S. 205. — 4. Schüttungsarten S. 207.	
§ 81. Entwässerung der Straße	209
1. Straßengräben und gepflasterte Rinnen S. 209. — 2. Ab- fangegräben S. 212. — 3. Abfallrinnen S. 212. — 4. Mulden S. 212. — 5. Sickerinnen S. 214. — 6. Drainrohre S. 215. — 7. Sickerkanäle S. 216. — 8. Sickerflöße S. 216.	

	Seite
§ 82. Böschungen	216
1. Ebenen der Böschungen S. 216. — 2. Begrünung S. 217. —	
3. Böschungspflaster S. 218. — 4. Verkleidungsmauern S. 219.	
§ 83. Uferbefestigungen	219
b) Oberbau der Straßen	222
α) Bahnbahnen	222
§ 84. Wahl der Befestigungsart	222
1. Technische Anforderungen S. 222. — 2. Gesundheitliche	
Anforderungen S. 223. — 3. Wirtschaftliche Anforderungen	
S. 223.	
§ 85. Steinschlagbahnen	225
§ 86. Kiesbahnen	229
§ 87. Kleinpflaster	230
§ 88. Mittelpflaster	232
§ 89. Klinkerpflaster	233
§ 90. Bahnbahnen aus verschiedenen Baustoffen	235
1. Bahnen mit besonderen Fahrstreifen S. 235. — 2. Fahr-	
bahnen aus Kleinschlag und Zement S. 236. — 3. Bahnbahnen	
aus Kleinschlag mit asphaltähnlichen Stoffen S. 237.	
β) Verschiedene Oberbauteile	238
§ 91. Sommer- und Reitwege	238
§ 92. Bankette, Fuß- und Radfahrwege	239
c) Bauwerke	241
§ 93. Über Durchlässe und Brücken	241
§ 94. Stützwände	243
1. Der Erddruck S. 243. — 2. Querschnittsmittelung S. 246. —	
3. Ausführung der Mauern S. 249.	
d) Nebenanlagen der Straßen	250
§ 95. Baumpflanzungen	250
§ 96. Sicherheitsanlagen	251
1. Lebendige Hecken S. 251. — 2. Brüstungsmauern S. 251. —	
3. Eisernen Geländer S. 251. — 4. Holzgeländer S. 252.	
§ 97. Wegezeichen	253
III. Städtische Straßen	253
§ 98. Aufstellung des Straßenentwurfs	254
1. Richtung der Straße S. 254. — 2. Höhenlage der Straße	
S. 254. — 3. Breite S. 255. — 4. Zeichnungen S. 256.	
A. Die Bahnbahn der städtischen Straßen	258
§ 99. Wahl der Befestigungsart	258
1. Technische Anforderungen S. 258. — 2. Gesundheitliche	
Anforderungen S. 258. — 3. Wirtschaftliche Anforderungen	
S. 259.	
§ 100. Pflaster aus natürlichen Steinen	260
§ 101. Pflaster aus künstlichen Steinen	262
1. Pflaster aus Mansfelder Kupferschlacke S. 262. — 2. Vul-	
kanolpflaster S. 263.	
§ 102. Holzpflaster	264

	Seite
§ 103. Asphaltbelag	265
1. Stampfaspfalt S. 265. — 2. Asphaltplattenbelag S. 266.	
§ 104. Zement und Eisenbeton	266
1. Zementmafabam S. 266. — 2. Das Pflaster von Kieser- ling S. 267. — 3. Das Diabas-Zementsteinpflaster S. 267. — 4. Das Teer-Zementpflaster S. 267. — 5. Basaltoid S. 268. — 6. Betonprismen S. 268. — 7. Eisenbetonplatten S. 268.	
B. Bürgersteige, Seitenfahrten und Rinnen	268
§ 105. Bürgersteige	268
1. Die Bordsteine S. 269. — 2. Befestigung der Bürgersteige S. 270.	
§ 106. Seitenfahrten	272
§ 107. Rinnen	273
IV. Verkehrswege für besondere Verhältnisse	274
A. Waldwege	274
§ 108. Allgemeines	274
§ 109. Erdwege	275
§ 110. Wege mit Steinbahnen	276
1. Fahrbahnen aus zerschlagenen Steinen S. 276. — 2. Fahr- bahnen aus Kies S. 278. — 3. Pflasterungen S. 278.	
§ 111. Wege mit Holzbahnen	279
1. Knüppelbahnen S. 279. — 2. Lebendige Fahrbahnen S. 279.	
B. Land- und Feldwege	279
§ 112. Zweck und Lage	279
§ 113. Bauart	281
1. Landwege S. 281. — 2. Feldwege S. 282.	
C. Verschiedene Wege	282
§ 114. Parkwege	282
1. Linienführung S. 282. — 2. Bauweise S. 283.	
§ 115. Automobilstraßen	284
1. Allgemeines S. 284. — 2. Ausführung S. 284.	

Vierter Abschnitt.

Kanalisation.

I. Die Kanalisation im allgemeinen	285
§ 116. Geschichtliches	285
§ 117. Allgemeine Anordnung	287
1. Kanalisationsysteme S. 287. — 2. Anordnung des Kanalnetzes S. 288. — 3. Kanäle, Bauwerke, Wasserreinigung S. 289.	
II. Entwurf	291
§ 118. Der Entwurf im allgemeinen	291
§ 119. Zeichnungen	292
1. Übersichtsplan S. 292. — 2. Zeichnung der Vorflutver- hältnisse S. 293. — 3. Lageplan S. 293. — 4. Höhenplan S. 293. — 5. Baupläne und Pläne zu Einzelheiten S. 295.	
§ 120. Schriftstücke	295
1. Erläuterungsbericht S. 295. — 2. Kanaltabelle S. 296. — 3. Kostenanschlag S. 296.	

	Seite
III. Kanalwasser	297
§ 121. Abzuführende Wassermenge	297
1. Brauchwasser S. 297. — 2. Regenwasser S. 298.	
§ 122. Beschaffenheit des Kanalwassers	302
IV. Kanäle	303
§ 123. Form und Größe	303
1. Form der Durchflußöffnung S. 303. — 2. Größe der Durchflußöffnung S. 304.	
§ 124. Bauart der Kanäle	309
1. Beschreibung der Kanäle S. 309. — 2. Wahl der Bauart S. 313.	
§ 125. Tiefenlage und Gefällverhältnisse der Kanäle	315
1. Tiefenlage S. 315. — 2. Gefällverhältnisse S. 316.	
§ 126. Verlegen der Rohre	319
§ 127. Beseitigung des Grundwassers	321
§ 128. Kanalverbindungen	321
§ 129. Dicker- und Heberleitungen	323
V. Bauwerke	325
§ 130. Anlagen zur Untersuchung und Reinhaltung der Kanäle	325
1. EinsteigeSchächte S. 325. — 2. Lampenlöcher S. 326. — 3. Lüftungsvorrichtungen S. 326. — 4. Spülvorrichtungen S. 327. — 5. Sonstige Vorkehrungen zum Reinigen der Kanäle S. 331.	
§ 131. Kanaleinlässe	333
1. Einläufe für Straßenwasser S. 333. — 2. Schneeschächte S. 334.	
§ 132. Kanalausläufe	335
1. Mündung der Hauptkanäle S. 335. — 2. Notauslässe S. 337.	
VI. Hausentwässerungen	339
§ 133. Allgemeines	339
§ 134. Rohrleitungen	339
§ 135. Einläufe	341
1. Regenrohrabfänge S. 341. — 2. Fettsfänge S. 341. — 3. Hof- und Fußbodeneinläufe S. 342. — 4. Einläufe über dem Fußboden (Wandeinläufe) S. 342. — 5. Pissoirbecken und Spülaborte S. 342. — 6. RücktauberSchlässe S. 343.	
§ 136. Reinigung und Lüftung	344
VII. Anlagen zum Heben des Kanalwassers	345
§ 137. Pumpwerke	345
§ 138. Druckrohrleitungen	346
VIII. Abwasserreinigung	347
§ 139. Reinigungsanlagen	348
1. Übersicht der Reinigungsverfahren S. 348. — 2. Das chemische Verfahren S. 349. — 3. Die mechanische Reinigung S. 349. — 4. Biologisches Verfahren S. 352. — 5. Bodenfiltration und Nieselung S. 353.	
§ 140. Schlußfolgerungen	355

Figuren-Quellenachweis.

a) Baustofflehre.

- Fig. 6 u. 15: Maschinenfabrik Emil Offenbacher in Marktredwitz (Bayern).
Fig. 7—12: Roth & Gärtner in Halle (Saale).
Fig. 14: Internationale Preßluft- und Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin C. 54.
Fig. 16, 17, 23, 24, 28, 31—34: Dr. Caspary & Cie. in Markranstädt bei Leipzig.
Fig. 18 u. 54: Alfred Gutmann, Aktien-Gesellschaft für Maschinenbau in Altona-
Ottensen.
Fig. 19 u. 21: Dorstener Eisengießerei und Maschinenfabrik A.-G. Herbest-Dorsten
in Westfalen.
Fig. 20: Maschinenfabrik Roscher, G. m. b. H. in Görlitz.
Fig. 22, 26 u. 27: Maschinenfabrik Gauhe, Gockel & Cie. in Oberlahnstein a. Rh.
Fig. 25: Fried. Krupp, Grusonwerk in Magdeburg-Buckau.
Fig. 35: Basaltwerke der Basalt-Aktiengesellschaft in Linz a. Rh.
Fig. 36: Maschinenfabrik Schüchtermann & Kremer in Dortmund.
Fig. 37 u. 38: Maschinenfabrik Brink & Hübner in Mannheim.
Fig. 39 u. 40: Berliner Aktiengesellschaft für Eisengießerei und Maschinenfabrikation
(früher J. C. Freund & Cie.) in Charlottenburg.
Fig. 41 u. 42: Maschinenfabrik Kappel, Aktiengesellschaft in Chemnitz-Kappel.

b) Straßenbau.

- Fig. 104: Wilhelm Kenger & Cie in Arnstadt in Thüringen.
Fig. 105: Bochumer Verein für Bergbau und Gußstahlfabrikation in Bochum.
Fig. 117: Fried. Krupp, Grusonwerk in Magdeburg-Buckau.
Fig. 142: Deutsche Steinwerke C. Vetter, Aktiengesellschaft in Würzburg.
Fig. 146: Basaltwerke der Basalt-Aktiengesellschaft in Linz a. Rh.
Fig. 147: Hans Hauenschild, G. m. b. H. in Berlin NW. 21.
Fig. 149 u. 150: Maschinenfabrik Gebr. Bobe, G. m. b. H. in Dresden.

c) Kanalisation.

- Fig. 169—174, 178, 179, 198, 199: Rheinische Steinzeugwerke, G. m. b. H. in Köln.
Fig. 175 u. 180: Basaltwerke der Basalt-Aktiengesellschaft in Linz a. Rh.
Fig. 176: Zementwarenfabrik Fritslar in Fritslar (Hessen).
Fig. 182—187, 193, 197, 200, 201, 203—224: Rudolph Böcking & Cie., Erben
Stumm-Halberg und Rud. Böcking, G. m. b. H. in Halbergerhütte, Brebach.
Fig. 188—192 u. 194—196: Adolf Haase, Fabrik für Kanal-Reinigungs-Geräte
in Gotha.

Die in den Figuren dargestellten Gegenstände werden von den angegebenen Fabriken auch hergestellt. Eine Ausnahme machen die Fig. 31—34; die Fabrik fertigt nicht die dargestellten Rohre, sondern die zugehörigen Rohrformen an.

Erster Abschnitt.

Baustofflehre.

I. Natürliche Bausteine.

Von allen im Bauwesen verwendeten Materialien nimmt der Menge nach den ersten Platz das Steinmaterial ein. Aus ihm stellte der Mensch schon in den frühesten Zeiten seine Werkzeuge her. Die alten Ägypter, die Griechen und Römer schufen ihre großartigen Bauwerke und formvollendeten Kunstgebilde aus Stein mit einfachen Hilfsmitteln vermöge hochentwickelter Handfertigkeit. Die Geschichtsschreiber dieser Völker, wie auch die Bibel, namentlich aber die noch heute vorhandenen Reste jener Bauwerke geben hiervon Zeugnis; so die Pyramiden von Giseh. Diodorus und Xenophon erzählen von den Mauern Ninives, daß dieselben 100 Fuß hoch, geebnet und poliert gewesen seien. Großes und Schönes hat der Mensch aus Stein errichtet und doch nur Kleines und Unscheinbares gegenüber den Werken des Schöpfers: die gewaltigen Bergriesen der Alpen, ja unsere Erde, soweit wir in sie einzudringen vermögen, sie sind aus Fels, aus Stein gebaut.

Die Entstehung der festen Erdkruste lehrt die Erdgeschichte oder die Geologie (gea = Erde, logos = Lehre). Die Geologie kann man einteilen in dynamische Geologie oder die Lehre von den Ursachen der Entstehung (dynamis = Kraft), in die historische Geologie oder die Lehre von der Zeitfolge der Entstehung und in die Geognosie oder die Lehre von der Zusammensetzung der Erde in ihrem jetzigen Zustande. Die dynamische und historische Geologie behandelt die Vergangenheit, das Warum und Wann der Entstehung, die Geognosie die Gegenwart, namentlich den inneren Gebirgsbau, die Absonderung und Schichtung der Gesteine.

Den Zweig der Geologie, welcher sich ausschließlich mit den Gesteinen befaßt, nennt man Gesteinslehre oder Petrographie (petra = Fels, graphien = schreiben). Die Petrographie kann man wieder einteilen in eine allgemeine und eine besondere. Die allgemeine Petrographie belehrt uns über die Zusammensetzung, das Gefüge und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Gesteine im allgemeinen. Die besondere Petrographie führt uns die Steine in systematisch geordneter Reihenfolge vor und gibt deren Kennzeichen, Fundorte und Verwendungen an.

A. Entstehung und Aufbau der Gesteine.

(Geologie.)

Die Erde ist uns nur zu einem ganz geringen Bruchteil bekannt. Das tiefste Bohrloch führt etwa 2 km in das Innere hinein; es ist zu vergleichen mit einem 1 mm tiefen Nadelstich in eine 6,3 m dicke Kugel (2 : 12700). Nur Vulkane und heiße Quellen bringen uns Kunde aus größeren Tiefen, und nur Vermutungen, gestützt auf Beobachtung, Berechnung und Experiment, können wir über die Beschaffenheit der tiefer gelegenen Gebilde aussprechen: Theorien und Hypothesen nehmen in der Geologie einen breiten Raum ein und mahnen uns zur Vorsicht und Bescheidenheit.

§ 1. Wie die Steine entstanden sind.

(Dynamische Geologie.)

1. Bildende Kräfte (Gesteinsbildner). Wie ist die Erde, wie sind die Gesteine entstanden? Die Geologen sagen: Die Erde war einst eine große glühende und mit Wasserdampf umhüllte Kugel. Als nun die Erde sich abkühlte, entstand auf der Oberfläche eine Rinde; die Dämpfe verdichteten sich zu Wasser, welches die Erde umhüllte. Indem die Erdrinde durch weitere Abkühlung dicker wurde, mußte sie sich zusammenziehen, sie bekam Runzeln; es entstanden Hügel und Berge; die Gewässer sammelten sich an den tiefen Stellen, es bildeten sich Land und Meer. Gott sprach: „Es sammle sich das Wasser unter dem Himmel an besondere Örter, daß man das Trockene sehe.“ Und es geschah also.

Auch heute ist die Bildung von Bergen noch keineswegs abgeschlossen. So stieg z. B. im Jahre 1759, durch die Macht des Feuers getrieben, der Berg Jorullo in Mexiko an einem Tage über 500 m empor, ein Berg, der 4 Quadratmeilen bedeckt. Bedeutsamer noch für die Umgestaltung der Erdoberfläche ist das langsame Sichheben und Senken

ganzer Länder. Schweden, Schottland, Labrador und Neufundland heben sich langsam. Ganz Chile, Peru, samt der gewaltigen Andenkette wachsen stetig aus dem Meere heraus. Andere Länder versinken allmählich im Meer, wie Süd-Grönland, Kreta, Gibraltar. So mächtig und unaufhörlich arbeitet das Feuer im Inneren der Erde, daß die Berge erzittern. Wir wissen durch genaue Seismometer (Erdbebenmesser), daß es kaum einen Punkt der Erde gibt, der auch nur 24 Stunden lang, ohne leise zu beben, fest liegt.

Doch wären nur die unterirdischen Kräfte des Feuers vorhanden, so gliche die Oberfläche der Erde der des Mondes; zerklüftetes, zerrissenes, viele tausend Meter zackig emporragendes Gebirge. Aber es kreisen und fließen unaufhörlich die Wasser der Erde und bekämpfen das Feuer, das treibt und hebt und hinausstößt; sie zernagen und zermahlen die harten Felsen und spülen die Berge und Länder in die Tiefe, füllen Seen und Täler aus und bilden große Deltas, ja ganze fruchtbare Länder. Man hat berechnet, daß sämtliche Ströme der Erde alljährlich an 23 Milliarden Kubikmeter Schlamm dem Meere zuführen.

Nur ein Teil des Wassers fließt auf der Oberfläche hinweg, zerstört die Steine und führt die Stücke mit sich fort; seine Tätigkeit ist eine mechanische. Ein Teil des Wassers dringt in die Tiefe und bewirkt dort eine Zersetzung der Steine auf chemischem Wege.

Obgleich auch noch andere Kräfte, wie Wind und Organismen (Tiere und Pflanzen), die Gestalt der Erde langsam aber stetig verändern, die Steine zerstören und Neubilden, Feuer und Wasser sind doch die Hauptmächte, die Hauptbildner der Gesteine. Nach ihnen teilen wir die Steine ein: in Feuergesteine (Eruptivgesteine oder Ausbruchsgesteine) und in Wassergesteine (Sedimentärgesteine). Hinzu kommen noch die kristallinen Schiefergesteine, deren Entstehungsweise bis jetzt noch nicht genau ermittelt ist.

2. Die Bildung der Gesteine.

a) Die Eruptivgesteine. Betrachten wir die Tätigkeit eines Vulkans, so finden wir, daß derselbe aus dem Erdinneren allerlei Gesteinsmaterial zutage fördert, das meist mit dem übrigen Gestein seiner Umgebung gar nichts zu schaffen hat. Der Krater des Vulkans „speit“ entweder Lava oder Auswürflinge. Die Lava ist ein zähflüssiger Brei von geschmolzenem Gestein, das aus dem Krater zuerst in raschem, dann in immer langsamem Lauf abfließt, oft meilenweite Ströme bildend. An der Luft sich abkühlend, erstarrt die Lava nach und nach zu einem meist dunkel gefärbten, bald gleichförmigen, bald porösen Gestein, und

zwar zu einem richtigen Massengestein, das nirgends Schichtung oder Schalung zeigt und nach der Natur seines Entstehens auch nicht zeigen kann. Ebenso ist es gänzlich ausgeschlossen, daß in diesem Gestein Reste von Tieren oder Pflanzen (Versteinerungen, Petrefakten) vorkommen, denn alle organischen Bestandteile müßten in dem glühenden Brei verbrennen. Man findet nun allerwärts auf der Erde zerstreut eine Menge Massengesteine, in denen ebenfalls jede Spur von organischen Stoffen fehlt. Man nimmt deshalb an, daß alle Massengesteine irgend einmal feuerflüssig aus dem Erdinneren herausgeflossen oder durch die Macht des Feuers emporgehoben worden sind. Die Massengesteine nennt man daher auch Eruptiv- oder Ausbruchgesteine, auch wohl Feuergesteine.

Je nach dem Alter unterscheidet man ältere oder plutonische Gesteine und jüngere oder vulkanische Gesteine (Pluto der Gott der Unterwelt und Vulkan der Gott des Feuers). Außerdem unterscheidet man die Massengesteine nach ihrem Gefüge oder ihrer Struktur. Man hat 3 Hauptarten des Gefüges: körniges, porphyrtartiges und glasiges. Beim körnigen Gefüge besteht das Gestein aus lauter Körnern oder Kristallen, beim porphyrtartigen Gefüge sind einzelne größere Kristalle in eine gleichförmige Grundmasse eingebettet, das glasige Gefüge ist dem Schmelzflusse des Glases ähnlich. Solche Gläser entstehen, wenn ein feuerflüssiger Lavabrei rasch zur Erstarrung kommt. Wird die Oberfläche des Schmelzflusses porös und schaumig, so bekommen wir Bimsstein. Auch im Inneren der erstarrenden Masse entstehen durch aufsteigende Gase runde oder ovale Hohlräume, die entweder mit nach innen sich kehrenden Kristallen versehen sind und dann Kristalldrüsen genannt werden, oder die durch einen besonderen Mineralstoff gefüllt werden. Man heißt die letztgenannten Ausfüllungen „Mandeln“, das Gestein Mandelstein.

Neben den zusammenhängenden Lavaergüssen „speit“ der Krater noch Auswürflinge oder vulkanischen Schutt aus. Die größeren Blöcke nennt man Bomben, die kleineren Lapilli oder Kapilli, die sandförmigen Sand und die staubförmigen, feinsten Bestandteile Asche. Anhäufungen von vulkanischem Schutt, die vom Wasser zusammengeschwemmt, mehr oder weniger deutlich geschichtet und mit organischen Resten durchsetzt sind, nennt man Tuffe. Nach dem vorherrschenden Material unterscheidet man Basalt-, Trachyt-, Grünstein-, Porphyr- und Bimssteintuff, ferner Traß.¹⁾

¹⁾ Dennert, Volks-Universal-Lexikon.

Die wichtigsten Eruptivgesteine sind: Granit, Syenit, Porphyr, Grünstein, Trachyt, Basalt, Lava, Luffe.

Luffe zählen zu den Eruptivgesteinen, aber nicht zu den Massengesteinen.

b) Kristallinische Schiefergesteine. Diese zeigen die Bestandteile der Massengesteine, sie sind aber nicht massig, sondern geschichtet; Versteinerungen enthalten sie nicht. Ihre Entstehung ist bis jetzt ein Rätsel. Die wichtigsten kristallinischen Schiefer heißen: Gneis, Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer und Urtonschiefer.

c) Die Sedimentärgesteine. Sediment oder Niederschlag ist der Stoff, der sich, nachdem er kürzere oder längere Zeit im Wasser schwebte, oder in dem Wasser aufgelöst war, auf dem Grunde abgelagert hat. Schütten wir z. B. in ein halb mit Wasser gefülltes Glas ein Gemenge von Kies, Sand, Schlamm und Kochsalz, schütteln das Ganze gut durcheinander und stellen dann das Glas ruhig hin, sofort werden die größeren Beimengungen nach ihrer Schwere geordnet zu Boden sinken in deutlich unterschiedenen Schichten. Nur die feinen Schlammteilchen bleiben noch stundenlang im Wasser schwebend, ehe sie sich zu oberst absetzen und eine völlig klare Flüssigkeit übrig bleibt. Auf dem Boden befindet sich eine geschichtete Ablagerung, entstanden durch die Wirkung der Schwerkraft, es ist ein mechanisches Sediment. Aber das klare Wasser enthält noch immer Kochsalz, nicht als schwebender Körper, sondern aufgelöst. Verdampfen wir das Wasser, so erhalten wir einen Niederschlag des Salzes, entstanden durch chemische Vorgänge, wir erhalten ein chemisches Sediment.

Kies, Sand und Schlamm sind Gesteinstrümmer, welche im Wasser zermahlen wurden. Das Mahlen geschieht besonders in Flüssen und an Steilküsten des Meeres. In Flüssen hören wir bei Hochwasser das Poltern der vom Wasser fortbewegten und aneinander prallenden Steine. Durch das Aneinanderstoßen werden die Ecken der Steine abgerundet, die Steine selbst geglättet, zugleich werden die auf der Flußsohle liegenden Stücke abgeschliffen. Die Steine werden hierbei immer kleiner, je nach ihrem Gefüge mehr oder weniger länglich oder plattenförmig. Die abgeriebenen Teile werden zu Sand oder Schlamm zermahlen. Ähnlich arbeitet die Woge des Meeres an steilen Küsten.

Kies, Sand und Schlamm, die wir im Glase mit dem Wasser in schnelle Bewegung setzten, blieben im Wasser schweben; sie sanken erst zu Boden, als das Wasser ruhig wurde, zuerst der Kies, dann der Sand, zuletzt der Schlamm. Dasselbe geht in allen fließenden Wassern der

Erde vor. Eine reißende Strömung nimmt nicht nur Sand und Schlamm, sondern auch Kiesel eine große Strecke mit sich fort. Wenn die Geschwindigkeit der Strömung nachläßt, sinken zunächst die Kiesel als Absatz zu Boden, der Sand wird noch weiter fortgetragen und sinkt langsamer, während Schlamm lange Zeit mit dem Wasser wandert und nur ganz allmählich auf den Boden sinkt. Man kann annehmen, daß dort, wo sich Kiesmassen finden, früher eine starke Strömung war, entweder ein Flußbett oder die Küste eines Meeres, während Schichten von Schlamm anzeigen, daß das Wasser langsam geflossen oder ruhig gestanden haben muß.

Die Ablagerung kann im Wasser aber nur in regelmäßig aufeinander folgenden Schichten geschehen. Das aus dem Niederschlag sich bildende Gestein wird daher mehr oder weniger diese Schichtung aufweisen. Die Sedimentärgesteine heißen deshalb auch Schichtgesteine. Weil sie sich durch die Einwirkung des Wassers gebildet haben, heißen sie auch Wasser-
gesteine oder neptunische Gesteine (Neptun, der Gott des Meeres).

Wie entsteht aber aus den Sedimenten ein fester Stein? Wenn wir Schlamm pressen, so wird er fester. Wenn wir Wasser, das Kalk oder andere im Wasser lösliche Stoffe enthält, in Sand gießen, so wird, wenn das Wasser verdunstet, der aufgelöste Stoff sich um die Sandkörner festsetzen und diese miteinander verbinden. Man nennt diesen Vorgang bekanntlich Einsickerung oder Infiltration. Durch Druck oder Einsickerung sind die meisten Sedimentärgesteine erhärtet.

Aber nicht nur aus mechanischen Sedimenten entstehen Sedimentär-
gesteine, auch aus chemischen Sedimenten können sie gebildet werden, z. B. die sog. Tropfsteine. In den Tropfsteinhöhlen der Kalksteinberge finden sich Steine, die wir mit Stalaktiten (von der Decke herabhängend) und Stalagmiten (vom Boden wachsend) bezeichnen. Diese Steine sind richtige Tropfsteine, denn sie entstehen durch das von der Decke der Höhle herabtropfende, mit einer Kalklösung getränkte Wasser, von dem ein Teil verdunstet. Auch von schlecht abgedeckten Brückengewölben finden wir oft Tropfsteine wie die Eiszapfen herabhängen; diese haben sich gebildet durch Wasser, das den Kalkmörtel berieselte und beim Abtropfen und Verdunsten einen Teil der Kalklösung in Form von Tropfstein niederschlug. Derselbe Vorgang spielt sich bei der Sinter- und Tuffbildung ab, wie wir überall beobachten können, wo kalkhaltiges Wasser langsam über eine Böschung herabrieselt, oder wie es die Bildung des sog. Kesselsteines im Dampfkessel usw. zeigt. Große Kalksteinmassen haben sich auf diese Weise abgelagert, das zeigen namentlich die Kalktufflager, die nach und nach ganze Täler ausfüllen können.

Auch Tiere und Pflanzen können zur Bildung der Sedimentär-
gesteine beitragen, und große Gesteinsmengen sind auf diese Weise ent-
standen. Manche Kalkarten z. B. bestehen aus den Schalen oder Schal-
bruchstücken von winzig kleinen Tierchen, die zu Milliarden im Meere
leben und sterben und deren Kalkgehäuse nach dem Tode ihrer Träger
zu Boden sinken. Dort häuft sich nach und nach eine mächtige Schicht
als sog. Tiefseeschlamm an; es ist Kalk. An Kreide kann man z. B.
unter dem Mikroskop die Trümmer dieser Schaltierchen deutlich wahr-
nehmen. Die Koralleninseln und Korallenriffe sind aufgebaut durch die
Tätigkeit der Korallentierchen, welche in ungeheuren Mengen zusammen-
leben und beständig Kalk absondern. Die Steinkohlen sind Überreste von
Pflanzen, die bei unvollständiger Verwesung (unter Wasser, also mit
Ausschluß der Luft) ihren Brennstoff erhalten haben.

Oft finden wir in das Gestein eingebettet Überreste von Pflanzen
und Tieren, sog. Versteinerungen, Petrefakten oder Fossilien (petra = Fels,
Stein, factum = gemacht, fossilis = aus der Erde gegraben). Die
Pflanzen- und Tierreste, welche in das Wasser gelangten, wurden meist
mit dem Schlamm, Sand oder Kies fortgetrieben, bis sie zu Boden
sanken, vom Schlamm usw. überdeckt wurden und mit demselben ver-
steinerten.

Überblicken wir zum Schlusse die Bildung der Sedimentär-
gesteine noch einmal, so finden wir, daß diese Gesteine aus Kies, Sand und
Schlamm, aus Resten von Pflanzen und Tieren im Wasser gebildet oder
aus den im Wasser löslichen Stoffen niedergeschlagen worden sind.

Die Sedimentär-
gesteine haben verschiedene Korngröße und Härte
je nach den Stoffen, aus denen sie sich gebildet haben. Je nach der
Korngröße unterscheidet man Konglomerat, d. i. zusammengeballter Kies,
Sandstein, d. i. ein Stein aus zusammengekittetem Sand, Schiefer-
ton, bestehend aus einem Sediment von Schlamm.

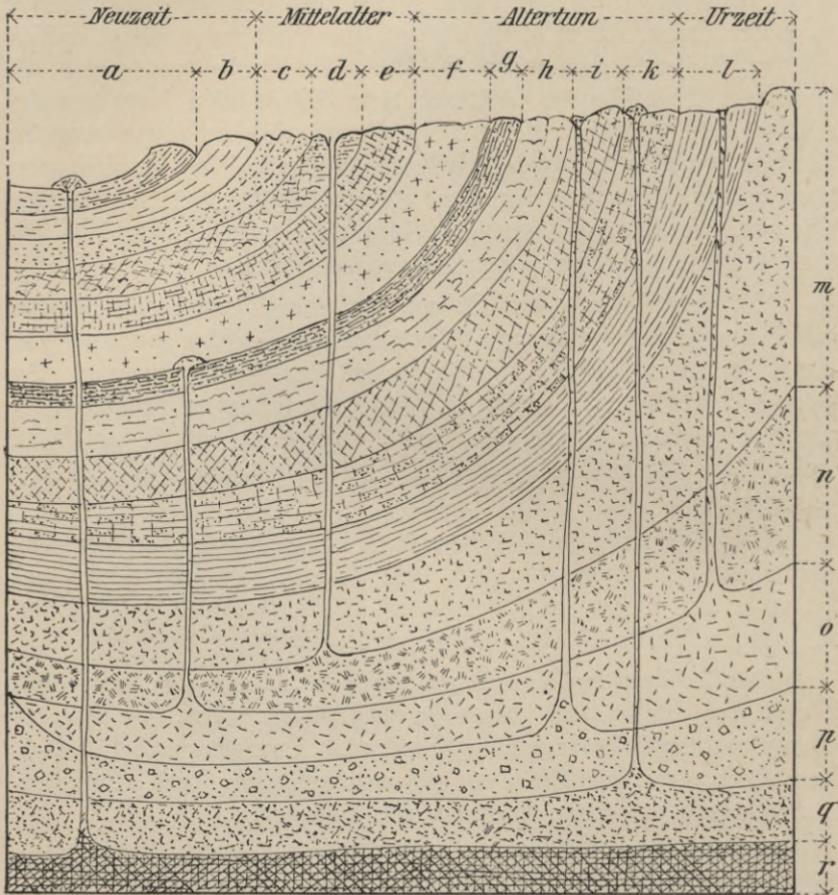
Die wichtigsten Sedimentär-
gesteine sind: Tongesteine, Kieselgesteine,
Kalksteine, Sandsteine und Grauwacke.

§ 2. Wann die Gesteine entstanden sind.

(Historische Geologie.)

Bei der Bildung der Sedimentär-
gesteine oder bei deren Formation
mußten sich selbstredend die ältesten Schichten zuerst ablagern und auf
diesen älteren Schichten konnten sich erst die jüngeren aufbauen. Wäre
nun keine Störung in der Ablagerung eingetreten, so müßten sich die
Schichten der Zeitfolge nach geordnet finden und man müßte, um zu

den ältesten Schichten zu gelangen, stets alle jüngeren Schichten durchbrechen. Dieses ist aber nicht der Fall, sondern es treten, durch verschiedene Ursachen veranlaßt, oft ältere Gebirgsschichten zutage (Fig. 1).



m = Granit n = Syenit o = Grünstein p = Porphyr q = Basalt r = Lava

Fig. 1. Idealer Durchschnitt eines Theiles der Erdrinde.

Man hat deshalb das Alter der Gebirgsschichten durch die in denselben vorkommenden Versteinerungen zu bestimmen gesucht und hiernach folgende Reihenfolge geschichteter Steine festgestellt. Die Schichten sind in Fig. 1 und Tab. 1 mit denselben Buchstaben bezeichnet.

Tabelle 1.
Formationen.

Zeitalter	Formation	Formationsstufe	Die wichtigsten Gesteinsarten	
Neuzeit	a) Quartär	Alluvium	Flußkies, Schlamm.	
		Diluvium	Böthablagerungen, Torf, Braunkohle.	
	b) Tertiär	Pliozän	Mergel, Basalt.	
		Miozän	Basalt, Trachyt.	
Eozän		Braunkohle.		
Mittelalter	c) Kreide	Obere Kreide	Schreibkreide, Kreidekalf.	
		Untere Kreide	Quadersandsteine.	
	d) Jura	Oberer Jura	Kalk.	
		Mittlerer Jura		Sandsteine.
		Unterer Jura		
e) Trias	Keuper	Sandstein.		
	Muschelkalk	Muschelkalk.		
	Buntsandstein	Sandstein.		
Alttertium	f) Dyas	Zechstein	Kalkstein.	
		Rotliegendes	Konglomerate.	
	g) Karbon	Kohlenformation	Kalke.	
		Kohlenkalk	Kohlenflöze, Grauwacke, Sandstein.	
	h) Devon	—	Kalkstein, Grauwacke, Sandstein.	
	i) Silur	—	Desgl. Tonsteine.	
k) Kambrium	—	Desgl.		
Urzeit	l) Ursteine	—	—	

Das Nebeneinander der verschiedenen Formationen und Gesteinsarten wird dargestellt in einer Geologischen Karte.

§ 3. Der innere Gebirgsbau.

(Geognosie.)

1. Schichten und Schichtenstörungen. Das Übereinander der Gesteine wird durch „Geognostische Profile“ (Fig. 2) und durch Bodenprofile (Fig. 3) gezeichnet. Nirgend finden wir die Schichten der Erdkruste in der Reihenfolge, wie sie in § 2 angegeben worden ist, regelmäßig wagerecht übereinander gelagert, etwa wie die Blätter eines Buches. Meist finden wir ein wirres Durcheinander aller möglichen Schichten in

denkbar mannigfachster Weise gelagert, aufgerichtet und wieder aneinander abgerutscht, gefaltet und verbogen, übergekippt und das unterste zu oberst gekehrt (Fig. 4 u. 5). Woher kommt das? Wenn wir die Blätter eines flach vor uns liegenden aufgeschlagenen Buches seitlich pressen, so

Längenschnitt.



Horizontalschnitt.

Fig. 2. Geognostische Profile des Tunnels bei Eisefeld.

werden sie faltig. Ebenso verhält es sich mit den Erdschichten, die seitlichen Druck erhalten, sie werden gefalten und ineinander geschoben wie die Blätter des Buches. Aber ein Unterschied ist doch zwischen den Blättern und den Gesteinsschichten, die einen sind biegsam, die anderen hart und spröde. Wir vermögen zwar auch sprödes Gestein etwas zu biegen, aber nur bis zu einer gewissen Grenze, dann entstehen Sprünge; die Schichten werden verschoben, wie aus Fig. 4 zu ersehen ist. Es zeigt a die ungestörte Lagerung, b geneigte Schichten, c eine Knickung der Schichten, d und e gebogene Schichten, f eine auskeilende Schicht, g Diskordanz der Schichten, h eine Verwerfung mit Raumverengung, i eine Verwerfung mit Raumerweiterung, k einen Horst, l eine Grabenversenkung, m einen Staffelbruch und n eine Überschiebung der Schichten.

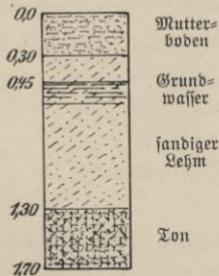


Fig. 3. Bodenprofil.

Fig. 5 zeigt ebenfalls gebogene Schichten, außerdem verschiedene Täler, bei a ein Muldental, bei b ein Flankental, bei c ein Scheiteltal.

Jede Schicht an und für sich betrachtet hat eine Ober- und Unterfläche (Dach- und Sohlfläche), welche zwei parallele Ebenen bilden. Der kleinste Abstand dieser Ebenen voneinander bildet die Dicke oder Mächtigkeit der Schicht. Mächtige Schichten dichter Gesteine werden Bänke genannt, und Schichten von geringer Länge und großer Mächtigkeit nennt

man Stöcke. Manche Schichten werden nach und nach immer dünner, verlieren an ihrer Mächtigkeit und hören endlich gänzlich auf, sie keilen

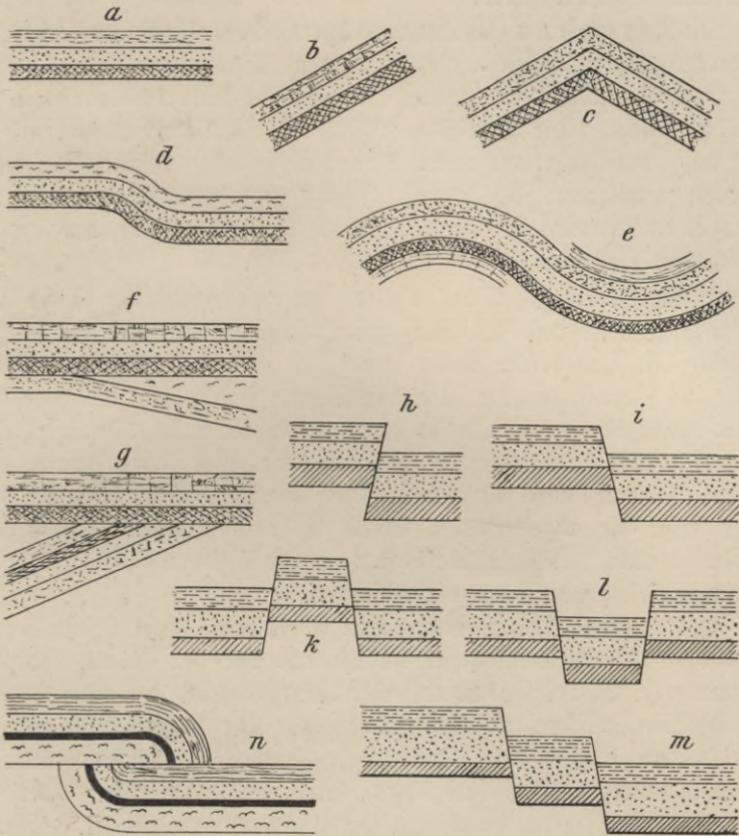


Fig. 4. Gesteinschichten.

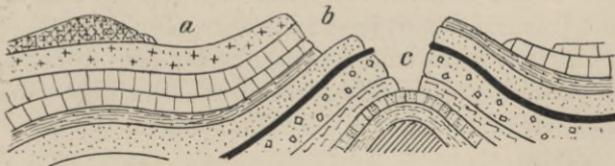


Fig. 5. Gesteinschichten.

aus (Fig. 4f). Wenn geneigte Schichten von der Oberfläche geschnitten werden, so wird dieser Schnitt als das Ausgehende oder der Aus-

strich bezeichnet. Die eine Schicht unmittelbar bedeckende Gesteinsmasse nennt man das Hangende, diejenige Masse, auf der die Schicht ruht, nennt man das Liegende.

Die Neigung einer Schichte wird durch das Fallen und Streichen angegeben. Unter Fallen versteht man den Neigungswinkel der Schichte und unter Streichen den Winkel, welchen die Streichlinie mit der Nordlinie bildet. Die Streichlinie steht rechtwinklig zum stärksten Gefälle und durchzieht wagerecht die Schichtfläche. Eine horizontale Lagerung nennt man s \ddot{o} hlig, eine schräg gegen den Horizont liegende geneigt, eine lotrecht stehende seiger. Luftsattel nennt man den abgewaschenen Teil eines Gebirgsfattels (c in Fig. 5).

2. Absonderung. Wenn irgend eine weiche plastische Masse nach und nach erhärtet und schließlich ganz fest wird, so zieht sie sich zusammen. Ist eine solche Masse sehr groß, so bilden sich in derselben Punkte, nach denen hin die Zusammenziehung stattfindet. Kommen diese Punkte vereinzelt vor, so zerreißt die Masse in mehr kugelförmige Stücke, reihen sich aber solche Punkte zu einer Linie aneinander, so entstehen Säulen, Platten oder Quadern. Man nennt diesen Vorgang Absonderung, die abgetrennten Stücke Absonderungen, die Spalten und Fugen aber, welche letztere begrenzen, Absonderungsklüfte. Wir unterscheiden folgende Arten der Absonderung:

a) Kugelige Absonderung; sie bildet meist konzentrische Schalen von 0,02—150 m Durchmesser und kommt vor bei Basalt, Porphyr, Grauwacke (z. B. bei Ehrenbreitstein), Buntsandstein.

b) Säulenförmige Absonderung. Die Säulen sind von den verschiedensten Längen und Dicken, oft ziemlich regelmäßig sechsseitig, aber auch unregelmäßig, drei-, vier-, fünf- und mehrseitig. Bei sehr großer Unregelmäßigkeit nennt man die Absonderungen Pfeiler. Säulenförmige Absonderungen haben Basalt, Trachyt, Felsitporphyr.

c) Quaderförmige Absonderungen verdanken in den meisten Fällen ihre Gestalt zugleich den Schichtungsklüften. Sie kommen vor beim Quadersandstein, Kalkstein, Rieselschiefer, Tonschiefer.

d) Plattenförmige oder tafelförmige Absonderungen. Das Gestein ist in tafelförmige Stücke geteilt, die Tafeln sind bald eben, bald krummflächig (Kohlenkalk, Basalt, Porphyr, Granit usw.).

e) Unregelmäßige Absonderungen nennt man solche, bei welchen die Klüfte in mehreren, ganz unregelmäßigen Richtungen durchsetzen und dadurch vieleckige Absonderungsstücke darstellen. Sie kommen sowohl bei geschichteten (Grauwacke), als bei ungeschichteten Gebirgsmassen (Porphyr, Diorit) häufig vor.

Zerklüftet nennt man ein Gestein, das durch viele Risse und Spalten in kleine Stücke zertrennt worden ist.

B. Beschreibung der Gesteine (Petrographie).

§ 4. Allgemeine Eigenschaften der Steine.

1. Zusammensetzung und Gefüge. Wir unterscheiden einfache und zusammengesetzte Gesteine; erstere bestehen aus ganz gleichartigen Massentheilen — aus einem Mineral —, letztere setzen sich aus mehreren Mineralien zusammen und bilden ein innig verbundenes Gemenge. Die einzelnen Theilchen sind entweder groß, mittelgroß oder klein, scharfkantig, rundlich oder plattenförmig. Wir unterscheiden dementsprechend:

Kristallinisches Gefüge mit mittelgroßen scharfkantigen Körnern.

Sandstein-Gefüge mit mittelgroßen rundlichen Körnern.

Breccien mit großen scharfkantigen Körnern.

Konglomerat mit großen rundlichen Körnern.

Dichtes Gefüge mit sehr kleinen Körnern.

Schieferiges Gefüge mit plattenförmigen Theilchen, die alle nach einer Richtung gelagert sind.

Porphyry-Gefüge, bei dem in einer dichten oder feinkörnigen Grundmasse größere Kristalle eingebettet sind.

Mandelstein-Gefüge mit eingeschlossenen mandelförmigen Mineralien.

Enthält das Gestein Hohlräume, so nennt man das Gefüge je nach der Größe dieser Hohlräume löcherig, blasig, zellig, porig.

2. Bearbeitungsfähigkeit. Diese ist im wesentlichen abhängig von der Zusammensetzung und dem Gefüge der Steine. Nach der Bearbeitungsfähigkeit des verfügbaren Steinmaterials richtet sich wiederum die Architektur der Bauwerke, ja die ganzer Völker. Aegypten ist das Land des Granits; das schwierig zu bearbeitende Material ist Ursache der massiven Bauweise mit ihren glatt anstrebenden Flächen, die man mit dem Meißel mühsam bearbeiten und durch Abschleifen allenfalls glätten und polieren konnte. Griechenland hat den Marmor; ohne ihn hätte die griechische Bildhauerkunst nicht die hohe Blüte erreicht, vor deren Werken wir selbst in ihrem verstümmelten Zustande noch bewundernd stehen. — London dagegen steht auf Lehm und ist eine Stadt aus Backsteinen. —

3. Härte. Man versteht darunter den Widerstand gegen Abschleifen oder Rigen. Von zwei Mineralien ist dasjenige das härtere, welches das andere ritzt, ohne von demselben geritzt zu werden. Nach diesem Grundsatz hat Professor Mohs im Jahre 1820 zehn Mineralien als

Glieder einer Härteskala aufgestellt, von denen das weichste mit 1 und das härteste mit 10 bezeichnet wird. Die Skala lautet:

Härte 1: Talk,	Härte 6: Feldspat,
" 2: Steinsalz,	" 7: Quarz,
" 3: Kalkspat,	" 8: Topas,
" 4: Flußspat,	" 9: Korund,
" 5: Apatit,	" 10: Diamant.

4. Festigkeit. Hier kommt hauptsächlich die Druckfestigkeit oder der Widerstand gegen das Zerdrücken in Frage. Die Festigkeit der wichtigsten Bausteine ist in § 38 angegeben.

5. Zähigkeit, oder der Widerstand gegen den Stoß, soll namentlich bei Straßenbausteinen nicht zu gering sein.

6. Wasseraufnahmevermögen und Wetterbeständigkeit. Die Wasseraufnahme wird gewöhnlich in Prozenten des Gewichts angegeben, nachdem die Probestücke zunächst getrocknet, gewogen, dann einige Tage in Wasser gelegt und nochmals gewogen worden sind. Das Wasseraufnahmevermögen hat einen wesentlichen Einfluß auf die Wetterbeständigkeit (§ 10).

7. Spezifisches Gewicht ist die Zahl, die angibt, wie viel Kilogramm 1 cdm des Steines wiegt. Das spezifische Gewicht der wichtigsten Baustoffe ist in Tab. 25 angegeben.

§ 5. Zusammenstellung der Gesteinsarten.

Gesteinsart	Gruppe
1. Massengesteine.	
Granit, Alpengranit Syenitgranit	} Granit
Syenit Hornblendefels	} Syenit
Quarzporphyr Granitporphyr Syenitporphyr Porphyr	} Porphyr
Diorit (Hornblendegrünstein) Diabas (Augitgrünstein) Gabbro Melaphyr Melaphyr-Porphyr	} Grünstein

Gesteinsart	Gruppe
Trachyt	} Trachyt
Andesit	
Phonolith (Klingstein)	
Basalt	} Basalt
Dolerit	
Basaltlava	Lava
2. Kristallinische Schiefergesteine.	
Gneis	Gneis
Glimmerschiefer	Glimmerschiefer
Hornblendeschiefer	Hornblendeschiefer
Urtonschiefer	Urtonschiefer
3. Schichtgesteine.	
Gemeiner Tonschiefer	} Tongesteine
Grauwackenschiefer	
Dachschiefer	
Lehm	
Quarzfels	} Kieselgesteine
Kieselschiefer	
Hornstein	
Feuerstein	
Grauwackenkalkstein	} Kalkgesteine
Kohlenskalkstein	
Zechstein	
Muschelkalk	
Giaskalk	
Zurakalk	
Kreidekalk	
Kalktuffe	
Kalkspat	
Marmor	
Gips	
Grauwackensandstein	} Sandsteine
Kohlensandstein	
Zurandsandstein	
Grünsteintuff	} Tuffe
Basalttuff	
Traß	
Grauwacke	Grauwacke

§ 6. Massengesteine.¹⁾

1. Granit. Granit besteht aus den kristallinisch miteinander verwachsenen Mineralien: Feldspat, Quarz und Glimmer. Seine Güte hängt ab sowohl von der Korngröße, als auch von der Zusammensetzung des Steines. Am besten haben sich diejenigen Arten bewährt, welche mit hohem Quarz- und niedrigem Glimmergehalt eine mittelfeine Körnung verbinden. Aus gesunden Lagen entnommen, ist das Gestein sehr wetterbeständig; es läßt sich gut, aber nicht leicht polieren, ist schwer bearbeitbar und gestattet, weil es leicht auspringt, keine feinen Profilierungen.

Der Granit ist ein massiges Gestein, das vorwiegend in stockförmigen Massen und Gängen vorkommt, keine Spur einer eigentlichen Schichtung, jedoch sehr oft eine bankförmige Absonderung zeigt. Da hierdurch das Gestein von Natur aus in mehr oder weniger dicke Platten geteilt ist, so bietet in der Regel der Granitbau keine zu großen Schwierigkeiten.

Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 2,5 und 3,05. Granitarten sind: Granitit, Alpengranit, Syenitgranit.

2. Syenit, angeblich nach dem Orte Syene in Ägypten benannt, ein kristallinisches Gemenge von Feldspat und Hornblende ohne Quarzbeimischung. Er wird wie Granit benutzt und eignet sich vorzüglich für architektonische Arbeiten. Spez. Gewicht 2,5—3,06.

3. Porphyre. Es sind kristallinisch gemengte Steine, bei denen aus einer dichten Grundmasse einzelne Einsprengungen — Kristall- oder Mineralkörner — deutlich hervortreten. Benutzung wie bei Granit und Syenit. Das spezifische Gewicht schwankt zwischen 2,4 und 2,8. Als baulich wichtige Arten sind zu unterscheiden: Quarzporphyr, Granitporphyr und Syenitporphyr.

4. Grünsteine. Dichte oder körnige Mineralgemenge von Feldspat und Hornblende oder Augit. Die Mengung ist meist sehr innig, die einzelnen Bestandteile sind sehr schwer zu unterscheiden. Zu der Grünsteingruppe gehören: der Diorit oder Hornblendegrünstein, der Diabas oder Augitgrünstein, der Gabbro und der Melaphyr. Die zwei ersten sind besonders zu Schotter- und Pflastersteinen geeignet, sind aber auch im Wasser- und Brückenbau geschätzt; die zwei letzten sind gute Dekorationssteine. Spez. Gewicht 2,7—3,0.

5. Trachyt ist ein quarzfreies Gestein, zusammengesetzt aus Feldspat und Hornblende, Glimmer oder Augit. Je nach dem Vorherrschenden der letztgenannten 3 Mineralien unterscheidet man: Hornblendetrachyt, Glimmertrachyt und Augittrachyt. Aus der porösen, rauhen und

¹⁾ Deutsches Bauhandbuch und Förster, Baumaterialienkunde.

meist lichtgrauen Grundmasse treten die genannten Mineralien in kleinen Kristallen heraus. Das mit Mörtel sich gut verbindende Gestein wird zu Mauern, aber auch zu Schotter- und Pflastersteinen verwendet. Spez. Gewicht 2,2—2,7.

6. Basalt ist ein dichtes oder feinkörniges Gemenge von Feldspat und Augit, unter häufiger Beimischung von Magnetisen und glasglänzendem, olivengrünen Olivin. Zeigt er ein deutlich kristallinisches Gefüge, so wird er auch Dolerit genannt. Verwendung findet er hauptsächlich als roher Bruchstein, als Schotter- und Pflasterstein. Spez. Gewicht 2,8—3,3.

7. Lava nennt man die aus den Vulkanen ausfließende Gesteinsmasse, welche an der Luft erkaltet und erhärtet. Sie kommt in schwarzer oder grauer Farbe vor und heißt im ersten Falle wegen der Ähnlichkeit mit Basalt, Basaltlava, im zweiten Falle Trachytlava. Die Masse erscheint mehr oder weniger porös infolge der Dampfbildung während des Erkaltes. Die Lava wird verwendet zu Quadern, Bordsteinen und Schottermaterial. Spez. Gewicht 2,4.

§ 7. Kristallinische Schiefer.

1. Gneis hat die Bestandteile des Granits, ist aber geschichtet, besonders der (nicht schwarze) Glimmer zeigt gleiche Richtung. Das Gestein wird dadurch lagerhaft wie Schichtgestein. Vollständige Übergänge in Granit findet man häufig.

2. Glimmerschiefer ist ein kristallinisches Gemenge von Quarz und Glimmer, letzterer herrscht vor und gibt dem Gestein sehr deutliche Schieferungen. Wird Quarz überwiegend, so findet ein Übergang in „Quarzschiefer“, ist dagegen Feldspat beigemischt, so findet ein solcher in „Gneis“ statt.

3. Hornblendeschiefer schließt sich an Syenit an, wie Gneis an Granit, besteht hauptsächlich aus Hornblende, die in schiefriger Struktur auftritt.

Die vorgenannten Schiefer finden wenig bautechnische Verwendung; einige dickschiefrige und quarzreiche Vorkommen liefern gute Bausteine; zum Straßenbau werden Gneis und Quarzschiefer verwandt; sehr fein- und ebenschiefrige Lagen dienen zur Dachdeckung.

§ 8. Schichtgesteine.

1. Tongesteine. Man unterscheidet schiefrige und dichte oder erdige Tongesteine (Lehm). Schiefriige Tongesteine oder Tonschiefer sind ein schiefriges, teils hartes, teils weiches Gemenge von Ton mit

ungemein feinen Glimmerschüppchen und Quarzstäubchen. Der gemeine Ton-schiefer ist meist grau, grünlich, rötlich, fettig glänzend, mit Quarzwulsten. Die Schieferung ist gewöhnlich uneben. Er ist als Bruchstein brauchbar, gestattet jedoch keine Bearbeitung zu Quadern. Der Grauwackenschiefer bildet den Übergang des gemeinen Tonschiefers zum Grauwackensandstein. Der Dach-schiefer findet Verwendung zur Dachdeckung, zu Tafeln, zu Fußbodensfliesen usw.

2. Kiesel- (Quarz-) Gesteine. Die wichtigsten Arten sind: Der Quarzfels (Quarzit), der Quarz als Fels vorkommend, weiß oder gelblich, massig und oft porös. Der Quarzschiefer, ein schiefriger Quarz als Gestein, der etwas Glimmer enthält. Der Kiefelschiefer, ein dunkel gefärbtes Kieselgestein, welches von vielen weißen Quarzadern durchzogen ist und im Grauwackengebirge und darunter im Tonschiefer vorkommt. Hornstein und Feuerstein, dichte, harte und spröde Gesteine, die neben Kiesel etwas Tonerde enthalten.

Alle Quarzgesteine haben geringen bautechnischen Wert; sie sind zwar sehr wetterbeständig, aber schwer zu bearbeiten und werden aus diesem Grunde selten als Mauersteine, meist als Straßenbausteine verwendet.

3. Kalkgesteine. Man unterscheidet kohlen-sauren Kalk, gemeinhin „Kalkstein“ genannt, und schwefel-sauren Kalk oder Gips. Gemenge von kohlen-saurem Kalk und kohlen-saurer Magnesia nennt man Dolomit. Sämtliche Kalksteine können zur Herstellung von Mörtel verwendet werden.

Der Kalkstein besteht vorwiegend aus kristallisiertem kohlen-sauren Kalk; man kann ihn daran erkennen, daß er beim Zusatz konzentrierter Säuren aufbraust (es entweicht die Kohlen-säure). Der körnige Kalk oder Marmor ist von jeher als der edelste Baustein hochgeschätzt worden; er nimmt sehr schöne Politur an und bricht in sehr großen Blöcken, wobei ihn eine bedeutende Elastizität zur Herstellung langer Balken geeignet macht. Der dichte Kalkstein, auch gemeiner Kalkstein genannt, ist stellenweise von so außerordentlicher Härte, daß er einen guten Pflasterstein abgibt; an anderen Orten ist er so weich, daß man ihn leicht mit dem Messer schneiden kann; trotzdem aber ist er wetterbeständig. In vielen Fällen wird der Kalkstein als guter Baustein geschätzt. Dolomit wird als Baustein verwendet, zu Steinmeharbeiten und als Mauerstein zu Wasser- und Brückenbauten.

4. Sandsteine. In einem meist feinerdigen Bindemittel, welches aus Ton, Mergel, Kalk oder Eisenoxyd besteht, liegen kleine abgerundete oder scharfeckige Quarzkörner eingebettet und geben ein mehr oder weniger festes Gestein, das meist geschichtet oder in quaderförmigen Absonderungen

erscheint. Die Farbe ist abwechselnd weiß, grau, gelblich, rot, selten braun. Man unterscheidet nach dem Bindemittel tonige, mergelige, kalkige, eisenschüssige und quarzige Sandsteine und nach dem Vorkommen Grauwacken-, Kohlen-, Kreide-, Keuper-Sandsteine usw.

Die technische Verwertung ist sehr ausgedehnt, weil sich dieses Gestein zu Bausteinen, Monumenten, Gesimsen, Treppenstufen, Platten, Mühl- und Schleifsteinen leicht verarbeiten läßt.

5. Tuffe sind zu Stein erhärtete lose Auswurfprodukte der Vulkane, sie sind aber geschichtet.

Benutzung: „Leuzittuff“ (enthält viele Leuzitkristalle) gibt gute Quadern, ist teilweise sehr fein, auch ziemlich feuerfest. „Trachyttuff“ (Backofenstein), bei dem zerriebene Trachytmasse den Hauptbestandteil bildet, ist leicht zu bearbeiten und ziemlich feuerfest. Der „Traß“ im Brohltale, ein etwas rauhes, durch fein zerriebenen Bimsstein zusammenge kittetes, ziemlich dichtes Gestein, ist leicht zu Quadern zu bearbeiten und gibt, zerrieben und mit fettem Kalk vermischt, einen vorzüglichen Wassermörtel.

6. Grauwacke. Ein Trümmergestein, in welchem die scharfkantigen oder abgerundeten Quarz-, Kiesel-schiefer- oder Ton-schieferstückchen durch ein von Kieselsäure durchdrungenes toniges Bindemittel oder auch durch Kiesel allein verbunden sind. Die vorherrschende Farbe ist ein helleres oder dunkleres Grau. Die Grauwacke ist meist geschichtet und nimmt sogar ein schiefriges Gefüge an. Nach der Größe und Lagerung der in der Grundmasse liegenden Gesteinstrümmer erhält man dichte Grauwacke, Grauwackenschiefer, Grauwackensandstein und Grauwackenkonglomerat.

Das sehr zähe, feste, schwer zu bearbeitende Gestein wird als Bruch- und Mauerstein, die härteren Abarten werden zu Pflastersteinen und Chauffierungssteinen benutzt.

C. Wahl und Prüfung der Steine.

§ 9. Wahl der Steine.

1. Werksteine und Bruchsteine. Unter Werksteinen (Haussteinen, Quadern) verstehen wir größere, regelmäßig bearbeitete Steine. Das Steinmaterial muß fest und wetterbeständig, aber nicht zu schwierig zu bearbeiten sein; es muß ferner gleichmäßiges Korn zeigen und darf keine Risse oder faule Stellen haben.

Kleinere natürliche Steine heißen Bruchsteine. Unter diesem Sammelnamen verstehen wir nicht nur die ganz unbearbeiteten Steine, welche roh, wie sie aus dem Steinbruch kommen, vermauert werden, sondern auch

die mehr oder weniger sorgfältig parallelepipedisch bearbeiteten, welche zum Unterschied von den rohen Bruchsteinen Schichtsteine oder, wenn sie in der äußeren Mauerfläche sichtbar werden, Mantel- oder Verblendsteine genannt werden. Gute Bruchsteine sollen ebenfalls fest und wetterbeständig, dabei aber lagerhaft und mit einer möglichst ebenen Stirnfläche versehen sein.

2. Bausteine für Wasser- und Brückenbauten. Zur Ausführung dieser Bauten eignen sich nur Bausteine, welche hinreichende Festigkeit mit Wetter- und Frostbeständigkeit verbinden und deren Bearbeitungs- und Transportkosten tunlichst gering sind. — Die Massengesteine wie Granit, Porphyr, Grünstein, Trachyt und Basalt sind zwar meist sehr fest und dauerhaft, lassen sich aber schwer bearbeiten, während die Schichtgesteine, darunter viele Ton-, Kalk- und Grauwackengesteine, besonders aber die besseren Sandsteine die erforderliche Festigkeit und Dauer mit einer größeren Lagerhaftigkeit und Bearbeitungsfähigkeit verbinden. Wo mehr oder minder dauerhafte Steine gleichmäßig zur Verfügung stehen, werden die ersteren im Äußeren, die letzteren im Inneren des Mauerwerks, woselbst sie den Witterungseinflüssen weniger ausgesetzt sind, verwendet.

3. Pflastersteine. Zur Herstellung von Steinpflaster eignet sich dasjenige Material am besten, welches bei der nötigen Festigkeit und Dauerhaftigkeit sich am leichtesten zu regelmäßigen Körpern bearbeiten läßt, also gute Spaltflächen hat. Gestein, welches durch Glätte den Zugtieren gefährlich werden kann, darf zur Pflasterung stark geneigter Bahnen nicht benutzt werden. Granit, Grünstein, Grauwacke, Basalt, Porphyr, fester Sandstein und ähnliche Gesteine geben gute Pflastersteine.

4. Chauffierungssteine. Man verlangt von diesen Steinen genügende Festigkeit gegen das Zerdrücken, Zähigkeit gegen Stosswirkungen, Härte, um zu große Abnutzung durch Reibung der Räder zu vermeiden, Wetterbeständigkeit, den Witterungseinflüssen zu widerstehen; ferner sollen dieselben würfelförmigen, körnigen Kleinschlag liefern und keinen klebrigen, zähen Schlamm bilden, vor allen Dingen soll das Material gleichartig sein, da die den Angriffen des Verkehrs ausgesetzten Steine bei ungleichartiger Beschaffenheit auch ungleich abgenutzt werden und dadurch zur Bildung von Unebenheiten Veranlassung geben. Gute Chauffierungssteine sind: Basalt, Granit, Porphyre, von den Grünsteinen namentlich Diorit, Diabas und Melaphyr, von den Quarzgesteinen Quarzit, Kieselschiefer und Hornstein, ferner Grauwacke; weniger fest, aber unter Umständen verwendbar sind: Basaltlava, fester Sandstein, namentlich Kohlsandstein, Dolomit und Kalkstein, sowie Flußgeschiebe.

§ 10. Prüfung der Steine.

Die Zeit ist die beste Lehrmeisterin; sie gibt uns auch den zuverlässigsten Aufschluß über die Brauchbarkeit der Baumaterialien. Steine alter Bauten, die Jahrhunderte den Witterungseinflüssen getrotzt haben, bedürfen keiner weiteren Prüfung, es genügt, wenn ihre Fundstätte bekannt ist. Das Material neuer Steinbrüche dagegen muß auf seine Wetterbeständigkeit, Festigkeit, Härte usw. untersucht werden.

Zur Vornahme genauer Untersuchungen gehören: Zeit, Sachkenntnis, Übung, vollkommene Versuchsvorrichtungen, Versuchsmaterialien usw. Da solche Mittel in der Regel dem einzelnen nicht zur Verfügung stehen, so sind in neuerer Zeit staatliche Versuchsanstalten errichtet worden, durch welche bereits eine große Zahl von völlig zuverlässigen Versuchsergebnissen gewonnen wurde. — Die Ergebnisse der einzelnen Anstalten können nur dann miteinander verglichen werden, wenn die Untersuchungen nach einheitlichen Methoden durchgeführt werden.

In den meisten Fällen werden bei der Wahl der Steine keine oder nur einfache Hilfsmittel zu Gebote stehen, dann muß man die Brauchbarkeit des Materials, besonders seine Wetterbeständigkeit, Festigkeit und Härte auf andere Art zu bestimmen suchen. Über die Bestimmung der Härte ist in § 4 Näheres angegeben. Nachstehendes soll Anhalt gewähren für die

Wetterbeständigkeit (Frostbeständigkeit). Die Zerstörung der Gesteine durch Verwitterung wird besonders durch den Wechsel von Wärme und Kälte herbeigeführt. Und zwar kommt sowohl die durch die Sonnenstrahlen bei niedriger Luftwärme hervorgerufene Ausdehnung der Steine an der Oberfläche als auch die zerstörende Wirkung des in den Poren enthaltenen Wassers beim Gefrieren in Betracht. Frostwirkungen werden in doppelter Weise erkennbar: durch Abbröckeln kleinerer oder größerer Stücke — zuletzt bis zur völligen Zerstörung — und durch Veränderung des inneren Gefüges des ganzen Steines, dessen Druckfestigkeit dadurch herabgemindert wird. Fast alle kalkhaltigen Gesteine leisten verhältnismäßig geringen Widerstand gegen die Verwitterung. Ebenso äußern Beimengungen von Feldspat, Glimmer und Hornblende je nach der Größe und der Art ihrer Verbindung mit den übrigen Bestandteilen meist einen ungünstigen Einfluß. Grobkörniges und schiefrißes Gefüge bedingt in der Regel geringere Widerstandsfähigkeit gegen die Verwitterung, als feinkörniges, dichtes Gefüge ohne ausgesprochene Schichtung. Ein toniges Bindemittel zwischen den Gemengteilen des Gesteins ergibt geringere Wetterbeständigkeit desselben, als ein quarziges Bindemittel.

Das verwitternde Gestein ist durch mikroskopische Risse, welche seine Frostbeständigkeit beeinträchtigen, durch dumpfen Klang unter dem Hammer, widersinniges Spalten und eine erhöhte Fähigkeit, Wasser aufzusaugen, zu erkennen. Zeigt Glimmer gelbe Färbung, so deutet dies (in der Regel) auf beginnende oder bereits eingetretene Verwitterung hin. — Bei Anwendung geschichteter Steine hat man auf besonders gefärbte Schnüre und Flecken zu achten, weil solche häufig weichere Bestandteile als das Gestein selbst zeigen und gewöhnlich bald auswittern. — Auch die Betrachtung der Feldstücke in der Nähe der Brüche, z. B. auf den Halden, wo die Gesteine oft schon jahrelang den Witterungseinflüssen ausgesetzt waren, bieten manchmal Anhalt zur Beurteilung der Wetterbeständigkeit des Gesteins.

D. Gewinnung und Bearbeitung der Steine.

§ 11. Gewinnung der Steine.

Die meisten Steine werden in den Steinbrüchen gewonnen. Die Wahl der Baustelle ist abhängig von der Art, Güte und Menge des Gesteins, von seinen Gewinnungs- und Transportkosten. Die Transportkosten richten sich nach der Entfernung des Bruches von der Verwendungsstelle, nach den Verladevorrichtungen und der Beschaffenheit der Verkehrswege. Für die Gewinnungskosten sind maßgebend der Umfang des Vorkommens und die erforderlichen Grunderwerbskosten, die Kosten für einmalige oder fortgesetzte Beseitigung des Abraumes und der äußeren unbrauchbaren „Schwarte“, die Härte, das Gefüge und die Lagerungsverhältnisse des Gesteins, seine spätere Verwendung, die Förderung bis zur Verladestelle und schließlich die Art des Abbaues.

Die Gewinnung der Steine in den Brüchen erfolgt entweder durch „Tagebau“ oder durch „unterirdischen Abbau“. Beim Tagebau ist die Gewinnungsart abhängig von der Gestaltung der Erdoberfläche, nämlich davon, ob man das Gestein im ebenen Gelände, am Abhang eines Berges oder in einer sanft ansteigenden Erhebung holen muß. Soll der Stein aus dem Untergrunde eines ebenen Geländes geholt werden, so gräbt man einen Trichter, dessen Tiefe und oberer Durchmesser allmählich vergrößert werden. Einfacher gestaltet sich die Gewinnung an einem Bergeshang. Man beseitigt zunächst den oberen „Abraum“, d. h. das lose aufgelagerte Erdreich und das äußere angewitterte, unbrauchbare Gestein und bricht dann die brauchbaren Steine an einer Stelle oder auch in mehreren 5—10 m übereinander befindlichen Absätzen (Terrassen) los. Bei dem mattansteigenden Gelände sucht man durch schmale Erd- oder Felsenschnitte schnell an eine größere Höhe der brauchbaren Wand

— Brusthöhe — zu gelangen und erweitert den Bruch alsdann keiselartig, den erwähnten Einschnitt sowohl für die natürliche Ableitung des Wassers als auch für das Heraus schaffen der Steine verwendend.

Sind Tagebaue wegen der zu großen Abraumkosten unmöglich, so muß zum unterirdischen Abbau geschritten werden. Bis zur tiefsten Stelle der abzubauenen Schicht teuft man einen Schacht ab oder treibt einen Stollen und haut von hier nach rechts und links Querschläge zu den Arbeitsstellen. Derartige unterirdische Abbaue sind namentlich bei Schieferbrüchen häufig. Auch die Basaltlava, deren Dichte nach der Tiefe zunimmt, wird bei Niedermendig unterirdisch gewonnen. Bei Trier sind unterirdische Steinbrüche in neuerer Zeit mehrfach eröffnet worden; sie lieferten große Werkstücke zum Kölner Dom, und es werden hier die feinsten, zu Steinmetz- und Bildhauerarbeiten tauglichsten Felsmassen gefördert. Einer der berühmtesten unterirdischen Steinbrüche ist der im Pietersberg bei Maastricht.

In alter Zeit trieb man viele Brüche auf diese Art, teils um die Abraumkosten zu ersparen, teils auch, weil man aus Mangel an Transportmitteln gezwungen war, nahe liegende, einmal eröffnete Brüche so viel als möglich auszunutzen. Die Katakomben, welche den ersten Christen in Italien als Schutzstätten ihrer Versammlungen dienten, in denen heimlicher Weise die Gottesdienste gefeiert, die Märtyrer begraben wurden, und aus denen, nachdem das Christentum als Religion anerkannt worden war, sich prachtwolle Kirchen gestalteten, waren ursprünglich ebenfalls unterirdische Steinbrüche. Die großartigsten finden sich bei Rom; in einer Länge von ungefähr 2 Stunden Weges ziehen sich die künstlichen Höhlen unter der Erde fort, mit Gallerien, die eine Höhe von 4—6 m und eine ebenso große Breite haben. Die Labyrinth von Syrakus und Kreta sind andere bekannte Beispiele unterirdischer Steinbrucharbeiten; Ägypten hat in seinen ausgedehnten Grabeshöhlen, Griechenland in den Marmorbrüchen von Paros ähnliche unterirdische Steinbrüche, wie auch deren noch im Mittelalter in vielen Gegenden Deutschlands, namentlich zur Gewinnung der für die Mörtelbereitung tauglichen Kalksteine, in Betrieb gesetzt wurden.

Stets werden die Steine aus dem „Liegenden“ des Bruches gewonnen, selten durch Absägen, oft durch Eintreiben von Keilen in vorhandene oder künstlich hergestellte Schlige (Schräme) oder in eine Reihe von Bohrlöchern, oft auch durch Sprengen mittels Dynamit, Pulver oder Kalkpatronen. Im gesprengten Gestein unterscheidet man drei Zonen der Sprengwirkung; zunächst der Ladung die Zermalmungszone, hierauf die Zone der Verschiebung und zuletzt die der bloßen Trennung. Die

brisanter Mittel (Dynamit) haben bei geringer Trennungszone eine große Zermalmungs- und Verschiebungszone, während die weniger brisanten (Pulver) mit gleicher Ladung bei geringer Zermalmungs- und Verschiebungszone größere Trennungen erzielen. Die ersteren wirken mehr zerkleinernd, letztere mehr spaltend. Daraus ergibt sich, daß zur Gewinnung großer Blöcke und Stücke die weniger brisanten Sprengstoffe zu wählen sind. Bei Marmor und anderen wertvollen Quadern dürfen Verschiebung und Zermalmung nur in sehr geringem Maße auftreten, sie sollen daher weder mit Dynamit noch mit Pulver gesprengt werden.

Vorteilhaft ist bei diesen Steinen die Sprengung mit Kalkpatronen. Gebrannter, fein gepulverter Kalk wird unter hohem Druck in Patronen gepreßt, diese werden in die Bohrlöcher gebracht und in gewöhnlicher Weise besetzt. Nun wird Wasser zugeführt, der Kalk löscht, dehnt sich hierbei aus und drückt den Felsen langsam auseinander.

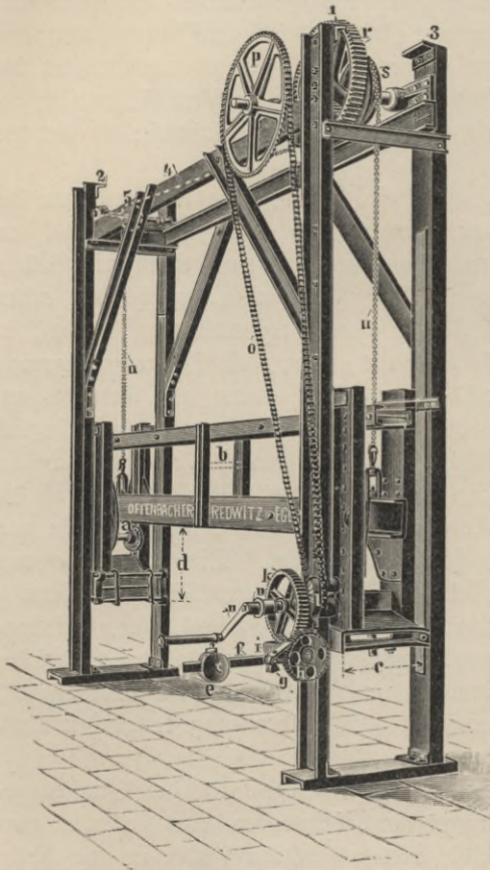


Fig. 6. Stein säge.

§ 12. Bearbeitung der Steine.

1. Das Zertrennen der Steine erfolgt im einfachsten Falle durch Zerschlagen oder Spalten. Zeigt der Stein keine Spaltbarkeit, so wird derselbe oft in der Linie, in der er brechen soll, eingekerbt und dann abgeschlagen. Für die Herstellung von Steinplatten oder gar dünner Belag-

platten ist jedoch dieses Verfahren nicht anwendbar. Platten werden von nicht spaltbaren Steinen meist durch Absägen gewonnen. Man hat

Gattersägen (Fig. 6), Kreissägen, Bandsägen und Seilsägen. Da sich die Zähne rasch abnutzen, so wendet man meist Sägen ohne Zähne an, die man mit einem Gemenge von Sand oder Schmirgel und Wasser unter einem entsprechenden Drucke zur Anwendung bringt. Der Druck der Säge ist hierbei so zu wählen, daß der Sand oder Schmirgel zwar kräftig in den Schnitt gedrückt, dabei aber nicht, oder sehr langsam zerdrückt wird, da die Wirkung wesentlich auf dem Angreifen des Kornes des Sandes oder Schmirgels beruht. Gezahnte Sägen haben entweder Zähne aus Eisen oder aus schwarzen Diamanten. Steine, welche einer weiteren Bearbeitung unterworfen werden sollen, müssen im Bruche solche Abmessungen erhalten, welche die des fertig gestellten, abgerichteten Steines um den sog. Werk- oder Arbeitszoll überragen.

2. Das Abrichten der Steine geschieht durch Hand- und Maschinenarbeit. Bei der Handarbeit werden folgende Werkzeuge verwendet:

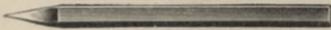


Fig. 7. Spitz Eisen.



Fig. 8. Zweispitze.



Fig. 9. Zahneisen.



Fig. 10. Scharriereisen.

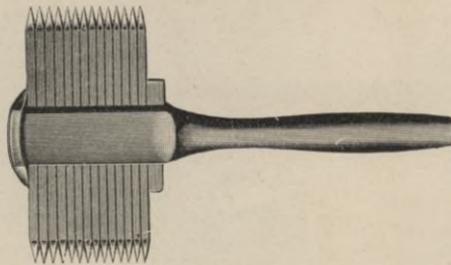


Fig. 11. Krönel.



Fig. 12. Hammerfläche.

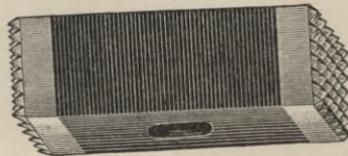


Fig. 13. Stockhammer.

Je nach der Anwendung dieser Werkzeuge nennt man die bearbeitete Fläche gespitzt, gekrönel, gestockt, scharriert. Rauhe Bruchflächen nennt man Bossen und einen so bearbeiteter Stein bossiert.

Der nächstliegende Gedanke, bei Steinabrichtemaschinen den Arbeitsvorgang der Handarbeit anzunehmen, zeigte sich bei den älteren

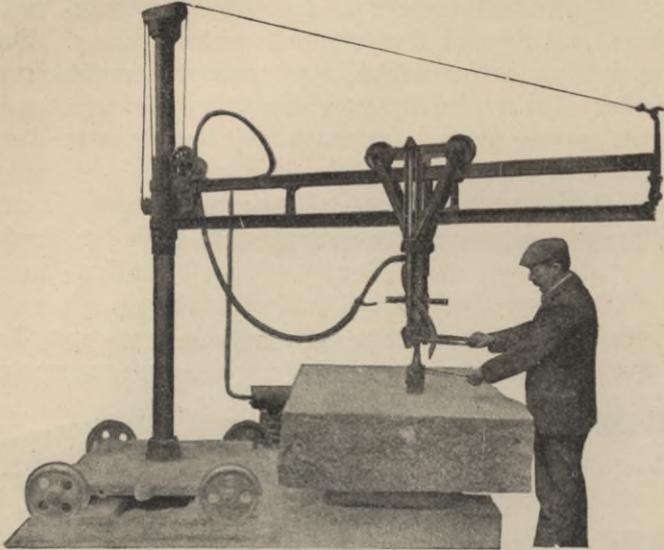


Fig. 14. Preßlufthammer.

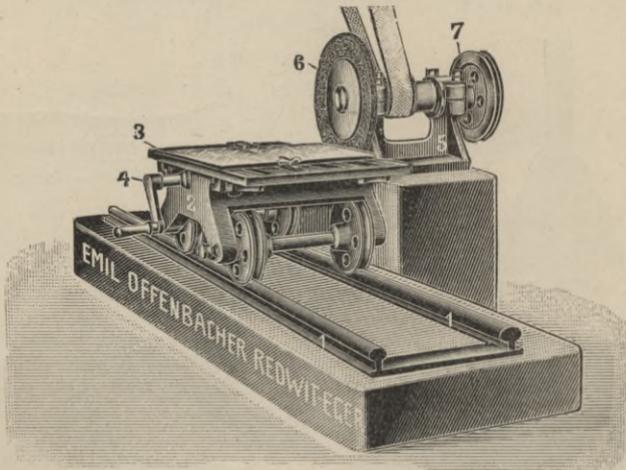


Fig. 15. Kantenschurbod.

Hau- und Meißelmaschinen. Heute werden die Haumaschinen fast ohne Ausnahme durch Preßluft getrieben. Die in Fig. 14 dargestellte Maschine ist von der Internationalen Preßluft- und Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin ausgeführt; sie dient zur Herstellung ebener Flächen.

Die weitere Formgebung erfolgt durch Schleifen, Polieren, Fräsen und Profilieren. Zu diesem Zweck werden Spezialmaschinen verwendet, und zwar Maschinen, bei denen unter Zugabe von losem Schleifmaterial (Sand, Schmirgel usw.) die Bearbeitung der Steine erfolgt, oder Maschinen, welche künstliche Schleifscheiben tragen. Ganz besonders wird das bekannte Karborundum (Siliziumkarbid), nach Diamant das härteste Material, zur Veredlung der Steine verwendet. Fig. 15 zeigt eine solche Fräsmaschine normaler Bauart.

Außer diesen Maschinen werden noch zur Steinbearbeitung verwendet: Drehbänke mit besonderen Einrichtungen zum Säulen- und Balusterdrehen, Hobelmaschinen, Bohrmaschinen, Spaltmaschinen und vor allen Dingen die oben erwähnten Fräs- und Schleifmaschinen mit künstlichen Scheiben. Führend auf diesem Gebiet ist die Spezialmaschinen- und Schleifscheibenfabrik von Emil Offenbacher in Martretsdwiz (Bayern). Die Formgebung durch Schleifen ist wohl zuerst von Karl Hergenhahn in Ludwigshafen (jetzt Berlin) ausgeführt worden.¹⁾

II. Künstliche Bausteine.

§ 13. Ungebrannte Steine.

Es sind die aus verschiedenen Mischungen hergestellten Steine, die manchmal natürliche Steine (Sandstein, Marmor, Granit usw.) nachahmen und ersetzen sollen. Die für den Kulturtechniker wichtigsten ungebrannten Steine sind der „Kunststein“, der Kalksandstein und der Schwemmstein.

1. Kunststein. Kunststein ist im wesentlichen ein feiner Beton, meist aus Zement, Sand und Kies bestehend. Der Zement, das Bindemittel der übrigen Stoffe, muß von besonderer Güte sein; er soll namentlich eine große Zug- und Druckfestigkeit erlangen, soll farbenbeständig sein und nicht „ausgeschlagen“. Für gewöhnliche Mauersteine genügt auch der gewöhnliche Sand, wie er in der Natur vorkommt. Meist ist es Quarzsand von weißlicher, gelblicher bis grauschwarzer Farbe. Für bessere Kunststeine aber, die ohne Farbenzusatz in jeder Steinart hergestellt und von dem Steinmez in gleicher Weise wie Naturstein bearbeitet werden, bedarf es eines besonderen Sandes, der meist durch Mahlen der betreffenden Steinart gewonnen wird. Oft benutzt man gemahlene Kalkstein. Kies und Schotter kommen beim Kunststein nur als Zusatz für den Kern in Betracht. Die Stoffe müssen richtig abgemessen und dann unter Wasserzusatz gründlich gemischt werden.

¹⁾ Schwarze, Th., Die Steinbearbeitung.

Die Zementmauersteine werden fast durchweg in eisernen Formen hergestellt. Fig. 16 zeigt eine Mauersteinmischmaschine „Pionier“ für Handbetrieb. Der Mörtel für 6 Voll- oder Hohlsteine in der Größe

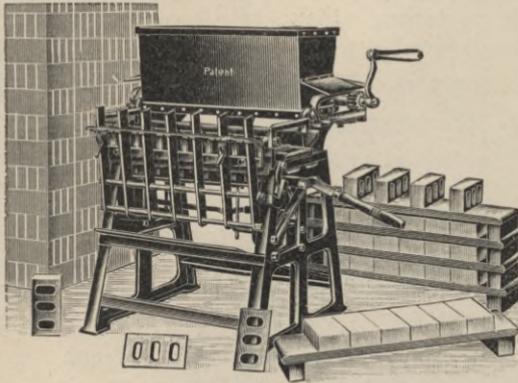


Fig. 16. Mauersteinmaschine „Pionier“.

25 × 12 × 6,5 cm wird selbsttätig abgemessen, in die Form gebracht und verdichtet; dann werden die Steine freigegeben.

Der Betonbaublock wird in der Neuzeit oft angewandt. Fig. 17 zeigt eine einfache Maschine zur Herstellung solcher Blöcke; sie besteht im wesentlichen aus einer leicht zu öffnenden und

zu schließenden Hohlform und aus zwei Kernblöcken. Die Maschine eignet sich zur Herstellung von bossierten, glatten, gerieften, profilierten Hohl- und Vollblöcken. Die Größe der Blöcke beträgt meist 51 × 25 × 30 cm.

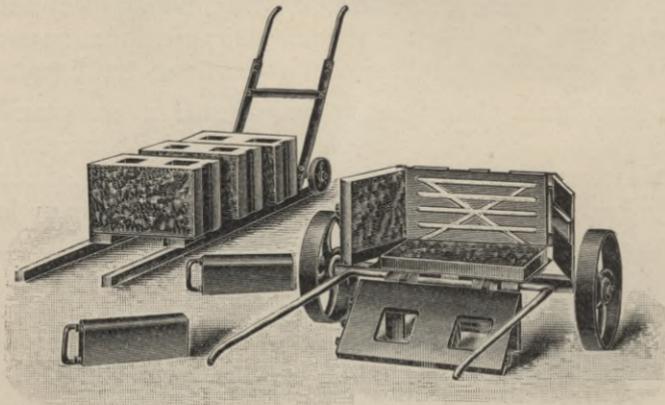


Fig. 17. Hohlblockmaschine „König“.

Zu Quadern und Bauteilen, welche in verschiedener Form benutzt werden, verwendet man außer den eisernen Formen auch solche aus Holz, Gips oder Leim. Holzformen für einfache, glatte Profile, Gipsformen für ornamentale oder gebogene Bauteile und Leimformen für unterschnittene

ornamentale Teile und für ganze Figuren. Manchmal werden auch alle vier Baustoffe gleichzeitig angewandt.

Die Form wird gefüllt mit nasser, halbtrockener oder trockener Betonmasse. Bei der nassen Mischung ergibt sich ein mehr oder weniger flüssiges Mischgut, so daß die fertige Betonmasse sich leicht in die Formen gießen läßt. Halbtrocken gemischter Beton enthält so viel Wasser, daß dasselbe beim leichteren Zusammenpressen mit der Hand an der Oberfläche austritt. Bei der Trockenmischung wird nur so viel Wasser zugesetzt, als nötig ist, die eingestampfte Masse nach Entfernen der Form zusammenzuhalten. Solcher Beton muß sich mit der Hand ballen lassen, ohne daß Wasser herausquillt, er ist erdfeucht. Beim erdfeuchten Beton wird zunächst der äußere Feinbeton in die Form gebracht und namentlich in den Ecken und den Kanten entlang sorgfältig festgestampft; dann wird die Form schichtenweise gefüllt und die Füllung gestampft. Mit halbtrockenem Beton wird die Form gleich ganz gefüllt, dann wird die Füllmasse unter hohem Druck zusammengedrückt. Die flüssige Gußmasse soll ein vollkommenes Abbinden sichern, so daß ein dichter und guter Stein entsteht.

Jede dieser Herstellungsarten hat ihre Fürsprecher und ihre Gegner. Im allgemeinen werden die aus nasser und halbtrockener Mischung hervorgegangenen Steine bei kleinen Abmessungen dichter und weniger wasserdurchlässig sein als die aus Trockenmischung gestampfte. Am meisten in Gebrauch ist noch das Einstampfen der Formmasse, da es am einfachsten auszuführen ist und auch gute Ergebnisse hat. Beim Pressen hat man oft beobachtet, daß die Luft nicht vollständig entweichen kann, in den Stein eingeschlossen wird und dann nach Aufhören der Pressung entweicht und dadurch Risse bildet. Auch kann beim Pressen nicht eine so gleichmäßige Dichtigkeit durch den ganzen Block erzielt werden wie beim Stampfen, da die dem unmittelbaren Preßdruck ausgesetzten nach außen belegenen Teile des Blockes naturgemäß eine stärkere Zusammenpressung erfahren als die inneren.

Soll der Zementstein seine größte Festigkeit erlangen, so darf ihm das Wasser nur langsam entzogen werden. Der Stein muß, sobald er eine solche Festigkeit erlangt hat, daß eine Besprengung mit Wasser seiner Oberfläche nicht mehr schadet, täglich mehreremal besprengt werden, etwa 7—14 Tage lang. Ferner ist darauf zu achten, daß die Steine schattig liegen, denn Teile, die der Sonne ausgesetzt sind, trocknen schneller, ziehen sich schneller als die feucht gelegenen Stellen zusammen und erzeugen dadurch Risse. Soll der Stein durch den Steinmeß weiter bearbeitet werden, so wird diese Bearbeitung etwa nach 8—14 Tagen vorgenommen. Wird zu lange gewartet, so wird die Arbeit erschwert,

der Stein wird zu hart. Fast alle Werkzeuge und Maschinen, mit denen Natursteine bearbeitet werden, können auch bei der Bearbeitung der Kunststeine verwendet werden. Die Anwendung eines von der Firma Alfred Gutmann in Ottenfen gebauten Sandgebläses zeigt Fig. 18.

2. Kalksandstein. Dieser ist ein aus einer innigen Mischung von Kalk und Sand gepreßter und unter Dampfdruck gehärteter Mauerstein, dessen Druckfestigkeit mindestens 140 kg/qcm beträgt.¹⁾ Kalksandsteine werden erzeugt, indem man gewöhnlichen reinen Quarzsand mit einer verhältnismäßig geringen Menge gelöschten Kalkes mischt, aus der Mischung Steine preßt und diese alsdann in einen mit Wasserdampf gefüllten Raum bringt. Durch die Einwirkung des Wasserdampfes auf den Sand und den Kalk bilden sich an den Berührungsstellen dieser beiden Stoffe Kalksilikate, die einen festen Zusammenhang der ganzen

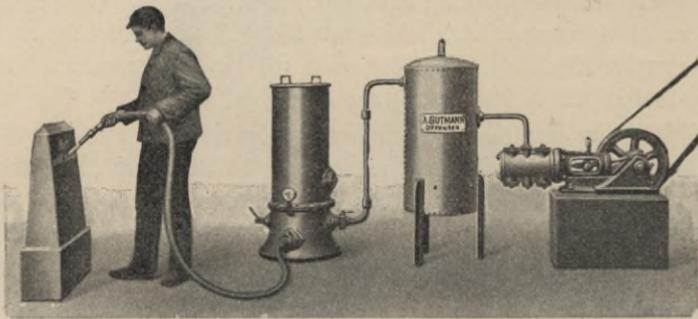


Fig. 18. Sandstrahlgebläse.

Masse bewirken. Die Formlinge werden in einen schmiedeeisernen dampfkesselartigen Behälter gefahren und dort einem Dampfdruck von etwa 8 Atm. 10—12 Stunden lang ausgesetzt, dann sind die Steine erhärtet. Kalksandsteine, welche die Größe der gewöhnlichen Ziegel besitzen, werden im Hochbau häufig, im Tiefbau seltener angewandt. Fig. 19 zeigt eine zugehörige Kalklösch- und Mischtrummel.

3. Rheinische Schwemmsteine, in manchen Gegenden auch irrig Tuffstein genannt, sind weiße, leichte, poröse Vollsteine, die seit fünf Jahrzehnten im Gebiete des Neuwieder Beckens hergestellt werden. Sie bestehen aus Bimsand und Kalk. Der Bimsand ist ein poröses vulkanisches Produkt mit hohem Kieselsäuregehalt — 50—65% —, das vor Jahrtausenden als Schaum glühend flüssiger Massen aus den Laacher Vulkanen emporgeschleudert wurde und eine Fläche von etwa 15 km

¹⁾ Der Kalksandstein, Selbstverlag des Vereins der Kalksandsteinfabriken.

Länge und Breite bedeckte. Dieser Bimsand, je nach Reinheit mit Devon-schiefer und Grauwacke oder auch grob- und feinkörnigen anderen vulkanischen Sanden mehr oder weniger durchmischt, wird im Freien auf Haufen gelagert und mit Kalkmilch angerührt, derart, daß jedes Stückchen Bimsand von der Kalkmilch umschlossen ist. Hierauf wird das fertige Gemenge in entsprechende Formen gebracht und durch eiserne Schlägel zusammengepreßt. Eine Erhärtung von 2 Wochen an freier Luft reicht hin, um die fertigen Steine von ihren Lagergerüsten (Lattengestellten) entfernen und in zählbare Haufen aufstapeln zu können, wo die weitere Erhärtung stattfindet. Nach 3—4 Monaten sind die Steine versand- und auch gebrauchsfähig.

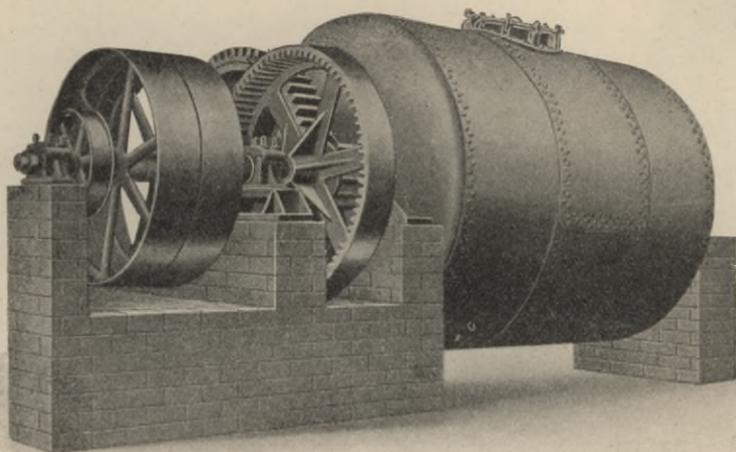


Fig. 19. Kalklösch- und Mischtrommel.

Das gebräuchlichste Format ist $25 \times 12 \times 9,5$ cm. Es werden aber auch andere Formate, namentlich Hintermauerungssteine $25 \times 12 \times 6,5$ cm hergestellt. Die wesentlichsten Vorteile der Schwenmsteine sind: geringes Gewicht, hohe Isolierfähigkeit, starke Schalldämpfung, Feuersicherheit, gute Putzfähigkeit. Die Steine eignen sich besonders zu Decken und Wänden in Gebäuden; ihre Druckfestigkeit beträgt etwa 30 kg/qcm.

§ 14. Gebrannte Steine.¹⁾

Zu diesen gehören namentlich Ziegel, Fliesen und Steinzeug.

1. Der Rohstoff und seine Bearbeitung. Der Rohstoff ist im wesentlichen Ton, eine Verbindung von Kieselsäure und Tonerde, entstanden

¹⁾ Bock, Ziegelei (Verlag von P. Parey in Berlin).

durch Verwitterung feldspatreicher Steine wie Granit, Porphyr usw. Die schädlichsten Beimischungen sind Schwefelkies, Kalkknollen und Steinstücke. Schwefelkies macht den Stein mürbe. Gebrannte Kalkknollen löschen sobald Wasser hinzutritt, dehnen sich dabei aus und zersprengen den Ziegel. Steinstücke verursachen Risse im Ziegel, da sie dem Schwinden des Tones nicht folgen.

Die Aufbereitung des Ziegelgutes erfolgt durch Auswintern, Einsumpfen, Schlänmen usw. Der Ton soll aufgelockert, die groben und schädlichen Einnengungen sollen entfernt werden. Fette und magere Tone werden durcheinander gemengt oder es wird der zu fette Ton mit Sand

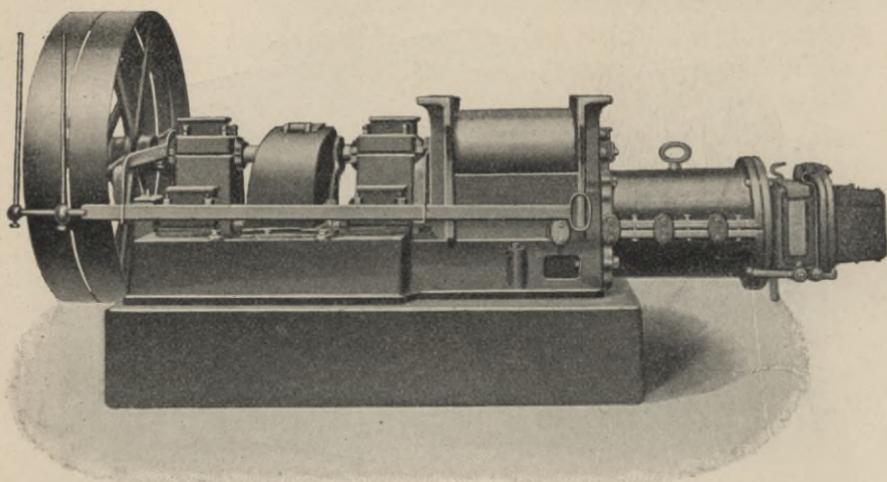


Fig. 20. Strangpresse.

vermischt. Das Mengen und Durcharbeiten des Ziegelgutes erfolgt oft durch Tonschneider, das Zerkleinern der Steine und Knollen durch Mühlen.

Das Formen geschieht entweder mit der Hand oder mittels Maschinen. Gegenwärtig werden noch etwa $\frac{2}{3}$ aller in Deutschland hergestellten Ziegel mit der Hand gestrichen. Die Maschinen teilt man ein in Strangpressen und Trockenpressen.

Fig. 20 zeigt eine Moro-Strangpresse der Maschinenfabrik Roscher (Görlitz). Bei dieser Maschine wird durch eine Stahlschnecke ein Tonstrang von rechteckigem Querschnitt erzeugt, der seitlich austritt, dort von einer (nicht gezeichneten) wagerechten beweglichen Unterlage aufgenommen und dann durch straff gespannte Drähte in einzelne Ziegel zerschnitten.

Nur in den seltensten Fällen ist das Tonmaterial so beschaffen, daß es ohne weiteres der Strangpresse zugeführt werden kann, meist bedarf es vorher einer maschinellen Aufbereitung. Für Tone, die nur kleine Steine in geringer Menge und keine festen Schollen enthalten, genügt ein Glattwalzwerk; ist das Material schollig oder klumpig, so daß es von dem Glattwalzwerk nicht genügend gefaßt werden kann, so läßt man es vorher durch ein Stachelwalzwerk laufen, enthält es große harte Steine, so verwendet man in Verbindung mit den Glattwalzen noch ein Nockenwalzwerk. Die beste Vorbereitungs- und Mischmaschine ist aber der Kollergang, der sich für die Verarbeitung aller Tonarten, sowohl im trockenen, wie im nassen Zustande eignet.

Die Trockenpressen verarbeiten ein Material mit nur 2% Wassergehalt und liefern Steine, die sofort in den Ofen gesetzt werden können, während die Halbtrockenpressen grubenfeuchtes Material in starke Metallformen drücken. Bis jetzt hat aber die Strangpresse die weiteste Verbreitung gefunden.

Fig. 21 zeigt eine Trockenpresse der Dörstener Maschinenfabrik mit 4 Stempeln. Unter jedem Stempel

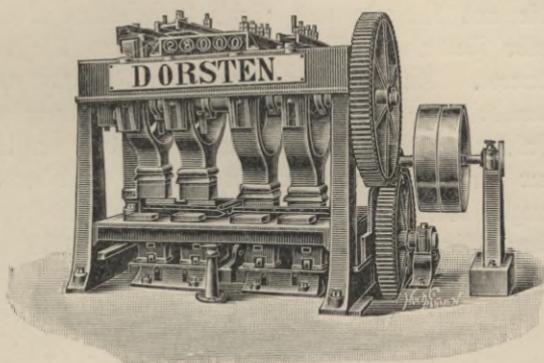


Fig. 21. Trockenpresse.

wird eine Metallform mit Ziegelgut selbsttätig gefüllt, dann wird dasselbe durch drei Schläge zusammengepreßt und der fertig gepreßte Stein auf die Höhe der Tischplatte emporgehoben, von der er weggenommen und sofort dem Brennofen zugeführt werden kann.

Naßgeformte Steine müssen vor dem Brennen erst getrocknet werden.

2. Der Brennofen und seine Erzeugnisse. Von allen Brennöfen ist in Deutschland der Ringofen von Hoffmann und Licht der vollkommenste, da er ununterbrochen arbeitet und gleichmäßig durchgebrannte Steine bei möglicher Ausnutzung des Brennstoffes liefert. Er liefert täglich, je nach Größe, 2000—20 000 Steine bei einem Brennstoffverbrauch von 150—200 kg Kohlen auf 1000 hartgebrannte Steine. — Feldbrand liefert viel Abfall und unansehnliche, sehr ungleichmäßig gebrannte Steine.

Die Erzeugnisse des Ziegelofens sind:

Gewöhnliche Ziegel (Hintermauerungssteine). Das Normalformat hat $25 \times 12 \times 6,5$ cm. Gut gebrannte Steine dürfen nicht abfärben; sie sollen höchstens 15 % Wasser aufnehmen, hart fein und scharfkantigen Bruch zeigen, sowie bei dem Anschlagen mit dem Hammer einen hellen Klang geben. Große Glätte der Flächen ist nicht erforderlich, weil der Mörtel an rauhen Flächen besser haftet.

Klinker unterscheiden sich von dem gewöhnlichen Ziegel dadurch, daß sie bis zum Sintern gebrannt und deshalb fester und wetterbeständiger sind. Zur Herstellung von Klinkern eignet sich eisenoxydhaltiger und kalkhaltiger Ton, weil solches Material leichter zum Sintern gelangt. Gute Klinker geben beim Zusammenschlagen einen hellen, metallischen Klang. Man hat gelbe, rote, bläulichrote und blaue Klinker. Die aus Klaierde und Sand hergestellten Steine (holländische) haben gelbe Farbe. Klinker aus Tonerde und Kieselerde (Oldenburger) sind blaurot. Klinker besitzen eine große Festigkeit und sind für Wasser undurchdringlich; sie finden besonders Anwendung im Straßen-, Wasser- und Brückenbau. Der Mörtel haftet an den verglasten Flächen recht gut, nur muß er steifer verarbeitet werden, weil der Klinker kein Wasser ansaugt. Die Abmessungen sind je nach dem Herstellungsorte verschieden. Laut Ministerialerlaß vom 24. Januar 1898 sollen folgende Formate verwendet werden:

Das Oldenburger Format . .	$22 \times 10,5 \times 5$ cm
„ Kieker „ . .	$23 \times 11 \times 5,5$ „

Verblendsteine, aus fetterem Ton sorgfältig hergestellt und von verschiedenen Farbentönen. Die Lagerflächen sind durch Millen rau gemacht, die Steine selbst gelocht. Durch Engoben (Überfangfarben) oder Glasuren erhalten sie Glanz, lebhafte Farben und Schutz vor Verwitterung, letzteres nur, wenn die Überzüge frei von Sprüngen sind.

Fliesen sind Platten aus ziemlich reinem Ton von 2,5—4 cm Dicke und beliebiger Plattenform. Sie werden meist unter starkem hydraulischem Druck geformt und dann gebrannt.

III. Mörtel.

§ 15. Grundstoffe.

1. Kalk. Der Hauptgrundstoff für die Mörtel ist der kohlen saure Kalk, kurz Kalk genannt. Der Kalk muß zunächst gebrannt, dann gelöscht und zuletzt mit Wasser und Sand zu Mörtel verarbeitet werden.

Wird reiner Kalk, d. h. solcher, der möglichst frei von Tonerde, Kieselsäure und anderen Beimischungen ist, zu Mörtel verarbeitet, so erhärtet er nur an der Luft oder im Trocknen; er heißt daher Luftkalk. Beim Brennen des Kalksteins entweicht die Kohensäure und es entsteht gebrannter Kalk oder Kalziumoxyd. Beim Löschen ist der Kalk stets in Berührung mit Wasser zu halten, der Wasserzufluß ist aber so zu regeln, daß die sich entwickelnde Wärme möglichst groß wird. Bei zu geringem Wasserzufluß löscht sich ein Teil des Kalkes trocken — er verbrennt —; bei zu großem Zufluß löscht er sich träge — er ersäuft. In beiden Fällen wird die Güte und Ausgiebigkeit des Kalkes geringer, der Brei wird meistens körnig. Der Kalkteig erhält in der Grube erst seine Gare. Kleine Stückchen hartgebrannten Kalkes, welche mit eingeschlämmt wurden, löschen sich nachträglich, daher die butterähnliche Beschaffenheit erst in einigen Tagen eintritt.

Alle Kalle oder Mischungen, welche als Mörtel unter Wasser erhärten, heißen hydraulische Bindemittel.

2. Hydraulische Bindemittel. Zu ihnen gehören:

a) Wasserkalk. Hat der Kalk einen bestimmten Gehalt an Tonerde und Kieselsäure, so nimmt er die Eigenschaft an, unter Wasser zu erhärten; er wird dann hydraulischer Kalk oder Wasserkalk genannt. Der Luftkalk wird „naß“ gelöscht, der Wasserkalk „trocken“. Meist werden die Kalkstücke in einen flachen Kegel aufgeschüttet, mit Sand bedeckt, und durch Brausen mit fein verteiltem Wasser besprengt. Hierbei werden die im Sande sich öffnenden Risse und Spalten wieder zugedeckt, um durch das Zusammenhalten der sich entwickelnden Wärme ein vollständiges Löschen zu erreichen.

Tonerde und Kieselsäure (Tonerdesilikate) sind es im wesentlichen, welche den Kalk hydraulisch machen; sie führen daher auch den Namen „Hydraulefaktoren“. Mit der Zunahme der Tonerdesilikate nimmt auch die hydraulische Eigenschaft des Kalkes zu, die Lösbarkeit aber ab, schließlich hört sie ganz auf, dann muß der Kalk (oder die Mischung von Kalk und Hydraulefaktoren) gemahlen werden; das Erzeugnis heißt Zement.

b) Romanzement. Der Kalk hat von Natur aus die erforderliche Menge Tonerdesilikate. Die Kalksteine werden nach dem Trocknen der Erdfeuchtigkeit bei schwacher Rotgluthitze gebrannt, alsdann zu Pulver gemahlen. Der gebrannte Romanzementstein, Scherben genannt, klebt an der Zunge, löscht beim Überbrausen mit Wasser nicht mehr ab, zerfällt aber nach und nach langsam beim Lagern an der Luft. Die Farbe des Pulvers wechselt sehr, je nach den Beimischungen und dem Grad des Brennens;

braune und gelbbraune kommen am häufigsten vor. Fast alle Romanzemente binden rasch ab und erhalten eine ziemlich hohe Anfangsfestigkeit. Die Festigkeitszunahme während der Erhärtung ist jedoch unbedeutend.

c) Portlandzement.¹⁾ Kalk- und tonhaltige Stoffe werden gemischt, dann gebrannt und gemahlen. Den Rohstoff liefern einesteils die natürlichen kohlen-sauren Kalk, andererseits kieselfreiche Tone und Ton-schiefer. Nach Beschaffenheit des Rohstoffes werden zwei Wege zur Herstellung der Portlandzement-Mischung begangen, welche man als nasse und trockene Aufbereitung unterscheidet. Bei der nassen Aufbereitung werden die Rohstoffe geschlämmt, bei der trockenen Aufbereitung gepulvert, gemischt und angefeuchtet. Dann wird in beiden Fällen die Mischung in Ziegelform gebracht, getrocknet und nachdem im Ofen so scharf gebrannt, daß die Masse durchgehend in dichte Klinker zusammensickert. Die Klinker werden nach dem Abkühlen fein gemahlen.

Die Erhärtungsfähigkeit des Portlandzementes im Wasser ist gegenüber allen anderen Zementen eine hohe, namentlich bei mageren Mischungen. Auch seine Anfangsfestigkeit ist groß und die Festigkeit nimmt noch nach Jahren zu. Hinzu kommt noch, daß Portlandzement auch einen guten Luftmörtel abgibt.

d) Puzzolan-zement. Gebrannter Kalk und hydraulische Zuschläge (gebrannte Tonerde) werden erst staubfein zerkleinert, dann gemischt. An hydraulischen Zuschlägen werden besonders benutzt Puzzolanerde und die granulierten Hochofenschlacke (Schlackenzement). Die Puzzolan-zemente haben nur eine geringe Anfangsfestigkeit und erreichen nur in seltenen Fällen die Festigkeit des Portlandzementes.

e) Eisenportlandzement. Erhält Portlandzement einen gewissen Zusatz von Hochofenschlacke, so entsteht Eisenportlandzement. Nach den „Deutschen Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Eisenportlandzement“, ist ein solcher Zement ein hydraulisches Bindemittel, das aus mindestens 70 % Portlandzement und höchstens 30 % geförnter Hochofenschlacke besteht. Der Portlandzement und die Hochofenschlacke sollen fein vermahlen und im Fabrikbetrieb regelrecht und innig miteinander vermischt werden.²⁾

3. Hydraulische Zuschläge. Diese können dem Kalk auch erst bei der Mörtelbereitung zugegeben werden. Sie werden auch Trasse oder Puzzolane genannt. Man unterscheidet natürliche und künstliche Puzzolane.

¹⁾ Vgl. auch: „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement“ (Runderlaß des preuß. Arbeitsministers vom 16. März 1910).

²⁾ Runderlaß des preuß. Arbeitsministers vom 16. März 1910.

Die natürlichen Puzzolane sind vulkanische Auswurfstoffe; sie bedürfen keines künstlichen Brennens, weil sie bereits durch die vulkanische Hitze aufgeschlossen worden sind. Hierher gehören:

a) **Puzzolane.** Puzzolane im engeren Sinne ist ein weicher, zerreiblicher, gelbbrauner, grauer bis schwarzer Tuff, welcher deutlich geschichtet in zusammenhängenden Hügeln von ziemlicher Ausdehnung nördlich vom Golf von Neapel, in der Nähe von Pozzuoli vorkommt. Von hier stammen auch die Mörtel, welche die alten Römer vielfach, insbesondere zur Herstellung von Wasserbauten benutzt haben.¹⁾

b) **Traß**, ein altberühmtes vortreffliches Material aus Tuffsteinen (oder Duckstein) bei Andernach am Rhein gewonnen.²⁾ Es ist ein bald dichteres, bald mürberes Gestein von Tongeruch, das bei besseren Sorten ins Blaue, bei geringeren ins Braune und Gelbe gehende Farbe hat. Guter Tuffstein soll beim Zerschlagen scharfe Kanten zeigen, einen hellen Klang haben, porös und von gleichmäßiger Struktur sein. Man kann sagen, daß, je härter der Stein, je schärfer der Bruch und je dunkler die Farbe, um so besser der Traß ist. Die ausgesuchten, zur Verarbeitung geeigneten Steine werden, nachdem sie ihre Bruchfeuchtigkeit verloren haben, fein gemahlen und dann in den Handel gebracht.

Als künstliche Puzzolane sind zu nennen: Ziegelmehl, Schlackenmehl und Si-Stoff, ein bei der künstlichen Herstellung von schwefelsaurer Tonerde vorkommender Abfall, ein stark hydraulischer kieselensäurehaltiger Stoff, welcher geringe Mengen schwefelsaure Tonerde und etwas Sand enthält. Mörtel mit Si-Stoff hat aber den Nachteil, daß er leicht treibt.³⁾

4. Sand. Guter Mauer sand soll scharfkantig, rein und von verschiedener Korngröße sein. Scharfkantig, damit der Kalk an einer verhältnismäßig großen Fläche haften kann, rein, damit die Verbindung zwischen Kalk und Sand nicht durch eine Schmutzhülle gehindert wird, gemischtkörnig, weil solcher Sand die wenigsten Hohlräume aufweist, die vom Kalk ausgefüllt werden müssen.

§ 16. Mörtelbereitung.

1. Mischmaschinen. Eine recht gründliche Vermischung der Mörtelstoffe ist die erste Bedingung der Mörtelbereitung, weil von ihr die Güte des Mörtels wesentlich abhängt. Das Mischen geschieht bei geringem Bedarf mittels Handarbeit, für größere Bauten billiger und im allgemeinen auch besser durch Mischmaschinen.

¹⁾ Vitruvius, 2. Buch, 6. Kapitel: Die Puteolanerde.

²⁾ Hambloch, A., Der rheinische Traß.

³⁾ Aft, Der Beton, S. 66.

Man hat Maschinen mit stetigem Durchgang des Mischguts und solche zum Mischen abgemessener Mengen. Die innigste Mischung erfolgt naturgemäß durch Maschinen, die eine abgemessene Menge in einer beliebig auszudehnenden Zeit verarbeiten. Das Mischen erfolgt ferner zwangsweise durch sich drehende Mischflügel (Trogmischmaschinen) oder zwangsfrei in einer sich drehenden Mischtrommel, welche das Mischgut emporhebt und dann über- und durcheinander stürzt (Trommelmischmaschinen).

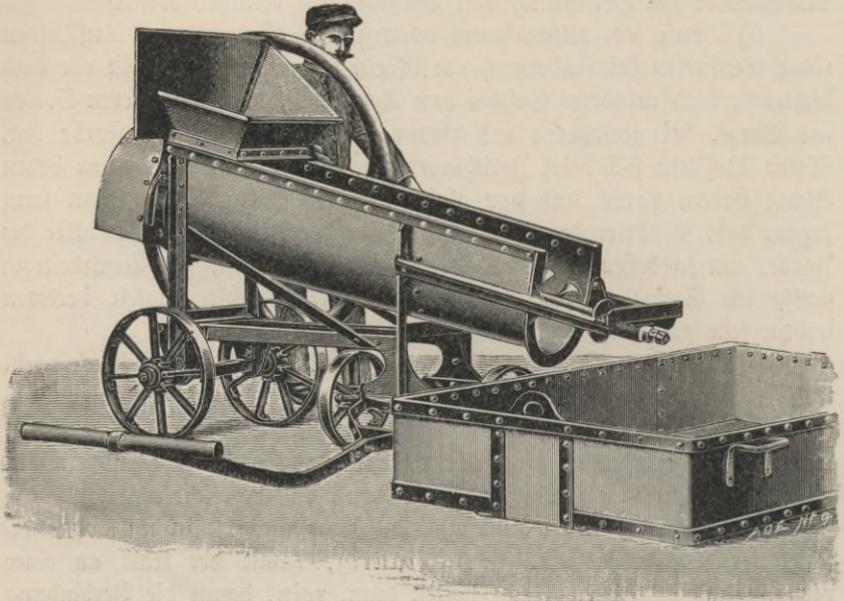


Fig. 22. Trogmischmaschine.

Trogmischmaschinen. Eine zwangsweise Mischung bei stetigem Durchgang des Mischguts findet statt bei der schrägliegenden Trogmischmaschine nach Fig. 22. Die Maschine eignet sich besonders zum Mischen von Kalk und verschiedenen schweren Stoffen. Letztere würden sich bei stehenden Maschinen bald auf den Boden festsetzen. Eine Ripptrogmaschine ist in Fig. 23 dargestellt; sie mischt ebenfalls zwangsweise, aber eine abgemessene Menge. Der oben offene Trog, während des Mischens festgestellt, wird nach unten gedreht, wenn er entleert werden soll. Erst wird das Mischgut trocken, dann naß durchgearbeitet. Ein Vorfüllkasten dient zum Abmessen der Rohstoffe. Die Wasserzuführung ist regulierbar, der Arbeitsvorgang periodisch.

Trommelmischer (Fig. 24). Die Mischung der Mörtelstoffe erfolgt in der sich drehenden Trommel zwangsweise und stetig. Die Wasserzuführung findet erst statt, wenn das Mischgut trocken gründlich durchgearbeitet ist.

Mischkollergang (Fig. 25). Die beste Mischung wird erzielt, wenn sich Trocken- und Nafmischung getrennt in der dem Mischgut angepassten Zeit vollzieht und hierbei die zu mischenden Stoffe nicht nur durcheinander fallen oder rollen, sondern auch jedes Teilchen zwangsweise erfaßt und durch das Mischgut hindurchgezogen wird, so daß sich schließlich jedes Steinchen

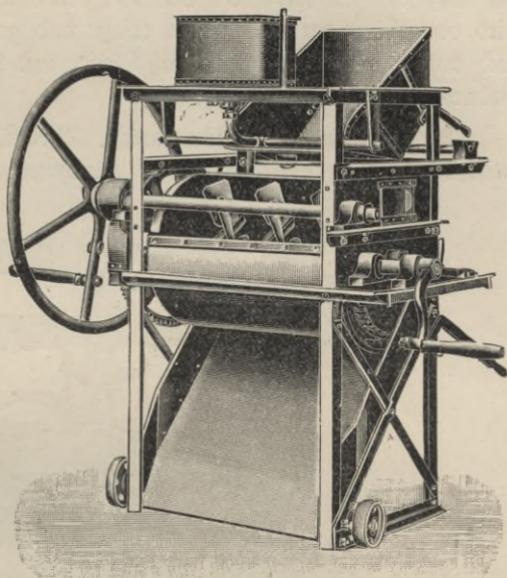


Fig. 23. Ripptrommelmischer.

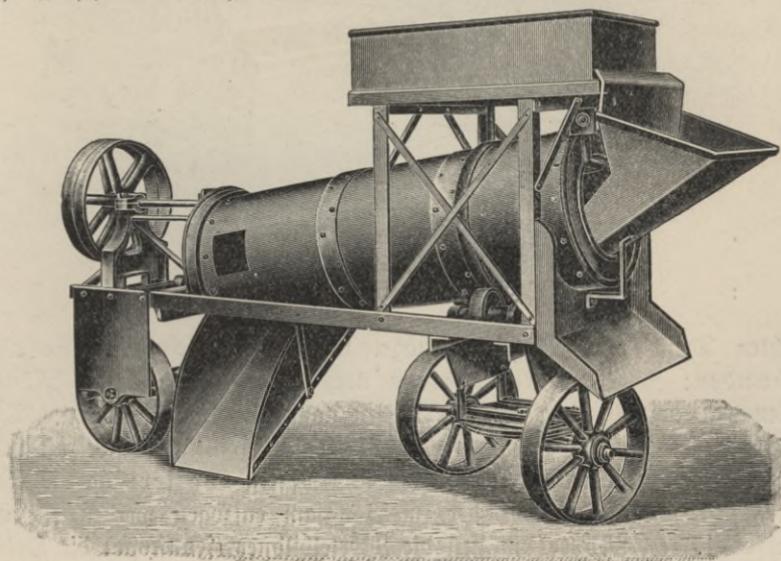


Fig. 24. Trommelmischer.

mit einer Zementhaut umgibt. So arbeiten die Mischkollergänge. Sie ermöglichen die sparsamste Verwendung der Bindemittel, weil diese gründlich aufgeschlossen werden. Das von den Läufern durchgefnetete Mischgut wird von Räumern von neuem erfaßt und gewendet. Die Wirkung soll noch erhöht werden dadurch, daß Läufer und Räumern in schleifenförmigen Bahnen geführt werden.

2. Merksätze und Mörtelarten. Bei Tiefbauten sollen die Mörtel meist die Festigkeit der Steine annehmen. Wenn die Mörtel einem

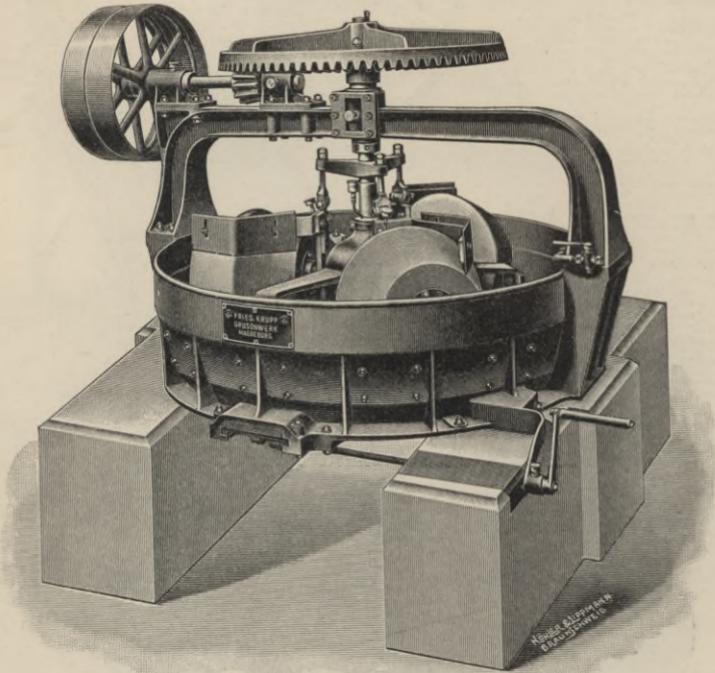


Fig. 25. Mischkollergang.

leichten Druck mit dem Fingernagel widerstehen, so haben sie abge bunden; Zementmörtel erhärten noch nach Jahren. Die Mörtel sollen volumbeständig sein; sie dürfen namentlich nicht treiben. Die Mörtel müssen frisch verarbeitet werden, weil sie sonst an Bindkraft verlieren. Hydraulische Mörtel erhalten nur wenig Wasser; das Wasser darf ihnen in der Mauer aber nur langsam entzogen werden. Beim wasserdichten Mörtel müssen die Mörtelbildner (Füllstoffe) die Hohlräume im Sande vollständig ausfüllen.

Kalkmörtel. Das Verhältnis des Kalkes zum Sande beträgt 1:2 bis 1:3. Ist der Mörtel zu fett, so schwindet und reißt er; ist er zu mager, so wird er mürbe und zerfällt. Guter Wasserkalkmörtel erhärtet unter Wasser innerhalb 6 Wochen vollständig.

Zementmörtel. Der Sandzusatz richtet sich nach dem Verwendungszweck des Mörtels. Bei hohem Sandzusatz wird Zementmörtel zu mager und haftet deshalb zu wenig an den Steinen. Solchem Mörtel gibt man besser einen Zusatz von Fettkalk (Zementkalkmörtel). Beim Mischen des Zementmörtels wird das Wasser zuletzt hinzugegeben, denn Zement beginnt zu erhärten, sobald er feucht wird; Zement muß vor Feuchtigkeit geschützt werden.

Traßmörtel. Traß erhärtet nur in Verbindung mit Kalk, daher wird auch feucht gelagerter Traß an Güte nichts verlieren. Weigemisch wird meist Fettkalk; der Mörtel wird dann geschmeidiger und klebriger. Traßmörtel bindet langsamer ab als Zementmörtel, was für manche Zwecke erwünscht ist.

Der Traßmörtel besteht, abgesehen vom Wasser, aus Kalk, Traß und Sand. Für die vollständige Umwandlung des Ätzkalkes in kiesel-sauren Kalk ist eine bestimmte Menge Kieselsäure, d. h. Traß erforderlich. Wird diese Menge unterschritten, so erreicht der Mörtel nicht seine höchste Festigkeit, wird sie überschritten, so wirkt der überschüssige Traß nur noch als Steinmehl. Als günstigstes Mischungsverhältnis hat sich ergeben: 1 Rt. Kalkteig, $1\frac{1}{2}$ Rt. Traß, 2 Rt. Sand. Demnach dürfte ein Zusatz von $1\frac{1}{2}$ Rt. Traß auf 1 Rt. Kalkteig notwendig sein, um den Ätzkalk in kiesel-sauren Kalk überzuführen, ein Verhältnis, das auch Inke für alle rheinisch-westfälischen Talsperrenbauten gewählt hat. Als vorteilhafte Mischung für Kalktraßmörtel, die auch wasserdicht ist, wird 1 Rt. Kalkteig zu $1\frac{1}{2}$ Rt. Traß zu $2\frac{1}{2}$ Rt. Sand empfohlen. Wird Portlandzement mit Traß gemischt (Zementtraßmörtel), so sind nach Link¹⁾ folgende Mischungen hinsichtlich der Festigkeit annähernd gleichwertig:

Port- land- zement	Sand	Port- land- zement	Traß	Sand
1	: 2	= 1	: 0,6	: 3
1	: 3	= 1	: 0,6	: 4,5
1	: 4	= 1	: 0,6	: 6
1	: 5	= 1	: 0,6	: 7,5
1	: 6	= 1	: 0,6	: 9
1	: 7	= 1	: 0,6	: 9,5
1	: 8	= 1	: 0,6	: 10

¹⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1909, S. 18.

3. Ausbeute der Mörtel. Es sei das Mischungsverhältnis Bindemittel zu Sand = 1 : n. Wiegt 1 l Mörtel γ kg, so ist das Gewicht $G = 1 \gamma$ und die Mörtelmenge $M = \frac{G}{\gamma}$ Liter. Da 1 + n Liter trockenen Materials M Liter mauergerechten Mörtel ergeben, so ist die Ergiebigkeit des Mörtels oder der Ausbeutekoeffizient

$$\beta = \frac{M}{1+n} \quad (1)$$

Guter Mauer sand, in dem alle Korngrößen vorhanden sind, hat 0,38—0,40 des Maßes an Hohlräumen. Diese Hohlräume sind mit Kittmasse zu füllen, wenn ein dichter Mörtel entstehen soll. Das Verhältnis $\delta = \frac{\text{Kittmasse}}{\text{Hohlräume}}$ gibt den Grad der Dichtigkeit eines Mörtels an; ist $\delta =$ oder > 1 , so ist der Mörtel dicht; ist $\delta < 1$, so ist der Mörtel nicht dicht.

4. Mörteltabelle.¹⁾

Tabelle 2.

Mörtelart	Mischungsverhältnis in Liter					Ausbeute		1 cbm Mörtel erfordert:				
	Zement	Traß	geb. Kalk	Sand	Wasser	1	β	Zement kg	Traß l	geb. Kalk kg	Sand l	Wasser l
Zementmörtel	1	—	—	2,0	0,53	2,21	0,74	642	—	—	906	240
	1	—	—	2,5	0,62	2,60	0,74	585	—	—	962	240
	1	—	—	3,0	0,64	2,93	0,74	486	—	—	1026	220
	1	—	—	4,0	0,80	3,68	0,74	385	—	—	1084	217
	1	—	—	5,0	1,00	4,48	0,74	317	—	—	1115	223
Zementkalkmörtel	1	—	0,5	5,0	1,30	5,28	0,81	270	—	46	950	246
	1	—	1,0	6,0	1,40	6,48	0,81	220	—	74	928	216
	1	—	1,5	8,0	1,60	8,38	0,80	170	—	86	960	192
	1	—	2,0	10,0	1,70	9,18	0,71	155	—	105	1090	185
Zementtraßmörtel	1	0,4	—	3,0	1,00	3,47	0,79	410	115	—	865	288
	1	1,0	—	4,0	1,16	4,52	0,75	314	221	—	884	256
	1	1,0	—	4,5	1,20	4,86	0,75	292	206	—	927	246
	1	1,5	—	5,0	1,38	5,58	0,74	255	269	—	895	247
Traßkalkmörtel	—	1,5	1,0	1,0	0,28	2,60	0,71	—	578	185	385	108
	—	1,0	1,0	1,0	0,27	2,35	0,77	—	426	205	426	115
	—	1,0	1,0	2,0	0,35	3,03	0,76	—	330	158	660	116
	—	1,0	1,0	3,0	0,50	3,78	0,76	—	265	127	795	133
Hydraulischer Kalkmörtel	—	1,0	2,0	5,0	0,90	6,38	0,80	—	157	142	785	151
	—	—	1,0 hydr. Kalk	1,5	0,75	1,93	0,77	—	—	292 hydr. Kalk	777	388

¹⁾ Nach Angaben des „Betonkalenders“. β = Ausbeutekoeffizient (Formel 1).

IV. Beton und Eisenbeton.

§ 17. Betonstoffe und Betonbereitung.

Der Beton ist ein Konglomerat von Kies, in dem der Mörtel den Kitt bildet. Die Mörtel und ihre Grundstoffe sind in dem vorhergehenden Abschnitt besprochen worden. Der Kies soll ebenfalls wie der Sand rauh, rein und gemischtkörnig sein. Rauh, damit der Mörtel gut

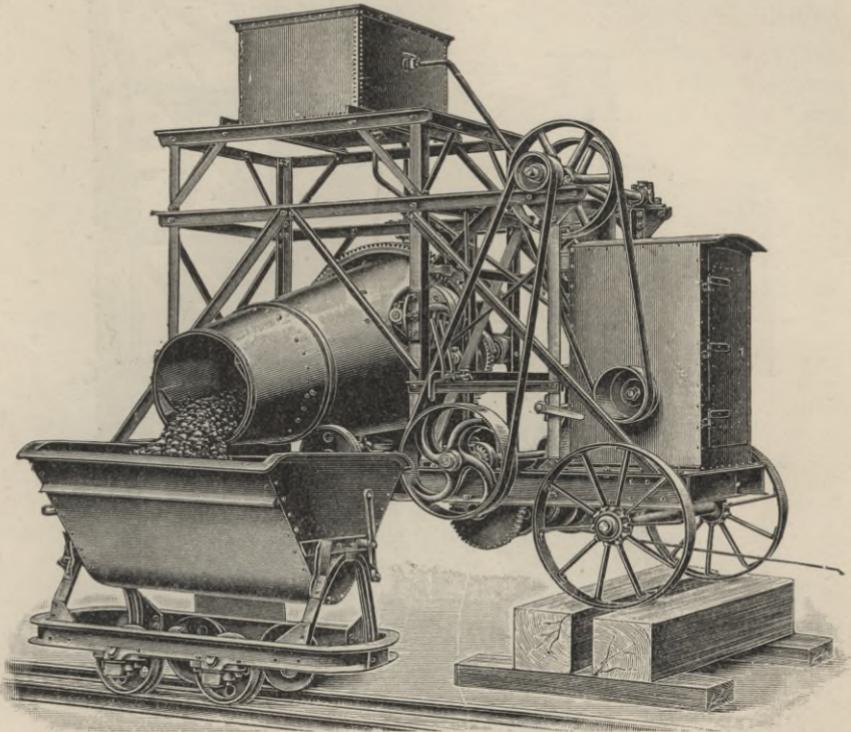


Fig. 26. Betonmischer „Vieltraß“.

haftet, daher ist Kleinschlag besser als der runde Flußkies; rein, denn nur mit reinem Kies kann sich der Mörtel verbinden; gemischtkörnig, denn Kies mit verschiedener Korngröße hat die wenigsten Hohlräume, erfordert mithin zu deren Ausfüllung den wenigsten Mörtel.

Im alten Rom wurden die aus Beton gebildeten Fundamente in der Weise ausgeführt, daß man auf der Sohle der Fundamentgräben zunächst eine Mörtelschicht von 10—15 cm Dicke ausbreitete. Auf diese wurde eine ebenso dicke oder nur wenig dickere Schicht von Steinbrocken geschüttet; die Steine hatten höchstens einen Durchmesser von 8—10 cm.

Diese Schicht wurde so lange gestampft, bis alle Zwischenräume derselben mit Mörtel ausgefüllt waren. Hierauf kam wieder eine neue Mörtelschicht, in die man eine Steinbrockenschicht einstampfte usw.¹⁾ Ähnlich wird der Beton auch heute noch hin und wieder hergestellt, wie ich z. B. in Innsbruck gesehen habe. Meist mischt man den Beton vor

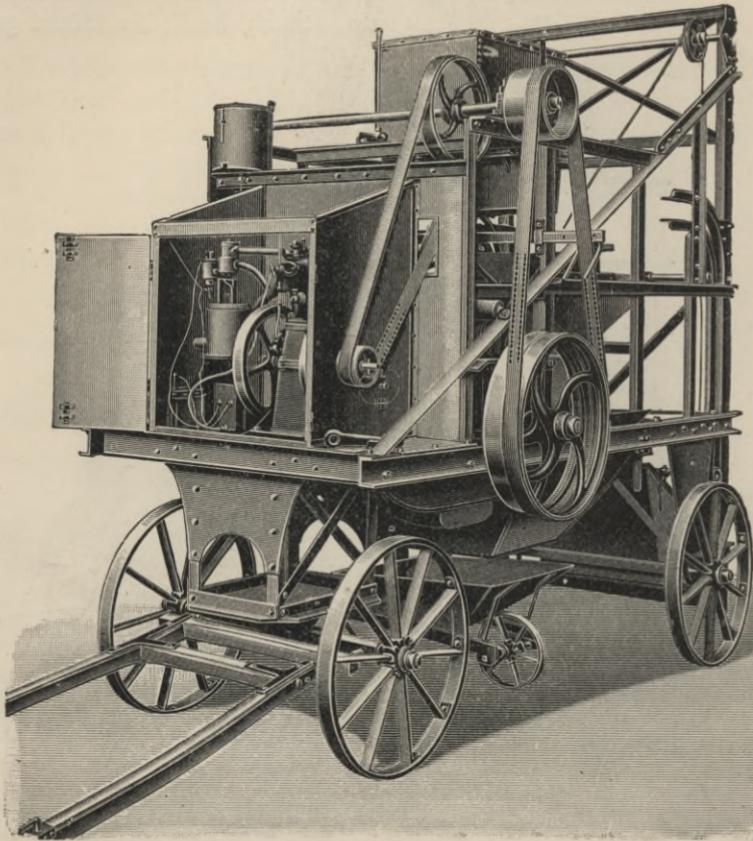


Fig. 27. Patent-Betonmaschine (System Gauhe).

feiner Verwendung mit der Hand²⁾ oder mittels Maschinen. Bei der Handmischung werden die Betonstoffe abgemessen, auf einen Haufen geschüttet und so lange umgeschaufelt, bis die Mischung eine Farbe hat, dann wird mittels Brause langsam Wasser zugeführt und die Masse um-

¹⁾ Handbuch der Architektur (Fundamente).

²⁾ Auch diese Betonbereitung war bei den alten Römern in Gebrauch, Vitruvius berichtet darüber im 8. Buch, 5. Kapitel 10.

geschaufelt, bis sie das Aussehen von feuchter Erde hat. Größere Betonmassen werden mit der Maschine gemischt. Man kann hierzu die meisten der vorbeschriebenen Mörtelmischer oder besondere Betonmischmaschinen verwenden. Auch hier unterscheidet man wieder, wie bei den Mörtelmischern, Maschinen mit zwangsweiser und zwangslöser Mischung, mit stetigem und unstetigem Durchgang des Mischungsguts.

Zu den Maschinen für zwangsweise, periodische Mischung gehört der in Fig. 23 dargestellte Ripptrögmischer. Einen mit Motor versehenen Betonmischer für zwanglose Mischung mit stetigem Durchgang zeigt Fig. 26. Es ist Gauhes „Vielfraß“, eine Maschine von sehr bedeutender Leistung (bis 15 cbm stündlich). Von dem aufgebauten Wasserkasten empfängt das Mischungsgut, das anfänglich trocken gemischt wird, durch ein Rohr das nötige Wasser. Die Maschine kann auch mit einem Vorfüllkasten oder Abmeßbecher versehen werden.

In Fig. 27 ist eine Patent-Betonmaschine, System Gauhe, dargestellt. Es ist eine Maschine mit zwangslöser, periodischer Mischung. Vorzüge der Maschine sind: Bequemes Füllen abgemessener Mengen, periodisches Mischen, zuerst trocken, dann unter Wasserzugabe, selbsttätige, regulierbare Wassermenge, große Leistung, einfache Bedienung.

Für feineren Stampfbeton, wie er besonders für Zementwaren erforderlich ist, eignen sich besonders die Kugelmischmaschinen (System Gauhe). Diese Maschinen sind den Patent-Betonmaschinen ähnlich, unterscheiden sich von diesen aber hinsichtlich des Mischungsvorganges. Die verreibende Wirkung auf den Zement, die bei grobem Stampfbeton Kiesel oder Kleinschlag ausüben, soll hier durch eiserne Kugeln, welche während der Mischung an dem zwangslösen Überstürzen des Mischungsguts teilnehmen, verstärkt werden.

Materialbedarf für Beton.

1. Zementbeton. Bezeichnet bei einer Mischung nach Raumteilen.

- t_1 die Teile Zement, t_2 die Teile Sand, t_3 die Teile Kies,
- β die Mörtelausbeute von 1 cbm Zement und Sand in cbm oder das Verhältnis der Ausbeute zu den Mörtelstoffen,
- η die Hohlräume in 1 cbm Kies in cbm oder das Verhältnis der Hohlräume zur Kiesmenge,

so erhält man:

$$\text{die Mörtelmenge } M = \beta (t_1 + t_2), \quad (2)$$

$$\text{die Hohlräume in } t_3 \text{ Teilen Kies} = \eta t_3.$$

Bei dichtem Beton müssen die Hohlräume mit Mörtel gefüllt sein, es muß $\eta t_3 = \beta(t_1 + t_2)$ sein oder

$$\frac{\beta(t_1 + t_2)}{\eta t_3} = \frac{\text{Mörtel}}{\text{Hohlräume}} = 1. \quad (3)$$

Ist das Verhältnis $s = \frac{\text{Mörtel}}{\text{Hohlräume}}$ oder > 1 , so ist der Beton dicht, ist $s < 1$, so ist der Beton nicht dicht. — Für 1 cbm dichten Beton sind erforderlich:

$$\text{an Zement } m_1 = \frac{t_1 \eta}{(t_1 + t_2) \beta} \text{ cbm}, \quad (4)$$

$$\text{an Sand } m_2 = \frac{t_2 \eta}{(t_1 + t_2) \beta} \text{ cbm}, \quad (5)$$

$$\text{an Kies } m_3 = 1 \text{ cbm}.$$

Nach Büsing und Schumann¹⁾ kann die Mörtelausbeute wie folgt angenommen werden:

$t_1 : t_2 = 1 : 1$	$1 : 2$	$1 : 3$	$1 : 4$	$1 : 5$	$1 : 6$	$1 : 7$	$1 : 8$
$\beta = 0,70$	$0,65$	$0,70$	$0,74$	$0,76$	$0,78$	$0,80$	$0,82$

Beispiel: Es erfordert 1 cbm dichter Beton bei einer Mörtelmischung 1 Zement zu 3 Sand und bei Kies mit 40% Hohlräume:

$$\text{Zement } m_1 = \frac{1 \cdot 0,40}{(1 + 3) 0,70} = 0,1429 \text{ cbm}$$

$$\text{Sand } m_2 = \frac{3 \cdot 0,40}{(1 + 3) 0,70} = 0,4286 \text{ „}$$

$$\text{Kies } m_3 = 1 \text{ cbm}.$$

Beispiel: Es ist eine Betonmischung von 1 Zement, 3 Sand und 8 Kies vorgeschrieben; der Kies hat 40% Hohlräume. Alsdann betragen die Hohlräume $8 \cdot 0,40 = 3,2$ Teile, der Mörtel aber nur $(1 + 3) 0,7 = 2,8$ Teile. Der Beton ist nicht dicht. Bei dichtem Beton dürfte die Mischung nur $\frac{2,8}{0,4} = 7$ Teile Kies enthalten. Für die Umhüllung der einzelnen Kiesstücke usw. wird in der Regel die Mörtelmenge noch um etwa 15% erhöht und beim Stampfbeton muß auch die Kiesmenge noch vergrößert werden. Der Materialbedarf für fertig gestampften Beton kann aus folgender Tabelle von Büsing und Schumann¹⁾ entnommen werden.

¹⁾ Der Portlandzement und seine Anwendung im Bauwesen. 3. Aufl. 1905.

2. Materialbedarf für Stampfbeton.

Tabelle 3.

Mischungs- verhältnis	Zement kg	Sand und Kies l	Wasser l	Fertig ge- stampft Beton l	1 cbm fertiger Beton erfordert:		
					Zement kg	Sand und Kies cbm	Wasser l
1:1	50	36	12,0	54	925	0,667	212
1:2	50	72	13,0	83	625	0,868	163
1:3	50	108	15,0	112	450	0,964	135
1:4	50	144	18,6	141	355	1,021	132
1:5	50	180	22,2	170	295	1,059	131
1:6	50	216	25,8	200	250	1,080	129
1:7	50	252	29,4	231	220	1,091	128
1:8	50	288	33,0	263	190	1,095	125
1:9	50	324	36,6	296	169	1,094	124
1:10	50	360	40,2	330	151	1,091	121
1:11	50	396	43,8	365	137	1,085	120
1:12	50	432	47,4	400	125	1,080	119

3. Verarbeitung und Behandlung des Betons.¹⁾ Je nach dem Wasserzusatz und der Art der Verwendung unterscheidet man Stampfbeton, Schüttbeton und Gußbeton. Für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton sind Leitsätze aufgestellt vom Deutschen Beton-Verein im Februar 1905, auf die hier nur hingewiesen werden kann. Nach diesen Leitsätzen hat man beim Stampfbeton wieder zu unterscheiden erdfeuchte Betonmasse, auf die sich der Abschnitt „Materialbedarf“ namentlich bezieht, und weiche Betonmasse, bei der der Wasserzusatz so weit gesteigert werden darf, daß die Masse zwar noch stampffähig ist, während des Stampfens aber weich wird. Am festesten wird der erdfeuchte Stampfbeton. Weichen Beton wendet man nur dort an, wo erdfeuchter Beton nicht zulässig ist, z. B. für Eisenbeton. Welchen Einfluß der Wasserzusatz auf die Festigkeit des Betons hat, zeigt nachstehender Vergleich zweier Betonproben. Es betrug die Druckfestigkeit bei: 10 % Wasser nach 7 Tagen 202,5 kg/qcm, nach 180 Tagen 380,0 kg/qcm 15 % „ „ 7 „ 55,0 „ „ 180 „ 170,0 „

¹⁾ Leitsätze für die Vorbereitung, Ausführung und Prüfung aus Stampfbeton, aufgestellt vom Deutschen Beton-Verein. „Merksätze für den Betonbau“ sind enthalten im Beton-Taschenbuch und in *Ust, Der Beton und seine Anwendung*.

Schüttbeton wird dort angewandt, wo man nicht stampfen kann, z. B. im Wasser. Der Beton darf niemals im Wasser frei fallen, weil sonst eine Entmischung stattfindet; man versenkt denselben mittels Trichter, Säcken oder Besenklästen. Ein durch Trichter geschütteter Beton hat nach 4 Wochen nur den dritten Teil der Festigkeit, die er im eingestampften Zustande aufweist. Beim Gußbeton nimmt die Festigkeit der Betonmasse noch mehr ab. Man benutzt Gußbeton in der Regel zum Ausgießen der Gips- und Leimformen. Der Betonmasse wird so viel Wasser beigegeben, daß sie breiartig, nicht dünnflüssig wird. Im dünnflüssigen Beton würden sich die schweren Teile in den unteren Stellen der Form absetzen.

§ 18. Betonrohre (Zementrohre).¹⁾

Man benutzt zur Herstellung der Rohre fast ausschließlich Stampfbeton, den man in eiserne Formen bringt. Eine solche Form besteht im

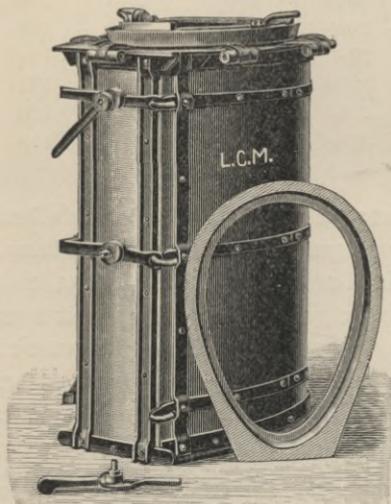


Fig. 28. Rohrform.

wesentlichen aus der dreiteiligen Mantelform und der zweiteiligen Kernform. In Fig. 28 ist eine solche Rohrform (Columbus-Rohrform von Dr. Caspary & Co.) dargestellt. Der Beton wird schichtenweise eingebracht und kräftig gestampft. Ist die Form gefüllt, so wird zur Erzeugung der Feder eine schmiedeeiserne Deckplatte fest aufgepreßt. Das eingestampfte Rohr bleibt nun in der Form so lange stehen, bis der Mörtel so viel abgebunden hat, daß die Kernform entfernt werden kann. Dann wird diese und nachdem die Mantelform entfernt. Frühestens 3 Monate nach Fertig-

stellung werden die Rohre verlegt. Über das Verlegen derselben sind besondere Zeitsätze aufgestellt worden, auf die hier nur hingewiesen werden kann.²⁾

¹⁾ Aft, Zementrohre und ihre Herstellung. Gary, M., Prof., Zementröhren, ihre Verwendung, Prüfung und Bewertung in der Praxis.

²⁾ Zeitsätze für Ausführung von Zementrohreleitungen, aufgestellt vom Deutschen Beton-Verein in Biebrich a. Rhein.

Am meisten verwendet man Rohre von rundem oder eiförmigem Querschnitt (Fig. 29 u. 30). Beim eiförmigen Rohr ist für das volllaufende Profil der Wasserquerschnitt $F = 4,59413 r^2$, der benetzte Umfang $U = 7,9299 r$, der hydraulische Radius demnach $F : U = 0,5793 r$, wenn $r = d : 2$ gesetzt wird.

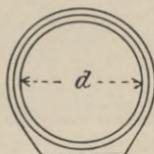


Fig. 29. Kreisförmiger Querschnitt.

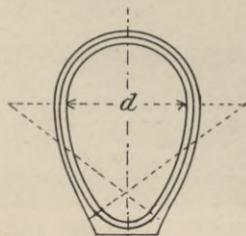


Fig. 30. Eiförmiger Querschnitt.

Fig. 31 zeigt ein kreisförmiges Rohr aus Zementbeton und Fig. 32 ein Zementrohr mit eiförmigem Querschnitt.

Tabelle 4.
Zementrohre.¹⁾

Durchmesser cm	Lichter Querschnitt qcm	Wandstärke cm	Nutzlänge m	Gewicht kg/m	Durchmesser cm	Lichter Querschnitt qcm	Wandstärke cm	Nutzlänge m	Gewicht kg/m
Runde Form (Fig. 29).									
10,0	78,5	2,2	1,0	21,6	40	1257	4,5	1,0	183
12,0	113,1	2,5	1,0	28,5	45	1590	5,0	1,0	229
15,0	176,7	2,5	1,0	34,4	50	1964	5,0	1,0	252
17,5	240,5	3,0	1,0	48,3	60	2827	6,0	1,0	363
20,0	314,2	3,0	1,0	54,2	70	3848	6,5	1,0	456
25,0	490,9	3,5	1,0	78,3	80	5027	7,0	0,8	558
30,0	706,9	3,5	1,0	92,1	90	6362	7,5	0,8	670
35,0	962,1	4,0	1,0	143,0	100	7854	8,0	0,8	792
Eiform (Fig. 30).									
20/30	459	3,5	1,0	90	70/105	5 628	10,5	0,8	931
30/45	1034	4,5	1,0	171	80/120	7 351	12,0	0,8	1216
40/60	1838	6,0	1,0	304	93,3/140	10 005	14,0	0,7	1655
50/75	2871	7,5	1,0	475	100/150	11 485	15,0	0,5	1900
60/90	4135	9,0	1,0	684	110/165	13 897	16,5	0,5	2300
66,7/100	5105	10,0	1,0	844	—	—	—	—	—

¹⁾ Nach der Hütte (20. Aufl.).

Außer den geraden Rohren werden auch Bogenrohre gefertigt nach Fig. 33 und auch solche mit Böschungskopf (Fig. 34).

Die Betonfabriken verbürgen in der Regel eine ruhende Scheitelbelastung von 5000—6000 kg/qm des wagerechten Rohrquerschnittes;

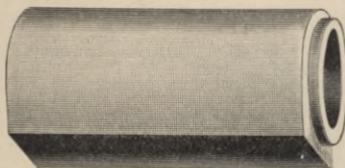


Fig. 31. Kreisförmiges Rohr.



Fig. 32. Eiförmiges Rohr.

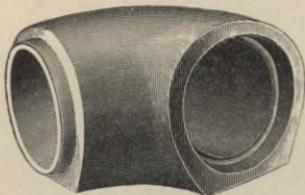


Fig. 33. Bogenrohr.

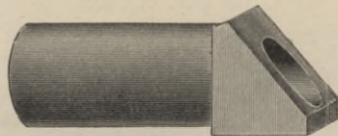


Fig. 34. Rohr mit Böschungskopf.

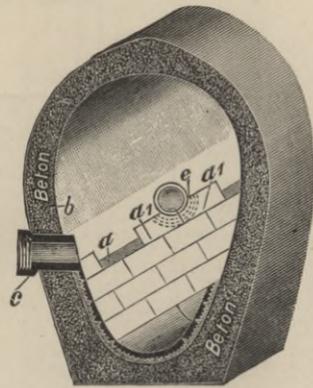
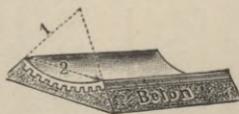
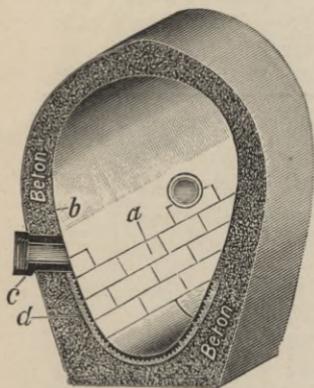


Fig. 35. Säurebeständige Rohre.

jedoch verlegt man bisweilen derartige Rohrdurchlässe unter 10 m hohen Straßendämmen ebenso sicher wie bei nur 1 m Abstand unter der Straßenkrone.¹⁾

¹⁾ Über Prüfung von Ton- und Zementrohren vgl. die vom Internat. Kongress für die Material-Prüfung der Technik zu Brüssel 1906 angenommenen Vorschläge von M. Gary, Bericht 17d.

Zementrohre, die säurehaltiges Wasser führen, werden vorteilhaft mit eingestampften säurefesten Steinzeug-Sohlschalen versehen oder mit „Anaußchen Platten“ ausgekleidet, wie in Fig. 35 gezeigt wird.

§ 19. Der Eisenbeton.

Eisenbeton ist Beton, in den Eisen eingebettet ist. Ein Vorgänger des Eisenbetons ist wahrscheinlich schon den alten Römern bekannt gewesen. Vitruvius berichtet im 10. Kapitel des 5. Buches seiner „Zehn Bücher über Architektur“ von Gewölben, in die Eisenstangen eingelegt werden. Die Erfindung oder wenigstens die erste praktische Verwertung des Eisenbetons wird wohl mit Recht dem französischen Gärtner Monier¹⁾ zugeschrieben.

Der Grundgedanke, auf dem der Eisenbetonbau ruht, ist der, die Druckfestigkeit des Betons und die Zugfestigkeit des Eisens zu gemeinsamer Arbeit heranzuziehen, so daß sie sich gegenseitig zu Hilfe kommen und ergänzen. Das Eisen wird dort eingebettet, wo Zug auftritt,²⁾ wo also der druckfeste aber wenig zugfeste Beton reißen würde, wenn ihm nicht das Eisen zu Hilfe käme und die Zugspannungen aufnähme. Diese Verteilung der Arbeit wird dadurch möglich, daß Eisen und Beton fest aneinander haften, daß also bei Zug der Beton mit dem Eisen sich dehnen muß, ohne aufzureißen. Durch die Verbindung von Eisen und Beton erhält man einen neuen Baustoff, dessen Eigenschaften in mehrfacher Hinsicht von denjenigen der einzelnen Bestandteile abweichen. Der Eisenbeton hat eine hohe Biegezugfähigkeit und eine große Zähigkeit; das körnige Gefüge des Betons ist durch das eingebettete Eisen gewissermaßen sehnig geworden. Eisenbeton läßt sich leicht in jede gewünschte Form bringen, seine einzelnen Bestandteile können der Beanspruchung entsprechend verteilt werden. Das Eisen wird durch den Beton gegen die Angriffe des Rostes geschützt; die Feuericherheit ist groß, denn der das Eisen umhüllende Beton ist ein schlechter Wärmeleiter und die Wärmeausdehnungsmaße beider Stoffe sind fast gleich. Die Unterhaltungskosten der Eisenbetonbauten sind gering.

Über den Beton ist früher bereits Näheres angegeben, über das zur Bewehrung des Betons dienende Quadrat- und Rundeisen sind in § 34 Angaben enthalten. In jede Decke aus Eisenbeton werden die Eisenstäbe in die Richtung der Hauptzugspannungen gelegt. Bei dem Moniersystem werden außer diesen „Tragstäben“ noch rechtwinkelig

¹⁾ Geb. am 8. November 1823, gest. am 13. März 1906.

²⁾ Vgl. die Fig. 77.

dazu gerichtete „Verteilungsstäbe“ angeordnet und mit den Tragstäben verbunden. Die Verteilungsstäbe sollen die durch eine Einzellaft hervorgerufenen Spannungen auf eine größere Plattenbreite verteilen.

Demselben Zweck dient auch das Streckmetall (Fig. 36). Auch dieses soll die Tragstäbe so miteinander verbinden, daß sie sich gegenseitig helfen.

Aber das Streckmaterial bewirkt nicht nur eine Verteilung der Einzellaft auf mehrere Stäbe, sondern es übernimmt auch einen Teil der in der Richtung der Tragstäbe wirkenden Zugkraft. Beträgt z. B. diese Zugkraft auf 1 m Plattenbreite $Z = 7000$ kg, so kann Streckmetall Nr. 15 2350 kg übernehmen, so daß den Tragstäben nur noch $7000 - 2350 = 4650$ kg verbleiben.

Die Haftfestigkeit, oder besser der Gleitwiderstand, wächst mit der Größe der Berührungsfäche zwischen Beton und Eisen, kann aber noch



Fig. 36. Streckmetall.

bedeutend erhöht werden durch die Form der Eisenstäbe. Auch das Streckmetall hat wegen seiner großen Haftfläche (Tab. 5) und eigentümlichen Form eine große Haftfestigkeit. Die Haftfläche (Umfang) der Quadrat- und Rundeisen ist in Tab. 19 angegeben.

Es gibt eine große Menge Deckensysteme, die

aber meist nur in untergeordneten Einzelheiten voneinander abweichen. Für die Ausführung und Berechnung aller im Tiefbau vorkommenden Eisenbetonbauten sind aber folgende Bestimmungen und Leitfäden von Wichtigkeit:

- a) „Vorläufige Bestimmungen für das Entwerfen und die Ausführung von Ingenieurbauten in Eisenbeton im Bezirk der Eisenbahndirektion Berlin“ vom 21. Februar 1906 (Zentralblatt der Bauverwaltung 1906, S. 331).¹⁾
- b) „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten“ vom 24. Mai 1907 (Zentralblatt der Bauverwaltung 1907, S. 301).

¹⁾ Die Bestimmungen scheinen im ganzen Geschäftskreis der preußisch-hessischen Eisenbahnverwaltung verbreitet zu sein, haben auch in dem unter b aufgeführten Ministerialerlaß vom 24. Mai 1907 sinngemäße Anwendung gefunden.

- c) „Leitsätze für die Vorbereitung und Prüfung von Bauten aus Stampfbeton“, aufgestellt vom Deutschen Beton-Verein, Februar 1905 (Beton-Taschenbuch).
- d) „Deutsche Normen für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement und von Eisenportlandzement“ vom 16. März 1910 (Zentralblatt der Bauverwaltung 1910, S. 189).
- e) „Österreichische Regierungsvorschriften betreffend die Herstellung von Tragwerken aus Stampfbeton oder Betoneisen“ von 1908 (Beilage zu Nr. 11 u. 12 der Zeitschrift „Zement und Beton“ 1908).

Tabelle 5.
Streckmetall.¹⁾

Nr.	Maschen- weite mm	Steg-		Gewicht kg/qm	Für 1 m Breite:		
		Breite mm	Stärke mm		Quer- schnitt qcm	Umfang der Stege cm	Tragkraft bei 1000 kg/qcm kg
8	75	6,0	3,0	4,34	7,20	56,0	7 200
9	75	4,5	3,0	3,15	3,60	40,0	3 600
10	75	6,0	4,5	6,25	7,20	56,0	7 200
11	75	4,5	4,5	5,00	5,40	47,6	5 400
12	150	6,0	3,0	2,04	2,40	24,0	2 400
13	150	6,0	4,5	3,12	3,60	28,0	3 600
14	150	4,5	3,0	1,45	1,80	20,0	1 800
15	75	3,0	3,0	2,17	2,35	32,0	2 350
16	75	3,0	2,0	1,25	1,60	26,6	1 600
17	75	8,0	5,0	9,00	10,60	69,0	10 600

Die Maschenweite wird in der Richtung der kleinsten Diagonale gemessen.

V. Asphalt.

§ 20. Der Rohstoff.

Mit Bitumen bezeichnet man gewisse in der Erde vorkommende Stoffe von brenzlich teerartigem Geruch, wie Erdöl, Bergteer, Asphalt usw. Je nach der Flüssigkeit oder auch Flüchtigkeit kann man die Bitumina in folgende Klassen einteilen:

¹⁾ Nach Angabe der Firma Schlüchtermann & Kremer in Dortmund.

1. die unter 200° C. und oft schon unter dem Siedepunkt des Wassers flüchtigen Stoffe (Naphtha, Petroleum),
2. die zwischen 200 und 250° C. flüchtigen Stoffe (Bergteer),
3. die über 250° C. flüchtigen Stoffe (Asphalt).

Asphalt (griech., Erdpech) ist ein Mineral, schwarz bis schwarzbraun, fettglänzend, undurchsichtig, brennbar und bei 100° C. schmelzbar; es riecht stark bituminös. Seine Härte ist 2, sein spez. Gewicht 1,1—1,2. Asphalt besteht aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und ist meist durch Aufnahme von Sauerstoff aus Erdöl entstanden. Erdöl oxydiert sich in den der Luft zugänglichen oberen Gebirgslagen sehr bald, verliert seine flüchtigen Bestandteile, wird braun, dickflüssiger, spezifisch schwerer und verwandelt sich schließlich in Bergteer. Dieser befindet sich besonders in sandigen Schichten und lockeren Sandsteinen in der Nähe der meisten Erdölquellen. Wie den Sand, durchdringt Bergteer auch Kalkstein und bildet so den Asphaltstein, der sich unter anderem in Val de Travers, bei Seyssel an der Rhone, bei Ragusa in Sizilien, San Valentino in den Abruzzen, Lobsann im Elsaß und Limmer in Hannover findet. Der Asphaltstein von Seyssel enthält 6—8, der von Limmer 14, der aus dem Val de Travers 11—12% Asphalt. Der Bergteer, der das Gestein durchdringt, ist eine Mischung verschiedenartiger Körper. Daraus ergibt sich, daß nicht der zahlenmäßige Prozentgehalt allein für die Güte des Asphalts entscheidend ist.

§ 21. Asphaltwaren.

1. Asphaltpulver. Das mit Pulver oder Dynamit gesprengte Gestein wird zunächst in Stücke von 4—5 cm Durchmesser zerkleinert. Es geschieht dies meist durch Scherenbrecher (Fig. 37). Die zum Zerbrechen oder Zerschneiden dienende Schere wird aus Gußstahlstäben gebildet, wie die Zeichnung erkennen läßt. Das eigentliche Mahlen erfolgt auf Schleudermühlen (Fig. 38). Bei dieser Mühle bewegen sich zwei Scheiben mit großer Geschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung. An diesen Scheiben sind viele Stahlstäbe in verschiedener Entfernung von der Achse angebracht. Das in der Nähe der Achse eingebrachte Material wird durch die Zentrifugalkraft von innen nach außen getrieben, wird jedoch, ehe es den Durchgang vollendet, unzählige Mal durch die sich in entgegengesetzter Richtung bewegenden Stäbe mit großer Geschwindigkeit hin- und hergeschleudert und gelangt erst als Pulver nach außen.

2. Goudron. Unter Goudron versteht man gereinigte Bitumen, die namentlich als Flußmittel bei der Asphaltverwendung dienen. Goudron wird gewonnen aus Asphalt und einem Flußmittel durch längeres Aus-

kochen und Abdampfen. Man verwendet dazu meist Trinidad-Asphalt, entweder im rohen Zustande oder als Trinidad-Epuré, d. i. von Wasser und erdigen Bestandteilen teilweise befreiter Trinidad-Asphalt. Weil Goudron dem Bitumen des natürlichen Asphaltsteines möglichst gleichartig

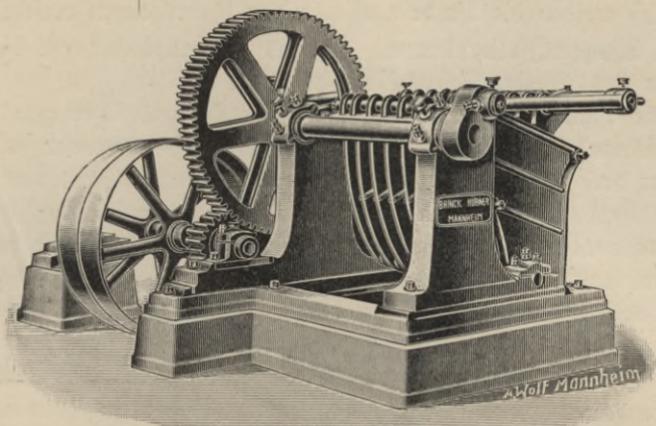


Fig. 37. Scherenbrecher.

sein soll, so wäre das beste Flußmittel gereinigter Bergteer. Dieser ist aber zu teuer; man benutzt daher meist andere geeignete Zusätze, z. B. Rückstände aus der Petroleumreinigung. Für Asphaltarbeiten geeigneter Goudron ist schwarz und glänzend; wenn man ihn in frischem Brunnenwasser auf etwa 8° abkühlt, muß er durch den Schlag des Hammers in Stücke zerspringen, während man ihn zwischen den Fingerspitzen vermöge der Blutwärme zu Fäden auszudehnen vermag. An die Flamme gehalten, muß die flüssige Masse ruhig, ohne Geräusch abtropfen, da jedes Knistern und Sprühen auf schädliche Teer- oder Pechzusätze schließen läßt.

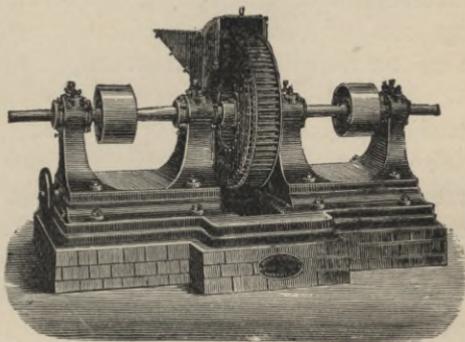


Fig. 38. Schleudermühle.

3. Asphalt-Mastix. Die Zubereitung des Asphaltpulvers zu Mastix erfolgt in einem mit Rührwerk versehenen Kessel. Die mit einem bestimmten Zusatz Goudron zu verkochende Mehlmenge wird nicht auf einmal, sondern nach und nach in den Kessel gebracht, und etwa 5—6 Stunden

einer Hitze von durchschnittlich 200° C. ausgesetzt, wobei die im Mehl enthaltenen Wasserteile und etwa vorhandenen flüchtigen, dem Mastig schädlichen Öle durch besondere Abzugskanäle entweichen. Die fertige Masse wird in eiserne Formen hineingebracht und mittels Spachtel verstrichen. Schließlich werden die Brode noch mit dem Fabrikzeichen versehen.

4. Asphalt-Folierplatten. Es sind Asphaltplatten mit biegsamen Einlagen aus Papier, Faserstoffen oder Blei.

Die Platten kommen entweder lose, auf Rundhölzer gerollt, oder flach aufeinandergelegt zur Versendung, wobei sie — um ein Zusammenbacken zu verhindern — durch eine Lage Papier oder Sand voneinander getrennt werden. Aus demselben Grunde ist es notwendig, die etwa aufzubewahrenden Platten in einem möglichst kühlen Raum so unterzubringen, daß die gerollten nicht auf-, sondern nebeneinander liegen und die lose versandten in Stößen von höchstens 10—12 Stück — durch dazwischen gestreuten Sand voneinander getrennt — aufgestapelt werden. Jede Belastung derartig gelagerter Platten durch irgend welche Materialien muß vermieden werden. — Beim Abdecken von Brückengewölben ist darauf zu achten, daß mit der laufenden Fertigstellung der Asphaltplattenabdeckung sofort eine etwa 5 cm hohe grobe Sandschicht aufgebracht wird, um Beschädigungen der Asphaltplatten durch scharfe Steinstücke usw. beim Befüllen zu verhüten.

a) Folierplatten mit Papier- oder Pappeneinlage sind zum Abdecken kleiner Bauwerke besonders geeignet. Die Abdeckung der Gewölbe usw. erfolgt in zwei Lagen derart, daß die Stoßfugen der unteren Lage von der oberen Lage überdeckt werden. Eine besondere Sorgfalt ist auf die Anschlüsse an Mauerwerk, Wasserausläufe usw. zu verwenden.

b) Folierplatten mit Einlagen aus Faserstoff sind gegen Zerreißen außerordentlich widerstandsfähig und dabei ungemein dehnbar. Diese Platten, bei denen die Einlagen auf beiden Seiten mit etwa 8 mm starkem Asphalt bestrichen werden, sind so zu verlegen, daß sie sich 7—10 cm überdecken. Die Überdeckungsstelle wird mit Klebeasphalt (Goudron) verbunden und das Ganze reichlich mit dieser Masse überstrichen. Eine solche Abdeckung kann bedeutende Erschütterungen und Ausreckungen aushalten, ohne dabei ihre Wasserdichtigkeit zu verlieren.

c) Folierplatten mit Bleieinlagen (A. Siebels Patent) bestehen aus einer Bleieinlage mit 2 Asphaltschichten; sie sind bis 15 m lang bei verschiedener Breite und Dicke. Bei der Verwendung werden die Asphaltschichten 5—6 cm lang vom Blei entfernt und dann die 3 Lagen der einen Rolle abwechselnd auf die entsprechenden 3 Lagen der Nebenrolle mit heißem Asphalt draufrecht geklebt und fest, glatt an-

gedrückt. Die Unterlage muß, wie für alle Folierplatten, möglichst glatt sein.

5. Asphaltwegeplatten. Asphaltpulver wird in sich drehenden Trommeln über Feuer erhitzt und dann in einer Form (25×25 cm) unter hohem Druck zusammengepreßt. Die fertig gepreßten Platten werden bei Fahr- oder Fußwegen auf eine Betonunterlage in Verband verlegt. Die Fugen zwischen den einzelnen Platten werden entweder durch Bestreichen mit Asphaltmastix gedichtet oder dadurch, daß man Asphaltpulver einstreut, welches sich allmählich in eine steinähnliche Masse verwandelt. Damit die Platten nicht nur an einzelnen Stellen ihrer Unterlage aufliegen, erwärmt man sie auf Plattendarren (Fig. 39) vor dem Verlegen so weit, daß sie sich den Unebenheiten der Unterlage anpassen, oder verlegt sie in eine dünne Schicht Sand oder Asphaltpulver.

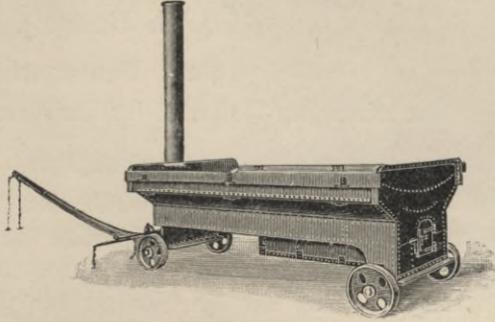


Fig. 39. Asphalt-Plattendarre.

§ 22. Guß- und Stampfasphalt.

Gußasphalt für Fußwege. Etwa 100 Teile Asphaltmastix und 6 Teile Goudron werden bei 100° C. geschmolzen, alsdann werden etwa 33 Teile Kies zugesetzt. Nachdem die Mischung gründlich durcheinander gearbeitet ist, wird die breiartige Masse mittels Schöpflöffel auf eine Betonunterlage in einer Stärke von 2—3 cm ausgebreitet. Vor dem Erkalten ist der Belag mit Zement vermischem Sande gründlich abzureiben.

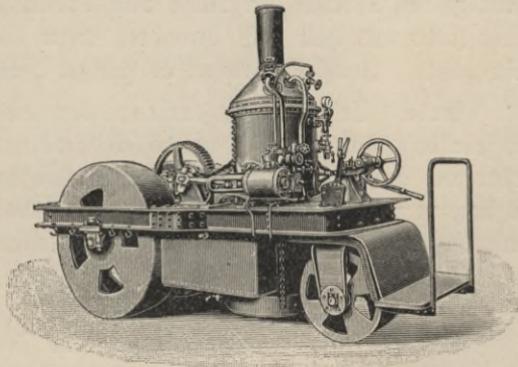


Fig. 40. Asphaltwalze mit Dampfbetrieb.

Stampfasphalt für Fahrwege wird wie folgt bereitet: Asphaltpulver wird auf der Baustelle in Trommeln, welche sich über dem Feuer

drehen, oder in feststehenden Darren erhitzt, dann auf die aus Zementbeton bestehende Unterlage gebracht und mit der Handramme festgestampft oder mit heißen Walzen abgewalzt (Fig. 40) und mit heißen Bügeleisen gebügelt.

VI. Bauholz.

§ 23. Bauholzarten.

Die wichtigsten Holzarten für Tiefbauten sind:

1. Laubhölzer.

Eiche (Sommer- oder Stieleiche und Winter- oder Steineiche) ist das wertvollste Bauholz für den Tiefbau überhaupt. Eichenholz ist sehr dauerhaft; es wird besonders dort angewandt, wo große Druckfestigkeit erforderlich ist und wo die Einflüsse der Feuchtigkeit nicht abgehalten werden können. Es dürfen jedoch nicht zu lange Schnitthölzer und breite Bretter angewandt werden, weil das Holz selten gerade gewachsen ist und deshalb große Neigung zum Werten hat.

Rotbuche. Unter Wasser ist zwar das Holz sehr dauerhaft, aber den Wechsel von Nässe und Trockenheit verträgt es nicht gut; ganz im Trocknen ist es dem Insektenfraß ausgesetzt und wird brüchig; ob trocken oder frisch verarbeitet, das Holz reißt und wirft sich. Buchenholz eignet sich besonders für solche Bauteile, die ständig unter Wasser stehen, auch für Brückenbahnen, welche einem starken Verkehr ausgesetzt sind.

Ulme oder Rüster ist überall trefflich zu verwenden. Das Holz verträgt den Wechsel der Nässe und Trockenheit sehr gut, verzieht sich nicht leicht und hält sich, besonders unter Wasser verbaut, beinahe wie Eichenholz. Vorzüglich eignet es sich zu Pfählen.

Erlc. Erlenholz ist leicht zu bearbeiten, aber seine Anwendung ist sehr beschränkt, weil es abwechselnde Nässe und Trockenheit nicht verträgt und außerdem von Insekten leicht angegriffen wird, dagegen hält es sich, in feuchter Erde oder im Wasser verbaut, sehr gut und ist nächst dem Eichenholz das beste Material zu Pfählen.

2. Nadelhölzer.

Lärche. Das Lärchenholz ist, was Festigkeit und Dauer angeht, allen anderen einheimischen Nadelhölzern unbedingt vorzuziehen. Es widersteht der abwechselnden Nässe und Trockenheit besser als Kiefern- und Fichtenholz; unter Wasser wird es mit der Zeit steinhart und unterliegt selbst im Trocknen nicht leicht den Angriffen der Insekten und

nur wenig dem Werfen und Reißen. Die Heimat der Lärche soll nach Vitruvius in den Alpen zu finden sein.

Kiefer (Föhre), vorzüglich im Trocknen, sowie unter Wasser, auch verhältnismäßig dauerhaft im Wechsel von naß und trocken, daher für Wasser- und Brückenbauten recht geeignet. Von Insekten wird es oft sehr stark angegriffen, so vom Borkenkäfer, noch schädlicher ist der Zweig-Bastkäfer und der Rüsselkäfer. Sonst leidet das Kiefernholz selten an größeren Krankheiten, wenn es nicht etwa auf nassem Boden gewachsen ist, wo dann leicht die Rotfäule entsteht.

Fichte (Rottanne). Als Bauholz ist die Fichte durch ihren regelmäßigen und langschäftigen Wuchs sehr geschätzt. Das Holz ist im Trockenen und ganz unter Wasser haltbar, dagegen nicht im Wechsel von naß und trocken.

Tanne (Weißtanne). Als Bauholz wird das Tannenholz weniger geschätzt als das Holz der Fichte, da es nur geringe Festigkeit besitzt und eine kurze Dauer hat. Wegen des geringen Harzgehaltes verträgt dieses Holz abwechselnde Nässe und Trockenheit fast gar nicht.

Anderere einheimische Hölzer, wie Esche, Weißbuche, Pappel usw., werden nur stellenweise als Bauhölzer verwendet. Von ausländischen sind noch zu nennen:

Pitchpine (Pechkiefer) von Kanada, in jeder Hinsicht vorzügliches Holz, zu manchen Zwecken dem Eichenholz gleichgeschätzt, dabei viel billiger als dieses. Das indische Tieholz, das Quebrachoholz vom Laplata, das Tallowholz von Australien, ferner die westaustralischen Harthölzer Karri und Jarrah, alles Hölzer von ausgezeichneten Eigenschaften für alle Bauzwecke, die drei letztgenannten namentlich für Pflasterungen sehr geeignet.

§ 24. Bau und Gefüge des Holzes.

Das Holz besteht aus Zellen, das sind kleine walzenförmige Bläschen, die mit einer wässerigen Flüssigkeit — dem Zellsaft — gefüllt sind. Eine große Zahl gleichartiger Zellen schließt sich zusammen zu Zellgeweben. Man unterscheidet Bildungszellen und Dauerzellen. Die Bildungszellen spalten sich und bilden neue Zellen, teils Bildungs-, teils Dauerzellen. Die Dauerzellen wachsen, indem der Zellsaft die Zellhaut verdickt. Ist der Zellsaft aufgebraucht, so erlischt die Lebenstätigkeit der Zelle, das Holzgewebe hat die Grenze seines Wachstums erreicht, es ist reifes Holz — Reifholz — oder, wenn es seine Farbe änderte, Kernholz geworden, während das noch in der Bildung begriffene Holz Splintholz genannt wird.

Alljährlich setzt sich die neue Holzmasse in Form eines dünnen Mantels auf dem vorjährigen Holze unter der Rinde an. Ein solcher „Jahresring“ ist leicht zu erkennen an dem weicheren und lockeren

Frühjahrs- und dem dichteren und meist dunkler gefärbten Herbstholze. — Vom Mark zur Rinde laufen die Markstrahlen oder Spiegel; sie erscheinen im Querschnitt des Holzes als Linien, in den Spaltflächen als Bänder, welche gewöhnlich glänzen und spiegeln und daher der Spaltfläche auch den Namen Spiegelfläche verleihen. Man unterscheidet Hauptmarkstrahlen, die von Mark bis Rinde gehen, und Nebenmarkstrahlen, die in der Mitte der Holzmasse entweder aufhören oder dort erst beginnen.

Das Gefüge des Holzes zeigt sich in den drei Schnitten: Der Hirschnitt (Querschnitt), winkeltrecht zur Stammachse, zeigt das Mark, den Kern und Splint, die Jahresringe und Markstrahlen; der Radialschnitt, durch die Achse gelegt, zeigt u. a. die Markstrahlen als Spiegel; der Sehnenchnitt, durch die Sehne parallel zur Achse gelegt, zeigt wie auch der Radialschnitt die Jahresringe als Längsstreifen. Nach diesen drei Schnitten unterscheidet man die Flächen eines Holzstückes in „Hirnholz“, „Spiegelholz“, „Langholz“. Aus dem Bau und Gefüge des Holzes ergeben sich nun dessen Eigenschaften und Regeln für seine Bearbeitung und Erhaltung.

§ 25. Allgemeine Eigenschaften des Holzes.

1. Schwinden und Quellen. Beim Austrocknen des gefällten Baumes zieht sich das Holz zusammen, es schwindet. Je saftreicher und je weniger verholzt die Zellen sind, um so größer ist das Schwinden. Splintholz schwindet mehr als Kernholz. Aus der länglichen Form der Zellen ergibt sich, daß das Holz weniger in der Richtung der Zellen oder der Stammachse als in der Querrichtung des Stammes schwindet. Die Schwindmaße der wichtigsten Bauhölzer sind nachstehend zusammengestellt.¹⁾

Tabelle 6.

Schwindmaße der wichtigsten Bauhölzer.

Holzarten	Das Holz schwindet in der Richtung		
	der Achse %	des Durchmessers %	der Sehne %
Eiche, jung	0,400	3,90	7,55
Eiche, 300 Jahre altes Bauholz	0,130	3,13	7,78
Erle	0,369	2,91	5,07
Fichte (Rottanne)	0,076	2,41	6,18
Kiefer (Föhre)	0,120	3,04	5,72
Lärche	0,075	2,17	6,32
Rotbuche	0,200	5,03	8,06
Tanne (Weißtanne), jung	0,122	2,91	6,72
Ulme	0,124	2,94	6,22

¹⁾ Hütte (20. Aufl.).

Getrocknetes Holz nimmt leicht Wasser, namentlich die Feuchtigkeit aus der Luft, wieder auf und dehnt sich dadurch wieder aus — es quillt. Junges Holz (Splint) fängt mehr Dunstfeuchtigkeit auf als älteres, inneres (Reif- oder Kernholz), porenreiches lebhafter als porenarmes. Nach dem Trocknen zieht es sich wieder zusammen. Dieses Quellen und Schwinden nennt man das „Arbeiten“ des Holzes.

2. Reißen und Werfen. Eine ungleiche Schwindung bewirkt ein Reißen oder Werfen des Holzes. Der ganz gelassene Baumstamm reißt im Splint, weil der Splintring sich mehr zusammenzieht als das Kernholz. Um das Reißen tunlichst zu verhüten, zertrennt man oft den Baumstamm vor dem Austrocknen in Halbhholz, Kreuzholz, Bohlen, Bretter, Latten. Auch Bohlen und Bretter können beim Trocknen noch reißen, namentlich dann, wenn sie so aufgestapelt sind, daß Sonne und Luft die Hirnflächen mehr treffen als das Langholz. Man sucht alsdann die Kopfsenden des Holzes durch Aufnageln von Brettstücken, Pappe u. dergl. oder durch Bestreichen mit dicker Ölfarbe vor zu raschem Austrocknen zu schützen. Bohlen und Bretter, welche aus dem Kern geschnitten sind, bleiben beim Trocknen eben, weil ihr Schwinden an den gegenüberliegenden Seiten gleichmäßig erfolgt, während dieselben, wenn sie nicht aus dem Kern geschnitten sind, an der dem Splinte zugekehrten „linken“ Seite mehr schwinden als an der „rechten“ (Kern-) Seite und deshalb nach der ersteren hin hohl, nach der letzteren hin erhaben werden. Balken, die auf der einen Seite mehr Splint haben, werden sich krümmen oder ziehen. Bei einseitigem Druck ist die Kernseite womöglich dem Drucke entgegen zu legen, z. B. bei Balken und Bohlen, die an beiden Enden frei aufliegen, nach oben.

3. Festigkeit und Biegsamkeit. Über die Festigkeit und Elastizität der Bauhölzer ist in § 38 Näheres angegeben. Junges Holz, frisch gefällt, ist am biegsamsten. Holz wird durch Wasserdampf ganz erweicht; es läßt sich dann in jede Form biegen und behält diese nach dem Trocknen auch bei.

4. Spaltbarkeit. Aus dem strahligen Bau des Holzes folgt, daß die Spaltbarkeit in der Richtung der Markstrahlen am größten ist, während das Trennen der Fasern nach jeder anderen Richtung größeren Widerstand findet. Beim Sehnenschnitt müssen die Spiegelfasern, beim Hirnschnitt die Holzfasern, welche nach der Längenrichtung des Stammes sich ineinander schieben, zerrissen werden. Der Widerstand gegen das Spalten ist im Sehnenschnitt meist $1\frac{1}{3}$ — $1\frac{1}{2}$ mal so groß als in der Fläche der Spiegel. Schwerspaltig sind: Weißbuche, Ulme, Esche; ziemlich leichtspaltig: Lärche, Erle, Kiefer und Eiche; sehr leichtspaltig ist Pappel.

5. Härte. Nach der Härte ordnen sich die Hölzer wie folgt. Hart sind: Eiche, Rotbuche, Ulme; halbhart: Erle, Lärche und Kiefer; weich: Tanne, Fichte, Linde, Pappel und Weide. Die Härte der einzelnen Hölzer wechselt mit dem Standorte, Klima usw.

6. Spezifisches Gewicht. Dasselbe ist bei demselben Holze verschieden, je nach dem Grade der Trockenheit. Allgemein enthält grünes Holz bis 37% Wasser und ist 33 bis über 50% schwerer als ausgetrocknetes Holz.¹⁾ Das spezifische Gewicht der verschiedenen Bauhölzer ist in § 37 angegeben.

§ 26. Fehler und Krankheiten.

Fehler sind solche Schäden und Beschaffenheiten, welche das Holz für gewisse Verwendungen untauglich machen. Bei den Krankheiten findet eine Zersetzung der Holzfasern statt. Die häufigsten Fehler und Krankheiten sind:

1. Krumme Holzfasern: Drehwüchsig nennt man ein Holz, das schraubenförmig gewundene Holzfasern hat. Dieses Holz wirkt sich stark, reißt leicht und hat im geschnittenen Zustande nur geringe Tragfähigkeit. Man erkennt diesen Fehler gleich an der Rinde, welche gewundene Längsrisse zeigt. Drehwuchs findet sich hauptsächlich an Fichten, Tannen und Ulmen. — Wellenförmige Faser tritt in zwei Arten auf. Entweder zeigen sich die Fasern im Querschnitt oder im Längsschnitt des Holzes. Die erste Art ist am Baume von außen nicht zu sehen, die zweite Art kann jedoch häufig am Fuße von starken Buchen mit ringsum laufenden Schwielen wahrgenommen werden. — Gänzlich verworren sind die Fasern beim sog. Maserwuchs, den wir an vielerlei Holzarten finden. — Strauchwuchs, Kollerwuchs nennt man die Neigung der Bäume, unter gewissen Verhältnissen von Lage und Boden, statt einen regelmäßigen Stamm zu bilden, sich vielfach zu verzweigen, so daß sie fast kein einziges geradfaseriges Stück liefern. — Astknoten sind lebend oder abgestorben eingewachsene längere oder kürzere Aststummel, die mit besonders schweren, harten Jahresringen umgeben sind.

2. Unregelmäßige Jahresringe: Exzentrischer Wuchs findet sich häufig bei Nadelhölzern, welche am Rande eines Waldes stehen. In den meisten Fällen ist der Fehler von keiner besonderen Bedeutung für die technische Verwendung des Holzes. — Ungleiche Ringbreite. Dichtes Holz schwindet weniger als lockeres; daher bildet sich zwischen einem schmalen und einem breiten Jahresring gern eine Ringkluft.

¹⁾ Hütte (20. Aufl.).

Mitunter bildet sich in der Mitte ein loser Zapfen, z. B. an der Fichte, nachdem im Schatten dichtes Holz entstanden war und bei Freistand sich breite Ringe abgelagert hatten. — Mondring nennt man einen bei Eichen nicht seltenen Fehler. Er besteht darin, daß ein oder mehrere Jahresringe oder auch nur Teile derselben eine abweichende, bald hellere, bald dunklere Färbung als die übrigen Holzlagen haben. In der Regel sind die dunkleren Ringe schädlicher als die hellen. — Brüchig, brausch oder sproß nennt man ringporige Hölzer von niedrigem spezifischem Trockengewichte mit sehr breiten oder sehr engen Ringen und leichter, lockerer Masse, von unansehnlicher, oft ungleichmäßiger Farbe. Holz dieser Art trocknet rasch aus, und ist daran zu erkennen, daß es Wassertropfen begierig aufsaugt.

3. Risse: Luftrisse. Beim Trocknen der Stämme schwindet zuerst die Oberfläche, und es können die äußeren Lagen den Kern nicht mehr vollständig umschließen, es bilden sich Luftrisse. Dieser Fehler kommt bei allen Nadelhölzern bei unbehutsamem Austrocknen, bei der Eiche jedoch auch bei der vorsichtigsten Behandlung vor. — Kernrisse oder Uhrzeiger nennt man Risse, die von der Markröhre ausgehen und sich wie ein unregelmäßiger Stern ausbreiten. — Eisklüfte entstehen, wenn durch starke Kälte die ihr am meisten ausgesetzten äußeren Jahresringe zusammengezogen werden, während die vor Kälte geschützten inneren Ringe ihren gewöhnlichen Umfang behalten, und diese daher nicht mehr umschließen können. Sie sind den Luftrissen ähnlich, halten aber seltener die Richtung der Markstrahlen ein. Sie werden meistens bei Eichen und Linden vorgefunden.

4. Fäule: Astfäule nennt man Faulstellen am Stamme, welche von krankhaften oder verstümmelten Ästen herrühren. Die Stellen, wo Äste dicht am Stamme abgebrochen sind, werden überwallt, d. h. die neu entstehenden Jahresringe überwachsen die offene Stelle von allen Seiten. Bleibt ein längerer und starker Aststummel stehen, so ist die Überwallung nicht möglich, bevor nicht der Ast ganz abgebrochen ist. Dann aber ist die Fäulnis (Bildung von Schwämmen usw.) meist schon aus dem Aste in den Stamm übergegangen. Findet noch eine Überwallung statt, so wird die Schwammbildung unterdrückt, es gibt dann nur faule Aststellen; wird dagegen die Überwallung durch Schmarotzerbildung gehindert, so geht die Fäulnis im Stamm immer weiter abwärts und macht zuletzt den Stamm hohl. — Rotfäule. Man kann die Krankheit als hochgradige aber verhältnismäßig langsame Zersetzung des Holzes betrachten, in deren Folge das Kernholz eine rotbraune Farbe erhält, an Härte, Gewicht und Zusammenhang verliert, Fäulnisgeruch annimmt und schließlich

in eine zerreibliche, pulverförmige Masse zerfällt. — Weißfäule entsteht auf ähnliche Art, nur ist der Grad der Fäule bedeutender; sie wird durch eine weiße Farbe bemerkbar, zeigt sich in allen Theilen des Stammholzes, denn sie findet sich sowohl in der Mitte des Stammes, als auch in den jüngeren Holzschichten desselben.

Außer den aufgeführten Fehlern und Krankheiten sind noch zu erwähnen: Der Wurmfraß und der Hausschwamm.

§ 27. Kennzeichen guter Bauhölzer.

1. Sichtbare Zeichen. Gleichmäßige Breite der Jahresringe ist im allgemeinen bei jeder Holzgattung eine willkommene Erscheinung, weil sie jederzeit auf eine gute Verbindung der einzelnen Lagen unter sich schließen läßt. Beim Nadelholz zieht man meist das gleichmäßige feinfaserige Holz, in welchem der innere, weichere Teil der Jahresringe mehr zurücktritt, sowohl zu Schnittwaren, als auch zu anderen Zwecken vor, weil es stetiger, elastischer, dauerhafter und von schönerem Aussehen ist. Beim Laubholz mit grobporigen Frühlingsschichten sind die breiten Jahresringe den schmalen insofern vorzuziehen, als sich bei jenen die porösen Streifen zwischen den einzelnen Holzlagen weniger oft wiederholen. — Die Durchscheinbarkeit einer dünnen Querscheibe frischen Holzes läßt leicht die Gesundheit des Holzes erkennen, indem kranke Stellen nicht durchscheinend zu bleiben pflegen.¹⁾ — Zu der Beurteilung der Fällzeit ist zu bemerken, daß bei Hölzern von der Winterfällung die Rinde fest haften bleibt, bei solchen, die in der Saftzeit geschlagen sind, sich dagegen leicht ablöst. Auch durch die Jodprobe kann die Fällungszeit eines Holzes festgestellt werden, indem das Winterholz wegen der Reservestärke dabei eine blaue Färbung annimmt.

2. Hörbare Zeichen. Unterlegt man einen Baumstamm und klopft an die Hirnfläche des Baumes (Wurzelseite), so wird man bei gesundem, gutem und trockenem Holze auch den leiftesten Schlag am entgegengesetzten Ende (Kopfsende) hell und deutlich hören. Ist der Klang hohl, oder hört man den Schlag gar nicht, so kann man auf anbrüchiges oder sonstwie schadhafte Holz schließen.

3. Bohrprobe. Den besten Aufschluß über die Beschaffenheit des Holzes erhält man durch die Bohrprobe. Man bohrt den Baum dicht über der Wurzel oder an sonst verdächtigen Stellen mit einem Holzbohrer bis an das Mark an und untersucht die zutage geförderten Späne. Geht dabei der Bohrer hart in das Holz hinein, schreit er beim Drehen und

¹⁾ Nördlinger, Dr., Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer.

zieht man gesunde, der natürlichen Farbe und dem Geruch des Holzes entsprechende Späne aus dem Bohrloche, so kann man den Baum für gesund halten; bringt man aber verdorbene, andersfarbige, übelriechende oder geruchlose Späne zum Vorschein, so sind dies Zeichen der Verderbnis des Holzes.

§ 28. Gewinnung und Bearbeitung des Holzes.

1. Fällen des Holzes. Als die beste Fällzeit gilt der Winter, ja es sollen die im Dezember, also zur Zeit der ruhenden Lebenstätigkeit des Baumes (in der Wadelzeit) gefällten Hölzer eine höhere Festigkeit und längere Dauer zeigen, als die unter gleichen Umständen im November oder Februar gefällten Bäume. Ein Spruch der mittelalterlichen Werkmeister lautete:

Wer sein Holz um Christnacht fällt,
Dem sein Gebäude zwiefach hält.

Beim Fällen des Holzes ist zunächst die Richtung festzustellen, in welcher der Baum fallen soll, damit der zu fällende Baum weder die Nachbarbäume beschädigt, noch seine Abfuhr aus dem Walde behindert. Nunmehr wird der Stamm in der gewählten Richtung eingekerbt, auf der entgegengesetzten Seite mit der Säge eingeschnitten und mit Hilfe von Keilen, welche in den Sägespalt eingetrieben werden, zu Fall gebracht. In Amerika wird der zu fällende Baum auch mit einem elektrisch glühend gemachten Platindraht durchschnitten und in Galizien werden Bäume durch Anbohren mittels elektrisch betriebenen Bohrers gefällt. — Nach dem Fällen wird der Baum gezopft, d. h. alle nicht als Bauholz geeigneten Teile werden abgehauen und die größeren Äste abgesägt. Der gezopfte Baum hat dann ein Zopfende (Wipfelende) und ein Wurzelende (Stammende).

2. Zertrennen der Hölzer erfolgt meist mittels Sägen. Die wichtigsten Holzsägemaschinen sind:

Gatter Sägen, diese werden einzeln oder in größerer Zahl in einem vertikal oder horizontal hin- und hergehenden Rahmen (Gatter) eingespannt. Man unterscheidet Vertikal- und Horizontalgatter und, je nachdem die Säge in der Mitte oder an der Seite des Rahmens sitzt, Mittel- und Seitengatter. Ein Gatter mit 1—3 Sägen heißt Saumgatter, und bei einer größeren Anzahl Sägen nennt man es Vollgatter.

Kreis Sägen, mit kreisrunden Sägeblättern von 0,1—2,0 m Durchmesser, werden zum Lang- und Quersägen, namentlich zur Herstellung schwacher Bauhölzer benutzt. Da die Kreis Sägen nicht, wie die Gattersägen, gespannt sind, so müssen sie eine beträchtliche Dicke haben

und geben daher eine Schnittfuge von größerer Breite als jene. Bei den Kreis Sägen zum Querschneiden (Kappsägen) können die Sägen senkrecht oder wagerecht verschoben oder pendelartig bewegt werden.

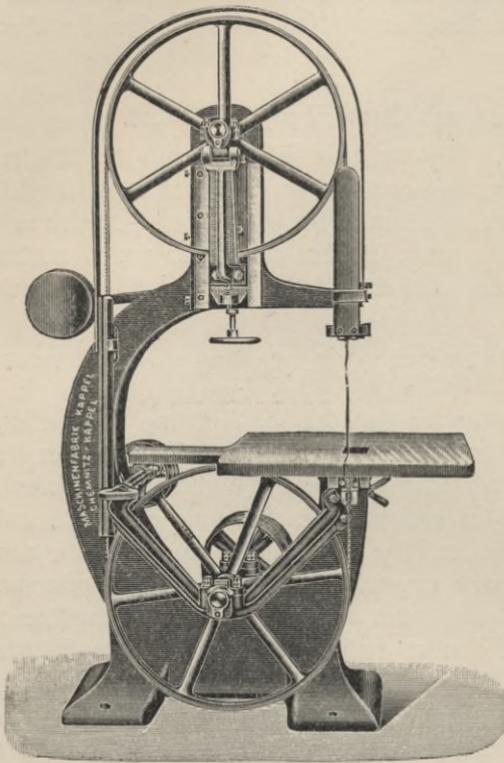


Fig. 41. Bandsäge.

Bandsägen haben ein bandförmiges Sägeblatt ohne Ende, welches treibriemenartig über zwei sich in derselben Richtung bewegende Rollen gespannt ist und an der Schnittstelle durch kleine Leitrollen geführt wird. Zum Schneiden benutzt man in der Regel nur das absteigende Band (bei liegenden Bandsägen das untere) und stellt dementsprechend die Zähne. Die Bandsäge hat wie die Kreis säge stetige Wirkung und ist im Unterschied zu jener für die dicksten Hölzer zweckmäßig verwendbar. Das Sägeblatt ist dünn, der Schnittverlust daher gering (Fig. 41).

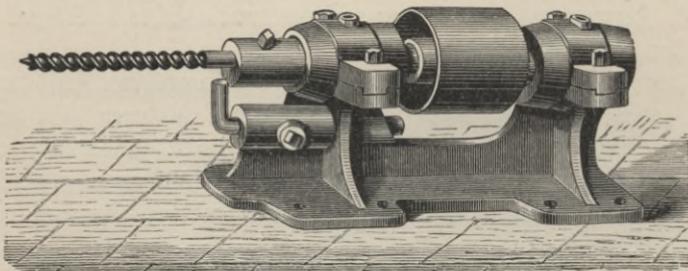


Fig. 42. Bohrmaschine.

3. Abrichten der Hölzer. Das Abrichten der Schnitt hölzer erfolgt meist mit Maschinen, seltener mit der Hand. Eine Holzabrichtemaschine

besteht im wesentlichen aus einer sich rasch drehenden Messerwelle, an der das Arbeitsstück in passender Weise vorbeigeführt wird. Je nach der Form der Messer und dem Zweck der Maschine unterscheidet man Hobel-, Fräs-, Nut-, Spund-, Kehlmaschinen usw. Lächer und Zapfen werden mittels Bohr-, Langlochbohr-, Stemm- und Zapfenschneidmaschinen hergestellt (Fig. 42).

§ 29. Handels-Bauholz.

1. Das Bau-Rundholz (Langholz, unbechlagenes Ganzholz) zerfällt nach der Stärke und Länge in folgende Arten.¹⁾

Art	Zapfdurchmesser	Länge
	cm	m
Außergewöhnlich starkes Holz	35 und mehr	14 und mehr
Gewöhnliches starkes Holz	25—35	12—14
Mittelbauholz (Riegelholz)	20—25	9—12
Kleinbauholz (Sparrholz)	15—20	9—11
Bohlstämme	13—15	7— 9
Lattstämme	8—13	7— 9

Die Zunahme der Stärke soll vom Zapfende an für 1 m Länge betragen: bei Nadelhölzern 1,0—1,5 cm; bei Laubhölzern 1,5—2,5 cm.

2. Das Bau-Randholz (Verbandholz) ist im Handel in allen Abmessungen von 8×8 bis 28×30 cm erhältlich. Im Jahre 1898 hat der Innungsverband deutscher Baugewerkmeister unter Zustimmung der deutschen staatlichen und städtischen Behörden folgende Normalien aufgestellt:

a) Normalprofile für Bauhölzer in Zentimetern.

Tabelle 7.

8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
$\frac{8}{8}$	$\frac{8}{10}$	$\frac{10}{12}$	$\frac{10}{14}$	$\frac{12}{16}$	$\frac{14}{18}$	$\frac{14}{20}$	$\frac{18}{22}$	$\frac{18}{24}$	$\frac{20}{26}$	$\frac{22}{28}$	$\frac{24}{30}$
—	$\frac{10}{10}$	$\frac{12}{12}$	$\frac{12}{14}$	$\frac{14}{16}$	$\frac{16}{18}$	$\frac{16}{20}$	$\frac{18}{22}$	$\frac{20}{24}$	$\frac{24}{26}$	$\frac{26}{28}$	$\frac{28}{30}$
—	—	—	$\frac{14}{14}$	$\frac{16}{16}$	$\frac{18}{18}$	$\frac{18}{20}$	$\frac{20}{22}$	$\frac{21}{24}$	$\frac{26}{26}$	$\frac{28}{28}$	—
—	—	—	—	—	—	$\frac{20}{20}$	—	—	—	—	—

¹⁾ Hütte (20. Aufl.).

b) Normalien für Schnittholz (Bretter, Bohlen, Pfosten, Latten). In Längen von 3,5, 4, 4,5, 5, 5,5, 6, 7 und 8 m. In Stärken von 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 und 15 cm. Befäumte Bretter in Breiten von Zentimeter zu Zentimeter steigend.

c) Widerstandsmomente der rechteckigen Balkenquerschnitte.

Tabelle 8.

Breite b cm	Höhe h in Zentimetern:											
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
8	85	133	192	261	341	432	533	645	768	901	1045	1200
10	107	167	240	328	427	540	667	807	960	1127	1307	1500
12	128	200	288	392	512	648	800	968	1152	1352	1568	1800
14	149	233	336	457	597	756	933	1129	1344	1577	1829	2100
16	171	267	384	524	683	864	1067	1291	1536	1803	2091	2400
18	192	300	432	588	768	972	1200	1452	1728	2028	2352	2700
20	213	333	480	653	853	1080	1333	1613	1920	2253	2613	3000
22	235	367	528	720	939	1188	1467	1775	2112	2479	2875	3300
24	256	400	576	784	1024	1296	1600	1936	2304	2704	3136	3600
26	277	433	624	849	1109	1404	1733	2097	2496	2929	3397	3900
28	299	467	672	916	1195	1512	1867	2259	2688	3155	3659	4200
30	320	500	720	980	1280	1620	2000	2420	2880	3380	3920	4500

Die Normalprofile sind fett gedruckt.

Soll aus einem Rundholz von dem Durchmesser d ein rechteckiger Balken von der relativ größten Tragfähigkeit geschnitten werden, so muß dessen Breite $b = d\sqrt{1/3}$ und dessen Höhe $h = d\sqrt{2/3}$ genommen werden. Es verhält sich alsdann $b : h = 1 : \sqrt{2}$, angenähert 5 : 7. Ein solcher Balken besitzt 0,652 der Tragkraft vom zugehörigen Rundholz. Wird der Balken nicht scharfkantig, sondern waldb- oder wahnkantig, so ist seine Tragfähigkeit größer; sie beträgt bei einem Balken, dessen Waldfanten je ein Sechzehntel, zusammen also ein Viertel des Stammumfangs ausmachen, rund 90% von der des zugehörigen Rundholzes.

3. Bedingungen über die Lieferung von Bauhölzern.¹⁾

a) Beschaffenheit im allgemeinen. Alles zu verwendende Holz muß von gesunden, außer der Saftzeit gefällten Bäumen stammen. Es muß frisch, trocken, kernig, gerade gewachsen, sowie ohne Astlöcher, Eisklüfte, Risse, Wurmfraß, blaue Flecken, Rot- oder Weißfäule und

¹⁾ Nach Doppermann, L., Allgemeine und technische Bedingungen für Ingenieurbauten.

ohne andere Fehler sein. — Buchenholz soll, abweichend von den übrigen Holzarten, stets ganz frisch, entweder nach dem Bedarfe des fortschreitenden Baues geschnitten angeliefert, oder aber auf der Baustelle kurz vor der Verwendung beschlagen oder geschnitten werden.

b) Rundhölzer und Rundpfähle sollen sich vom Stammende bis zum Zapf gleichmäßig, aber nur wenig (nicht über $1\frac{1}{2}\%$) verjüngen. Sie dürfen keinen dicken Splint haben und weder nach zwei verschiedenen Seiten hin gekrümmt sein, noch gedrehten Wuchs zeigen. Rundhölzer mit einseitiger Krümmung, deren Pfeil nicht mehr als $\frac{1}{100}$ der Länge des Stückes beträgt, können unter Umständen abgenommen werden. Das Stammende der Rundhölzer muß rechtwinklig zur Längsachse abgeschnitten sein. Den geforderten Durchmesser sollen die Hölzer, von der Rinde befreit, in der Mitte ihrer Länge haben.

c) Bahnkantige, geschnittene Hölzer müssen überall die vorgeschriebene Breite und Höhe haben, brauchen aber nur auf $\frac{2}{3}$ ihrer Länge, vom Stammende an gemessen, vollkantig zu sein und dürfen im übrigen Drittel Bahnkanten, jedoch höchstens von 4 cm, parallel der Diagonale gemessen, haben. Ausnahmen sind besonders zu vereinbaren.

d) Kantige Hölzer müssen genau die vorgeschriebenen Abmessungen (ohne Abzüge für Sägeschnitte) haben, möglichst nach der Faserrichtung gerade geschnitten sein und scharf rechtwinklige Kanten zeigen. Nur höchstens in einer der Kanten darf eine Bahnkante von 3 cm Breite vorkommen.

e) Bohlen und Bretter müssen möglichst astfrei und durchaus vollkantig sein, sowie genau die vorgeschriebenen Längen und Dicken haben. Jede Bohle oder jedes Brett soll von gleicher Breite, jedoch nicht breiter als 30 cm sein.

Schalbretter müssen vollständig trocken und fehlerfrei sein. Sie sollen nicht mehr als $17\frac{1}{2}$ und nicht weniger als $11\frac{1}{2}$ cm Breite, gewöhnlich aber $2\frac{1}{2}$ cm Dicke haben.

§ 30. Erhaltung der Hölzer.

Gefällte Hölzer, welche in erhöhter Temperatur (über 0°) der gleichzeitigen Einwirkung von Wasser und atmosphärischer Luft ausgesetzt werden, unterliegen einem allmählich fortschreitenden Zerstörungsprozesse: der Fäulnis, welche in der Zersetzung der Holzfaser durch Wasser, Luft und die Saftbestandteile des Holzes besteht. Man wirkt daher der Fäulnis des Holzes entgegen und verlängert dessen Dauer, wenn man seinen Wassergehalt beseitigt, den Zutritt der atmosphärischen Luft abschneidet

oder beschränkt und die zur Gärung geeigneten Saftbestandteile des Holzes entfernt. Man erreicht dieses durch:

1. Austrocknen des Holzes auf natürlichem oder künstlichem Wege,
2. Anstreichen oder Unterwassersezen des Holzes und
3. Auslaugen oder Durchtränken (Imprägnieren) des Holzes.

1. Das Austrocknen darf nicht zu rasch, aber auch nicht zu langsam geschehen, damit nicht die Fäulnis befördert werde. Es geschieht meistens und namentlich bei größeren Hölzern an der Luft auf natürlichem Wege, seltener auf künstlichem Wege in Trockenkammern unter Anwendung einer erhöhten Temperatur der Luft oder von überhitztem Dampf. Obgleich sich bezüglich des Grades der Austrocknung keine allgemein geltenden Regeln aufstellen lassen, so kann immerhin angenommen werden, daß — ohne Anwendung künstlicher Mittel — Laubhölzer von 20—30 cm Stärke in 1 Jahr, Eichen in 2 Jahren, Werkhölzer in 3 Jahren lufttrocken sind. Beim Schichten und Aufstapeln der Bretter in Magazinen, Schuppen und Holzplätzen ist stets darauf zu achten, daß beim Aufeinanderlegen derselben durch Zwischenlage von Latten der Luftzutritt ermöglicht werde, ferner daß die Kopfenden der Bretter gut aufliegen oder bedeckt werden, da sonst das Aufreißen befördert würde.

2. Anstreichen und Unterwassersezen. Anstriche bilden bei allen nicht ganz ausgetrockneten Hölzern ein sehr zweifelhaftes Sicherheitsmittel, weil dadurch das weitere Austrocknen erschwert wird. Man wendet daher bei Fahrbahnteilen, Trägern usw. bei Brücken gern luftgetrockenes Holz an, das man zum weiteren Schutz mit einem gut zu unterhaltenden Leer-, Karbolinum- oder Ölfarbenanstrich versieht. Oft bleibt auch eine Seite vom Anstrich frei.

Durch beständiges Unterwassersezen vermeidet man die Fäulnis beim Grundbau, also zu Schwellrosten, Pfahlrosten und Spundwänden verwendeten Hölzern, indem man dieselben unter dem niedrigsten Wasserstande anbringt.

3. Durchtränken. Zum Durchtränken (Imprägnieren) eignen sich vorzugsweise die porösen Nadelhölzer, wogegen das dichte Eichenholz ein tieferes Eindringen der Tränkungs-lauge nicht gestattet. Die Tränkungsflüssigkeiten haben den Zweck:

- a) die Saftbestandteile chemisch zu verändern, wie durch Anwendung einer wässerigen Lösung von Quecksilbersublimat oder von Kreosot;
- b) die Saftbestandteile auszutreiben und durch säulnischhindernde (antiseptische) Stoffe zu ersetzen, wie Kupfervitriol oder Zinkchlorid;
- c) die Saftbestandteile einzuhüllen und sie dadurch von dem Wasser und der Luft abzusondern, wie durch schwefelsauren Kalk oder Baryt.

VII. Eisen.

§ 31. Gewinnung und Bezeichnung des Eisens.

Die Entwicklung des Eisenbaues ist mit der Entwicklung der Eisenerzeugung auf das innigste verbunden. — Schon in den ältesten Zeiten war das Eisen bekannt. Aber die Völker des Altertums kannten nur schmiedbares Eisen — Schmiedeeisen — und solches, das sich härten ließ — Stahl. Sie erzeugten diese Eisensorten nur in kleinen Mengen unmittelbar aus leichtflüssigen Erzen durch Einsmelzen der letzteren bis zum teigförmigen Zustande. Erst im Mittelalter gelang es, auch Eisen in flüssiger Form — Roheisen — darzustellen, dieses durch Entziehung des Kohlenstoffes zu „frischen“ und somit Schmiedeeisen und Stahl von besserer Beschaffenheit und in größeren Blöcken zu gewinnen.

Die unmittelbare Gewinnung des schmiedbaren Eisens aus den Erzen erfolgte in kleinen, den Schmiedefeuern ähnlichen Herden — den Rennherden —, auf denen unter Anwendung schwacher, unvollkommener und durch Menschenhand betriebener Gebläse nur niedrige Hitzegrade erzeugt und nur kleine Mengen Eisen gewonnen werden konnten. Als man dazu überging, die Wasserkraft zur Bewegung der Blasebälge zu benutzen, erhielt man so viel und so stark gepressten Wind, daß man auch größere Öfen bauen konnte. In diesen 5—6 m hohen „Hochöfen“ wurde infolge der größeren Hitze des Schmelzraumes nicht mehr ein teigförmiges, stahlhaltiges Eisen, sondern auch ein flüssiges Roheisen erzeugt, das man im Anfang wahrscheinlich, weil es wie Schlacke abfloß, und weil bis dahin niemand flüssiges Eisen gesehen hatte, als verunreinigtes Eisen ansah und mit dem Erz zum nochmaligen Schmelzen oben aufgab. Man fand aber allmählich, daß das flüssige, für unbrauchbar gehaltene, nicht schmiedbare Eisen für sich allein vor dem Winde geschmolzen, ein gut schmiedbares Erzeugnis, sei es Eisen oder Stahl, lieferte und wurde so dazu geführt, das flüssige Eisen absichtlich darzustellen und durch nochmaliges Schmelzen vor dem Winde in weiches Eisen zu verwandeln. Auf diesem Wege gelangte man zu dem Verfahren der mittelbaren Eisenerzeugung: Die Roheisenerzeugung und das Frischen waren erfunden.

Neben den sich mehr und mehr verbreitenden Hochöfen wurden besondere Frischherde (Frischfeuer) angelegt, um das in jenen erzeugte Roheisen zu Schmiedeeisen und Stahl weiter zu verarbeiten. Die Umwandlung des (kohlenstoffreichen) Roheisens in (kohlenstoffarmes) Schmiedeeisen erfolgte im Frischherde, indem man ersteres tropfenweise vor dem Winde schmelzen ließ, wobei Silizium, Mangan und Kohlenstoff oxydiert

wurden, und indem man dieses Verfahren so oft wiederholte, bis diese Körper in gewünschtem Maße ausgeschieden waren.

Als Brennstoff dienten bis dahin Holzkohlen. Da aber die zunehmende Eisenerzeugung und somit der gesteigerte Bedarf an Holzkohle die Wälder immer mehr lichtete und zu einem fühlbaren Holz-mangel führte, so ging man dazu über, zur Erzeugung des Roheisens Koks und zur Gewinnung des Schmiedeeisens Steinkohlen in Anwendung zu bringen. So vorteilhaft sich auch der Koks im Hochofen verwerten ließ, so schädlich wirkten die Steinkohlen, hauptsächlich wegen ihres Schwefelgehaltes, auf die Beschaffenheit des gefrischten Schmiedeeisens, weil beim Frischen Eisen und Kohle in unmittelbare Berührung gelangten. Infolge dieser Notlage suchte man Öfen zu bauen, in denen Brennstoff und Eisen voneinander gesondert liegen und das Frischen des letzteren allein durch die aus der Steinkohle entwickelte Flamme bewirkt wurde: man erfand in England (1784) die Puddelöfen.

Eine völlige Umwälzung erhielt 1855 die Darstellung des schmiedbaren Eisens (Stahls) durch das „Bessemer-Verfahren“, welches nach dem Wortlaute des dem Erfinder Henry Bessemer erteilten Patents im wesentlichen in dem „Durchblasen von Luft durch flüssiges Roheisen bis zur Entkohlung zu Stahl und durch Ausgießen des Stahls in Formen“ besteht. Der große Wert des „Windfrischens“, wie man das Bessemer-Verfahren auch nennt, besteht darin, daß auf einfache Weise und mit verhältnismäßig geringen Kosten Eisen und Stahl in großen Mengen hergestellt werden können. Während in einem Puddelofen in 24 Stunden etwa 3000—4000 kg Eisen erzeugt werden können, liefert der zum Bessemern dienende Apparat in der gleichen Zeit wohl das zweihundertfache an Stahl oder Eisen. Dabei bedarf die Umwandlung des Roheisens in schmiedbares Eisen keines besonderen Brennmaterials. Es wird der drehbare Ofen — Konverter, Birne — mit flüssigem Eisen gefüllt und dann wird Luft hindurchgeblasen. Die eingeblasene Luft, genauer deren Sauerstoffgehalt, bewirkt eine so rasche Verbrennung der zu entfernenden Bestandteile des Roheisens, daß die hiernach erzeugte Wärme groß genug ist, um das durch eben diese Verbrennung gereinigte Metall längere Zeit flüssig zu erhalten.

Einen Nachteil hatte aber das Verfahren, man war auf möglichst phosphorfreies Eisen angewiesen; der Phosphor konnte beim Bessemern nicht beseitigt werden. Erst in den Jahren 1875—1879 gelang es Thomas und Gilchrist, auch den Phosphor zu entfernen, ihn in einer kalk- und magnesiashaltigen Schlacke zu binden. Das nach dem Thomas-Verfahren ausgeführte Windfrischen nennt man auch das basische

Verfahren, im Gegensatz zu dem Bessemer- oder sauren Verfahren.

Dem Windfrischen nach Bessemer oder Thomas reihte sich noch eine Erfindung — das Siemens-Martin- oder Herdfrisch-Verfahren — an; ja es scheint sogar, als ob letzteres das Windfrischen allmählich ganz verdrängen wollte. Das Siemens-Martin-Verfahren bestand in seiner ursprünglichen Form darin, durch Zusammenschmelzen von Roheisen mit Stahlschrott Stahl zu erzeugen (Schrottverfahren), später ging man dazu über, Roheisen mit Eisenerzen allein oder häufiger noch mit Stahlabfällen und Erz zusammen zu schmelzen (Erzverfahren). Zum Schmelzen dient ein mit Gas beheizter Herdofen besonderer Bauart, der unter dem Namen „Martinofen“ oder „Siemens-Martin-Ofen“ bekannt ist.

Es war vorauszusehen, daß man auch die Elektrizität zur Herstellung der verschiedenen Eisensorten nutzbar machen werde. Bis jetzt haben sich namentlich die elektrischen Stahlschmelzöfen in der Eisenindustrie einen festen Platz gesichert. Das im elektrischen Ofen erzeugte Material zeichnet sich durch besondere Reinheit aus und wird deshalb vornehmlich für solche Zwecke gebraucht, bei denen man an die Eigenschaften des Eisens und Stahls besonders große Anforderungen stellt. Außerdem sind in der Praxis noch eine große Anzahl Elektroöfen erfolgreich im Betriebe, um Legierungen des Eisens mit anderen Metallen, wie Nickel, Chrom, Wolfram usw. herzustellen.

Man kann bezeichnen:

1. mit Roheisen das Erzeugnis des Hochofens. Dasselbe ist leicht schmelzbar aber nicht schmiedbar;
2. mit Gußeisen das in besonderen Formen gegossene, in der Regel vorher in einem Kupol- oder Flammofen umgeschmolzene Roheisen;
3. mit Schweißisen das im teigigen Zustande gewonnene, in der Regel im Buddelprozeß hergestellte, schmied- und schweißbare, aber nicht merklich härtbare, früher meist Schmiedeeisen genannte Material;
4. mit Schweißstahl das im gleichen Zustande wie Schweißisen gewonnene, aber merklich härtbare Material;
5. mit Flußeisen das im flüssigen Zustande gewonnene, im Bessemer-, Thomas- oder Martin-Verfahren hergestellte schmiedbare, aber nicht merklich härtbare Material;
6. mit Flußstahl das im gleichen Zustande gewonnene, aber merklich härtbare Material. Je nach dem Herstellungsverfahren unterscheidet man „Tiegel-, Bessemer-, Thomas- oder Martin-Flußstahl“.

Diese Benennungen sind im Jahre 1889 für den Bereich der Preussischen Staats-Eisenbahnverwaltung vorgeschrieben. Die Begriffe „Stahl“ und „Schmiedeeisen“ sind nicht feststehend. Aus der Härtebarkeit kann man keine scharfe Grenze zwischen beiden festlegen; es gibt heute zu viel Übergangsorten. Auch die Versuche, den Kohlenstoffgehalt als Kennzeichen für die Grenzen von Stahl und Eisen zu benutzen, haben ihren Zweck nicht erreicht, weil dem Eisen durch Zusatz von Nickel, Chrom, Mangan, Wolfram auch bei geringem Kohlenstoffgehalt eine größere Härte erteilt wird. Als weiteres Unterscheidungsmerkmal hat man die Zugfestigkeit eingeführt und alles Material, das mehr als 5000 kg Zugfestigkeit für 1 qcm besitzt, mit Stahl bezeichnet. Aber auch diese Unterscheidungsgrenze ist nicht ganz eindeutig. Der Begriff „Stahl“ ist auch in der Praxis schwankend. Ganz allgemein spricht man von „Stahlwerken“ — niemals von „Flußeisenwerken“ —, selbst dann, wenn die betreffenden Werke Flußeisen mit einer unter 5000 kg liegenden Festigkeit herstellen, und im Betriebe spricht man von „Stahlblöcken“, unbekümmert darum, ob das Material wirklich 5000 kg Festigkeit besitzt oder nicht.

§ 32. Roheisen und Gußeisen.

Das Roheisen ist ein Erzeugnis des Hochofens. In früheren Zeiten hatte ein solcher Ofen eine Höhe von 5—6 m, heute baut man Ofen von mehr als 30 m Höhe, 700 cbm Fassungsraum und rund 600 t Tagesleistung. Das in solchen Hochofen aus den Erzen geschmolzene Roheisen hat einen Kohlenstoffgehalt von wenigstens 2,3%, es ist spröde, nicht schmiedbar, in der Hitze schmilzt es plötzlich. Das Roheisen wird eingeteilt:

1. nach der Art des zur Verwendung gekommenen Brennmaterials in Koksroheisen und Holzkohlenroheisen;
2. nach dem Kohlenstoffgehalte und der hierdurch bedingten Farbe in weißes und graues Roheisen. Ersteres enthält den gesamten Kohlenstoff in chemischer Bindung, letzteres den größten Teil des Kohlenstoffs als Graphit blätterartig ausgeschieden;
3. nach dem Verwendungszweck in Gießerei-, Bessemer-, Thomas-, Puddeleisen und Stahleisen. Hämatit ist ein phosphorarmes Gießereiroheisen.

Gußeisen. Solange vorwiegend mit Holzkohlen gehüttet wurde, konnte man das Gußeisen unmittelbar aus dem Hochofen vergießen, und so pflegte man bis vor etwa 80 Jahren allgemein zu verfahren. Dagegen bedient man sich heutzutage fast ausschließlich des Koksroheisens,

aber im umgeschmolzenen Zustande. Das Umschmelzen erfolgt meist in zylindrischen Schachtöfen, den Kupolöfen mit Stoks und schwach gepresstem Winde; nur für besondere Zwecke und für sehr große Gußstücke finden auch Flammöfen mit Steinkohlenfeuerung Anwendung.

Werden dem Roheisen beim Umschmelzen Stahlabfälle zugesetzt, so heißt das Erzeugnis „Stahlguß“. Wird den Gußwaren durch langes Glühen Kohlenstoff entzogen, so daß sie schmiedbar werden, so nennt man sie „schmiedbares Gußeisen“ oder „Temperguß“. Werden aus Flußeisen Gebrauchsgegenstände in fertiger Form durch Guß hergestellt, so heißen sie „Flußeisen-Gußwaren“.

Die Formen sind entweder für einmaligen oder mehrmaligen Guß bestimmt und werden im ersten Falle durch Abdruck eines Modells im Sande oder mit freier Hand, auch nach Schablonen in „Masse“ oder Lehm hergestellt, im zweiten Falle dagegen aus Eisen gefertigt. Die eisernen Formen haben den ferneren Zweck, das flüssige Eisen möglichst rasch abzukühlen und dadurch an seiner Oberfläche zu härten. Wir unterscheiden dementsprechend „Sandguß“, „Masseguß“, „Lehmguß“, „Hartguß“.

§ 33. Schmiedeeisen und Stahl.

Die durch das Frischen gewonnenen Stahl- und Eisenblöcke können nur in Ausnahmefällen in ihrer erstmaligen rohen Form verwendet werden, sie müssen noch weiter verarbeitet werden durch Schmieden, Pressen oder Walzen.

Zum Schmieden der im Rennfeuer erzeugten kleinen Blöcke reichten schwere Handhämmer aus, für die Luppen (Blöcke) der Frischfeuer genügen noch heute von Wasserrädern getriebene Stielhämmer geringen Gewichts, aber zum Zängen der großen Luppen aus den Buddelöfen, zum Dichten der Flußeisenblöcke und zur Erzeugung der ungeheuren Schmiedestücke, wie sie Maschinen- und Schiffsbau der Jetztzeit erfordern, ist die Wirkung der kleinen Stielhämmer durchaus unzureichend. Solche große Leistungen wurden erst möglich durch die Erfindung der Dampfhammer (1842). Trotz unausgesetzter Vergrößerung dieser mächtigen Apparate bis zu 150 t Fallgewicht sind auch sie schließlich an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit angelangt; ihre wuchtigen, die ganze Umgebung weithin erschütternden Schläge wirken hauptsächlich auf die Oberfläche der großen Stahlblöcke, ohne auch das Innere des Schmiedestückes in genügender Weise zu beeinflussen. Man verwendet deshalb jetzt zur Bearbeitung schwerer Schmiedestücke meist hydraulische Schmiedepressen mit außerordentlich hohen Druckleistungen. Die Pressen wirken durch ruhigen starken Druck und nutzen die aufgewendete Arbeit viel günstiger und vollkommener aus wie die

schweren Dampfhämmer. Es ist kaum zu bezweifeln, daß letztere allmählich verschwinden und durch Schmiedepressen ersetzt werden.

Prismatischen Stücken wird meist durch Walzen ihre Form gegeben. Wie aber ein einmaliges Strecken unter dem Hammer nicht genügt, die gewünschte Form aus einem rohen Block zu gestalten, so reicht auch ein einziger Durchgang durch die Walzen (ein Stich) hierzu nicht aus. Immer von neuem muß das Walzgut durch die enger und enger werdenden Öffnungen zwischen den Walzen hindurchlaufen, bis die gewünschte Form erreicht ist. Die gewalzten Stäbe können mit der Schere oder bei größeren Stärken mittels Kreissäge in Stücke von gewünschter Länge zerlegt werden. — Bleche werden zwischen zwei glatten, Stabeisen zwischen zwei Kaliberwalzen, Universaleisen (großes Flacheisen) zwischen vier Walzen auf Universalwalzwerken hergestellt. Außerdem hat man noch besondere Walzwerke für normal- und breitflanschtige I-Träger, für Röhren, Draht usw.

§ 34. Handelsfabrikate des Eisens.

Es werden nur die für den Tiefbau wichtigsten Fabrikate aufgeführt.

1. Allgemeines über Walzeisen (Formeisen).

Hierzu zählen L-, T-, I-, C-, L-Eisen, Quadrant-, Belag- und Handleisteneisen. Für die Trägereisen wird in Deutschland ausschließlich Flußeisen, für alle sonstigen Profile meist Flußeisen und nur auf besonderen Wunsch Schweißeisen verwalzt.

Als Normallängen der Walzeisen gelten die, in denen ein Profil nach bestimmten Grundpreisen geliefert wird (meist 4—8 m, bei I-Eisen 4—10 m). Die größten Längen, bis zu denen die einzelnen Profile in der Regel ausgewalzt werden, schwanken zwischen 12 und 16 m, bei I-Eisen zwischen 14 und 20 m. Wird die Normallänge überschritten, so tritt ein Preisaufschlag ein.

Den Eisenkonstruktionen sind tunlichst die deutschen Normalprofile zugrunde zu legen, die in den Tabellen 9—17 enthalten sind. In den Tabellen sind meist nur Fertigprofile aufgeführt; Vorprofile (Zwischenprofile) können unter Umständen durch veränderte Walzenstellung gewonnen werden, sind jedoch nur bei L- und Quadranteisen zu empfehlen.

2. Deutsche Normalprofile für Walzeisen.¹⁾

Die Profile sind genau nach der mathematischen Form mit Berücksichtigung aller Abrundungen berechnet. Die Gewichtsrechnung ist

¹⁾ Deutsches Normalprofilbuch für Walzeisen, 6. Aufl. 1904. (Die Profilzeichnungen sind aus dem Betonkalender entnommen.)

ausgeführt für Flußeisen mit 7850 kg für 1 cbm. Querschnitte F in Quadratcentimetern, Gewichte G in Kilogramm für 1 m. Die Trägheitsmomente J und die Widerstandsmomente W sind auf die zugehörigen Biegungsachsen bezogen. Mit x und y sind stets die Hauptachsen des Querschnittes bezeichnet. v = Schwerpunktsabstand.

Tabelle 9.
Gleichschenklige Winkelisen.

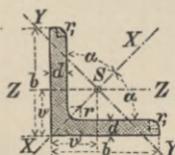


Fig. 43.

$$r = \frac{d_{\min.} + d_{\max.}}{2};$$

$$r_1 = \frac{r}{2}.$$

Nr.	b	d	F	G	v	J _x	J _y	J _z	W _x	W _y	W _z
	mm		qcm	kg	mm	cm ⁴			cm ³		
1 ^{1/2}	15	3	0,82	0,65	4,8	0,24	0,06	0,15	0,23	0,08	0,14
		4	1,05	0,83	5,1	0,29	0,08	0,18	0,28	0,10	0,18
2	20	3	1,12	0,88	6,0	0,62	0,15	0,38	0,44	0,17	0,27
		4	1,45	1,14	6,4	0,77	0,19	0,48	0,55	0,21	0,35
2 ^{1/2}	25	3	1,42	1,12	7,3	1,27	0,31	0,79	0,72	0,30	0,44
		4	1,85	1,45	7,6	1,61	0,40	1,00	0,91	0,37	0,57
3	30	4	2,27	1,78	8,9	2,85	0,76	1,80	1,35	0,61	0,85
		6	3,27	2,57	9,6	3,91	1,06	2,48	1,84	0,78	1,20
3 ^{1/2}	35	4	2,67	2,09	10,0	4,68	1,24	2,96	1,90	0,88	1,18
		6	3,87	3,04	10,8	6,50	1,77	4,13	2,63	1,15	1,70
4	40	4	3,08	2,42	11,2	7,09	1,86	4,47	2,50	1,17	1,55
		6	4,48	3,51	12,0	9,98	2,67	6,35	3,52	1,57	2,26
		8	5,80	4,55	12,8	12,4	3,38	7,90	4,38	1,81	2,90
4 ^{1/2}	45	5	4,30	3,38	12,8	12,4	3,25	7,85	3,91	1,80	2,43
		7	5,86	4,60	13,6	16,4	4,39	10,4	5,16	2,28	3,31
		9	7,34	5,76	14,4	19,8	5,40	12,6	6,24	2,65	4,12
5	50	5	4,80	3,77	14,0	17,4	4,59	11,0	4,91	2,32	3,05
		7	6,56	5,15	14,9	23,1	6,02	14,5	6,53	2,85	4,15
		9	8,24	6,47	15,6	28,1	7,67	17,9	7,94	3,47	5,19
5 ^{1/2}	55	6	6,31	4,95	15,6	27,4	7,24	17,3	7,04	3,27	4,39
		8	8,23	6,46	16,4	34,8	9,35	22,1	8,96	4,03	5,7
		10	10,07	7,90	17,2	41,4	11,27	26,3	10,64	4,64	6,9
6	60	6	6,91	5,42	16,9	36,1	9,43	22,7	8,51	3,95	5,3
		8	9,03	7,09	17,7	46,1	12,1	29,2	10,9	4,85	6,9
		10	11,07	8,69	18,5	55,1	14,6	34,8	13,0	5,58	8,4

Nr.	b	d	F	G	v	J _x	J _y	J _z	W _x	W _y	W _z
	mm		qcm	kg	mm	cm ⁴			cm ³		
6 ¹ / ₂	65	7	8,70	6,83	18,5	53,0	13,8	33,4	11,5	5,25	7,2
		9	10,98	8,61	19,3	65,4	17,2	41,3	14,2	6,31	9,0
		11	13,17	10,34	20,0	76,8	20,7	48,7	16,7	7,30	10,8
7	70	7	9,4	7,38	19,7	67,1	17,6	42,3	13,6	6,29	8,4
		9	11,9	9,34	20,5	83,1	22,0	52,5	16,8	7,57	10,6
		11	14,3	11,23	21,3	97,6	26,0	62,0	19,7	8,65	12,7
7 ¹ / ₂	75	8	11,5	9,03	21,3	93,3	24,4	59,0	17,6	8,11	10,9
		10	14,1	11,07	22,1	113	29,8	71,0	21,3	9,54	13,4
		12	16,7	13,11	22,9	130	34,7	82,5	24,6	10,71	15,8
8	80	8	12,3	9,66	22,6	115	29,6	72,0	20,3	9,25	12,5
		10	15,1	11,86	23,4	139	35,9	87,5	24,5	10,8	15,4
		12	17,9	14,05	24,1	161	43,0	102	28,4	12,6	18,2
9	90	9	15,5	12,17	25,4	184	47,8	116	28,9	13,3	17,9
		11	18,7	14,68	26,2	218	57,1	138	34,3	15,4	21,5
		13	21,8	17,11	27,0	250	65,9	158	39,3	17,3	25,0
10	100	10	19,2	15,07	28,2	280	73,3	177	39,7	18,4	24,6
		12	22,7	17,82	29,0	328	86,2	207	46,3	21,0	29,1
		14	26,2	20,57	29,8	372	98,3	235	52,6	23,4	33,5
11	110	10	21,2	16,64	30,7	379	98,6	239	48,7	22,7	30,1
		12	25,1	19,70	31,5	444	116	280	57,1	26,1	35,7
		14	29,0	22,75	32,1	505	133	319	64,8	29,2	40,9
12	120	11	25,4	19,93	33,6	541	140	340	63,8	29,4	39,4
		13	29,7	23,32	34,4	625	162	393	73,7	33,4	46,0
		15	33,9	26,61	35,1	705	186	445	83,2	37,5	52,5
13	130	12	30,0	23,55	36,4	750	194	472	81,6	37,8	50,5
		14	34,7	27,24	37,2	857	223	540	93,3	42,4	58,0
		16	39,3	30,85	38,0	959	251	604	104	46,7	65,5
14	140	13	35,0	27,48	39,2	1014	262	638	102	47,3	63,5
		15	40,0	31,40	40,0	1148	298	723	116	52,6	72,5
		17	45,0	35,33	40,8	1276	334	805	129	58,0	81,0
15	150	14	40,3	31,64	42	1343	347	845	127	58,3	78,5
		16	45,7	35,87	43	1507	391	949	142	64,4	88,5
		18	51,0	40,04	44	1665	438	1052	157	71,1	99,0
16	160	15	46,1	36,19	45	1745	453	1099	154	71,3	95,5
		17	51,8	40,66	46	1945	506	1225	172	78,4	107,0
		19	57,5	45,14	47	2137	558	1348	189	84,8	118,5

Beispiel: Die Trägheitsmomente für mehrere L-Eisen 65 . 65 . 10 findet man

bei 2 L-Eisen (└└):

$$J_x = 2 \cdot 76,8 = 153,6 \text{ cm}^4,$$

$$J_o = 2 (J_z + F v^2) = 2 (48,7 + 13,17 \cdot 2^2) = 202,76 \text{ cm}^4;$$

bei 4 L-Eisen (└└└└):

$$J_x = 2 \cdot 76,8 + 2 (J_y + F v_1^2),$$

$$v_1^2 = 2 v^2 = 8,$$

$$J_x = 2 \cdot 76,8 + 2 (20,7 + 13,17 \cdot 8) = 405,72 \text{ cm}^4,$$

$$J_o = 4 (J_z + F v^2) = 405,52 \text{ cm}^4.$$

Tabelle 10.

Angleichsförmige Winkelisen.

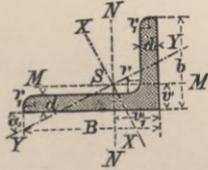


Fig. 44.
r und r₁
wie bei Fig. 43.

N _r .	b	B	d	F	G	v	v ₁	tg α	W _x	W _y	J _n	J _m
	mm			qcm	kg	mm			cm ³		cm ⁴	
2/3	20	30	3	1,42	1,12	4,9	9,9	0,4216	0,70	0,26	1,25	0,45
			4	1,85	1,45	5,4	10,3	0,4214	0,90	0,32	1,60	0,55
3/4 ^{1/2}	30	45	4	2,87	2,25	7,4	14,8	0,4334	2,17	0,75	5,77	2,05
			5	3,53	2,77	7,8	15,2	0,4288	2,63	0,91	6,99	2,46
4/6	40	60	5	4,79	3,76	9,7	19,5	0,4319	4,82	1,73	17,3	6,20
			7	6,55	5,14	10,5	20,4	0,4275	6,47	2,20	22,8	8,10
5/7 ^{1/2}	50	75	7	8,33	6,54	12,4	24,7	0,4304	10,4	3,66	46,3	16,4
			9	10,5	8,24	13,2	25,6	0,4272	12,9	4,56	57,2	20,1
6 ^{1/2} /10	65	100	9	14,2	11,15	15,9	33,1	0,4101	23,6	7,73	140	46,6
			11	17,1	13,42	16,7	34,0	0,4074	28,1	9,54	167	55,3
8/12	80	120	10	19,1	14,99	19,5	39,2	0,4348	38,7	13,4	276	97,9
			12	22,7	17,82	20,2	40,0	0,4304	45,4	16,0	323	115
10/15	100	150	12	28,7	22,53	24,2	48,9	0,4361	73,0	25,4	649	232
			14	33,2	26,06	25,0	49,7	0,4339	83,8	29,0	744	263

Nr.	b	B	d	F	G	v	v ₁	tg α	W _x	W _y	J _n	J _m
	mm			qcm	kg	mm			cm ³		cm ⁴	
2/4	20	40	3	1,72	1,35	4,4	14,3	0,2575	1,14	0,26	2,81	0,46
			4	2,25	1,77	4,8	14,7	0,2528	1,47	0,34	3,58	0,60
3/6	30	60	5	4,29	3,37	6,8	21,5	0,2544	4,22	0,96	15,6	2,61
			7	5,85	4,59	7,6	22,4	0,2479	5,69	1,31	20,6	3,42
4/8	40	80	6	6,89	5,40	8,8	28,5	0,2568	9,14	2,10	44,9	7,66
			8	9,01	7,08	9,6	29,4	0,2518	11,8	2,73	57,5	9,70
5/10	50	100	8	11,5	9,03	11,2	35,9	0,2665	18,9	4,31	116	19,6
			10	14,1	11,07	12,0	36,7	0,2658	23,3	4,93	141	23,5
6 ¹ / ₂ /13	65	130	10	18,6	14,60	14,5	46,5	0,2569	40,2	9,16	320	54,4
			12	22,1	17,35	15,3	47,5	0,2549	47,2	10,8	374	62,8
8/16	80	160	12	27,5	21,59	17,7	57,2	0,2686	73,4	16,7	719	122
			14	31,8	24,96	18,5	58,1	0,2679	84,8	18,5	822	139
10/20	100	200	14	40,3	31,64	21,8	71,2	0,2608	135	30,6	1654	282
			16	45,7	35,87	22,6	72,0	0,2586	152	34,5	1863	315

Beispiel: Werden 2 L-Eisen 100 . 50 . 8 mm nach Fig. 45 miteinander verbunden, so ist

$$J_y = 2 \cdot 116 = 232 \text{ cm}^4,$$

$$J_x = 2 (J_n + F v_0^2). \quad (6)$$

$$J_n = 19,6; F = 11,5; v_0 = 1,0 + 1,12 = 2,12 \text{ cm};$$

$$J_x = 2 (19,6 + 11,5 \cdot 2,12^2) = 143 \text{ cm}^4.$$

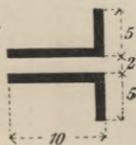


Fig. 45.

Tabelle 11.

└-Eisen.

Beim hochfliegigen └-Eisen hat der Steg einen Anlauf von 2‰.

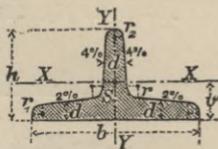


Fig. 46.

Nr.	b	h	d	F	G	v	J _x	J _y	W _x	W _y
	mm			qem	kg		cm ⁴		cm ³	
6/3	60	30	5,5	4,64	3,64	6,7	2,58	8,62	1,11	2,87
7/3 ¹ / ₂	70	35	6	5,94	4,66	7,7	4,49	15,1	1,65	4,32
8/4	80	40	7	7,91	6,21	8,8	7,81	28,5	2,50	7,13
9/4 ¹ / ₂	90	45	8	10,2	7,98	10,0	12,7	46,1	3,64	10,2
10/5	100	50	8,5	12,0	9,42	10,9	18,7	67,7	4,78	13,5
12/6	120	60	10	17,0	13,35	13,0	38,0	137	8,09	22,8
14/7	140	70	11,5	22,8	17,90	15,1	68,9	258	12,6	36,9
16/8	160	80	13	29,5	23,16	17,2	117	422	18,6	52,8
18/9	180	90	14,5	37,0	29,05	19,3	185	670	26,1	74,4
20/10	200	100	16	45,4	35,64	21,4	277	1000	35,3	100,0
2/2	20	20	3	1,12	0,88	5,8	0,38	0,20	0,27	0,20
2 ¹ / ₂ /2 ¹ / ₂	25	25	3,5	1,64	1,29	7,3	0,87	0,43	0,49	0,34
3/3	30	30	4	2,26	1,77	8,5	1,72	0,87	0,80	0,58
3 ¹ / ₂ /3 ¹ / ₂	35	35	4,5	2,97	2,33	9,9	3,10	1,57	1,23	0,90
4/4	40	40	5	3,77	2,96	11,2	5,28	2,58	1,84	1,29
4 ¹ / ₂ /4 ¹ / ₂	45	45	5,5	4,67	3,66	12,6	8,13	4,01	2,51	1,78
5/5	50	50	6	5,66	4,45	13,9	12,1	6,06	3,36	2,42
6/6	60	60	7	7,94	6,23	16,6	23,8	12,2	5,48	4,05
7/7	70	70	8	10,6	8,32	19,4	44,5	22,1	8,79	6,32
8/8	80	80	9	13,6	10,68	22,2	73,7	37,0	12,8	9,25
9/9	90	90	10	17,1	13,42	24,8	119	58,5	18,2	13,0
10/10	100	100	11	20,9	16,41	27,4	179	88,3	24,6	17,7
12/12	120	120	13	29,6	23,24	32,8	366	178	42,0	29,7
14/14	140	140	15	39,9	31,32	38,0	660	330	64,7	47,2

Beispiel: Werden 2 └-Eisen Nr. 9/4¹/₂ zu einem kreuzförmigen Querschnitt vereinigt (Fig. 47), so wird

$$J_1 = 2 \cdot 46,1 = 92,2 \text{ cm}^4,$$

$$J_2 = 2 (J_x + F v^2) = 2 (12,7 + 10,2 \cdot 1,0^2) = 45,8 \text{ cm}^4.$$



Fig. 47.

Nach Abzug eines Nietloches von 12 mm Durchmesser wird

$$J_3 = J_1 - (i + f v_1^2); \quad (7)$$

$$J_1 = 92,2; \quad i = \frac{1,6 \cdot 1,2^3}{12} = 0,23; \quad f = 1,6 \cdot 1,2 = 1,92; \quad v_1^2 = 2,4^2 = 5,76;$$

$$J_3 = 92,2 - (0,23 + 1,92 \cdot 5,76) = 80,92 \text{ cm}^4;$$

$$J_4 = J_2 - \frac{1,2 \cdot 1,6^3}{12} = 45,8 - 0,41 = 45,39 \text{ cm}^4.$$

Tabelle 12.

I-Eisen.

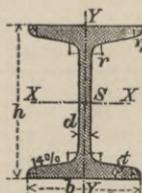


Fig. 48.

 $r = d; \quad r_1 = 0,6 d.$

Nr.	h	b	d	t	F	G	J _x	J _y	W _x	W _y	$\frac{W_x}{W_y} = u$
	mm				qcm	kg	cm ⁴		cm ³		
8	80	42	3,9	5,9	7,57	5,95	77,7	6,28	19,4	2,99	6,50
9	90	46	4,2	6,3	8,99	7,06	117	8,76	25,9	3,81	6,80
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,33	170	12,2	34,1	4,86	7,01
11	110	54	4,8	7,2	12,3	9,65	238	16,2	43,3	5,99	7,23
12	120	58	5,1	7,7	14,2	11,15	327	21,4	54,5	7,38	7,38
13	130	62	5,4	8,1	16,1	12,64	435	27,4	67,0	8,85	7,57
14	140	66	5,7	8,6	18,2	14,29	572	35,2	81,7	10,7	7,65
15	150	70	6,0	9,0	20,4	16,01	734	43,7	97,9	12,5	7,83
16	160	74	6,3	9,5	22,8	17,90	933	54,5	117	14,7	7,92
17	170	78	6,6	9,9	25,2	19,78	1165	66,5	137	17,1	8,02
18	180	82	6,9	10,4	27,9	21,90	1444	81,3	161	19,8	8,10
19	190	86	7,2	10,8	30,5	23,94	1759	97,2	185	22,6	8,20
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,22	2139	117	214	25,9	8,26
21	210	94	7,8	11,7	36,3	28,50	2558	137	244	29,3	8,31
22	220	98	8,1	12,2	39,5	31,01	3055	163	278	33,3	8,34
23	230	102	8,4	12,6	42,6	33,44	3605	188	314	36,9	8,50
24	240	106	8,7	13,1	46,1	36,19	4239	220	353	41,6	8,50
25	250	110	9,0	13,6	49,7	39,01	4954	255	396	46,4	8,54
26	260	113	9,4	14,1	53,3	41,84	5735	287	441	50,6	8,72
27	270	116	9,7	14,7	57,1	44,82	6623	325	491	56,0	8,76
28	280	119	10,1	15,2	61,0	47,89	7575	363	541	60,8	8,91
29	290	122	10,4	15,7	64,8	50,87	8619	403	594	66,1	8,99
30	300	125	10,8	16,2	69,0	54,17	9785	449	652	71,9	9,07

Nr.	h	b	d	t	F	G	J _x	J _y	W _x	W _y	$\frac{W_x}{W_y} = u$
	mm				qcm	kg	cm ⁴		cm ³		
32	320	131	11,5	17,3	77,7	60,99	12 493	554	781	84,6	9,23
34	340	137	12,2	18,3	86,7	68,06	15 670	672	922	98,1	9,40
36	360	143	13,0	19,5	97,0	76,15	19 576	817	1088	114	9,53
38	380	149	13,7	20,5	107	84,00	23 978	972	1262	131	9,67
40	400	155	14,4	21,6	118	92,63	29 173	1160	1459	150	9,76
42 ^{1/2}	425	163	15,3	23,0	132	103,62	36 956	1433	1739	176	9,89
45	450	170	16,2	24,3	147	115,40	45 888	1722	2040	203	10,1
47 ^{1/2}	475	178	17,1	25,6	163	127,96	56 410	2084	2375	234	10,1
50	500	185	18,0	27,0	179	140,52	68 736	2470	2750	267	10,3
55	550	200	19,8	30,0	212	166,42	99 054	3486	3602	349	10,3

Beispiel: Ein I-Träger Nr. 26 hat einen lotrecht und einen wagerecht wirkenden Druck aufzunehmen. Das lotrecht wirkende Biegemoment ist $M_1 = 60000$ cm/kg, das wagerecht wirkende $M_2 = 40000$ cm/kg, die Spannung demnach:

$$k = \frac{60000 + 8,72 \cdot 40000}{441} = 927 \text{ kg,}$$

$$M_1 = W_x k_1; k_1 = \frac{M_1}{W_x}.$$

$$M_2 = W_x k_2; k_2 = \frac{M_2}{W_y}.$$

$$k = k_1 + k_2 = \frac{M_1}{W_x} + \frac{M_2}{W_y}.$$

$$\frac{W_x}{W_y} = u; W_y = \frac{W_x}{u}.$$

$$k = \frac{M_1}{W_x} + \frac{M_2}{W_x \cdot u}.$$

$$k = \frac{M_1 + u M_2}{W_x}. \quad (8)$$

Eine schräg wirkende Kraft kann man in eine lotrecht und eine wagerecht wirkende Seitenkraft zerlegen und dann die Biegemomente M_1 und M_2 berechnen.

Tabelle 13.

□-Eisen.

Für eine beliebige Momentebene gilt (wie beim
I-Eisen) die Beziehung

$$W_x = \frac{M_1 + u M_2}{k}. \quad (9)$$

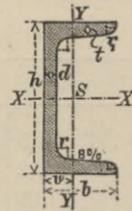


Fig. 49.

$$r = t;$$

$$r_1 = \frac{t}{2}.$$

Nr.	h	b	d	t	F	G	v	J _x	J _y	W _x	W _y	$\frac{W_x}{W_y} = u$
	mm				qcm	kg		cm ⁴		cm ³		
3	30	33	5	7	5,44	4,27	13,1	6,39	5,33	4,26	2,68	1,59
4	40	35	5	7	6,21	4,88	13,3	14,1	6,68	7,10	3,08	2,31
5	50	38	5	7	7,12	5,59	13,7	26,4	9,12	10,6	3,75	2,82
6 ^{1/2}	65	42	5,5	7,5	9,03	7,10	14,2	57,5	14,1	17,7	5,06	3,50
8	80	45	6	8	11,0	8,66	14,5	106	19,4	26,5	6,37	4,16
10	100	50	6	8,5	13,5	10,60	15,5	206	29,3	41,1	8,50	4,84
12	120	55	7	9	17,0	13,35	16,0	364	43,2	60,7	11,1	5,48
14	140	60	7	10	20,4	16,01	17,5	605	62,7	86,4	14,8	5,85
16	160	65	7,5	10,5	24,0	18,84	18,4	925	85,3	116	18,3	6,32
18	180	70	8	11	28,0	21,98	19,2	1354	114	150	22,4	6,73
20	200	75	8,5	11,5	32,2	25,28	20,1	1911	148	191	27,0	7,09
22	220	80	9	12,5	37,4	29,36	21,4	2690	197	245	33,6	7,28
24	240	85	9,5	13	42,3	33,21	22,3	3598	248	300	39,6	7,57
26	260	90	10	14	48,3	37,92	23,6	4823	317	371	47,8	7,76
28	280	95	10	15	53,3	41,84	25,3	6276	399	450	57,2	7,88
30	300	100	10	16	58,8	46,16	27,0	8026	495	535	67,8	7,90

Beispiel: Eine Säule mit I-förmigem Querschnitt, bestehend aus zwei □-Eisen Nr. 20, hat die Trägheitsmomente

$$J_x = 2 \cdot 1911 = 3822 \text{ cm}^4$$

$$J_y = 2 (148 + 32,2 \cdot 2,01^2) = 553,6 \text{ cm}^4.$$

Tabelle 14.

L-Eisen.

W_1 = Widerstandsmoment für senkrechte Belastung bei Verhinderung seitlicher Ausbiegung;
 W_2 = desgl. bei freier seitlicher Ausbiegung.

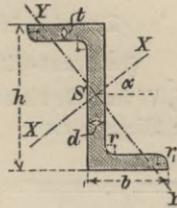


Fig. 50.
 $r = t$;
 $r_1 = \frac{t}{2}$.

Nr.	h	b	d	t	F qcm	G kg	tg α	W_x cm ³	W_y cm ³	$\frac{W_x}{W_y} = u$	W_1 cm ³	W_2 cm ³
	mm											
3	30	38	4	4,5	4,32	3,39	1,655	4,69	1,11	4,22	6,3	1,26
4	40	40	4,5	5	5,43	4,26	1,181	6,72	1,83	3,67	9,1	2,26
5	50	43	5	5,5	6,77	5,31	0,939	9,76	2,76	3,54	13,2	3,64
6	60	45	5	6	7,91	6,21	0,779	13,5	3,73	3,62	17,7	5,24
8	80	50	6	7	11,1	8,73	0,588	24,4	6,44	3,79	30,7	10,1
10	100	55	6,5	8	14,5	11,37	0,492	39,8	9,26	4,30	48,5	16,8
12	120	60	7	9	18,2	14,29	0,433	60,6	12,5	4,86	71,9	25,6
14	140	65	8	10	22,9	17,98	0,385	88,0	16,6	5,29	102	38,0
16	160	70	8,5	11	27,5	21,59	0,357	121	21,4	5,69	139	52,9
18	180	75	9,5	12	33,3	26,14	0,329	164	27,0	6,06	186	72,4
20	200	80	10	13	38,7	30,38	0,313	213	33,4	6,34	239	94,1

Tabelle 15.

Befag-Eisen (Zores-Eisen).

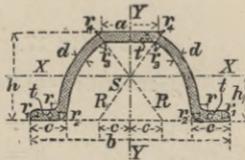


Fig. 51.
 $R = h + 10$ mm,
 $r_1 = d$; $r_2 = d - 0,5$,
 $r_3 = t$; $r_4 = 0,6 d + 1,3$.

Nr.	h	b	a	c	d	t	F qcm	G kg	J_x cm ⁴	J_y cm ⁴	W_x cm ³	W_y cm ³
	mm											
5	50	120	33	21	3	5	6,71	5,27	23,2	86,4	9,27	14,4
6	60	140	38	24	3,5	6	9,34	7,33	47,2	164	15,8	23,4
7 ^{1/2}	75	170	45,5	28,5	4	7	13,2	10,36	105	347	27,9	40,8
9	90	200	53	33	4,5	8	17,9	14,05	206	651	45,8	65,1
11	110	240	63	39	5	9	24,1	18,92	421	1272	76,5	106,0

Tabelle 16.

Quadrant-Eisen.

F, G, J, W sind für die volle Röhre angegeben;
J gibt für jede Biegungeebene.

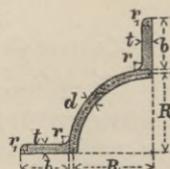


Fig. 52.

$r = 0,12 R$;
 $r_1 = 0,06 R$.

Nr.	R	b	d	t	F	G	J	$W_x = W_y$	W_z	$\frac{W_z}{W_x}$
	mm				qcm	kg	cm ⁴	cm ³		
5	50	35	4	6	29,8	23,39	576	66,2	89,3	1,35
5	50	35	8	8	48,0	37,68	906	102	135	1,32
7 ^{1/2}	75	40	6	8	54,9	43,10	2 068	175	237	1,35
7 ^{1/2}	75	40	10	10	80,2	62,96	2 982	248	331	1,34
10	100	45	8	10	88,1	69,16	5 511	370	501	1,33
10	100	45	12	12	120	94,20	7 478	495	663	1,34
12 ^{1/2}	125	50	10	12	129	101,27	12 161	676	917	1,36
12 ^{1/2}	125	50	14	14	169	132,67	15 788	867	1165	1,34
15	150	55	12	14	179	140,52	23 637	1120	1515	1,35
15	150	55	18	17	249	195,47	32 738	1530	2051	1,34

Biegungeebene bei W_x wagerecht, bei W_y lotrecht, bei W_z unter 45°.

Tabelle 17.

Handleisten-Eisen.

B = Breite des Eisens,

b = Breite der Ausparung,

H = Höhe des Eisens,

h = Höhe der Ausparung.

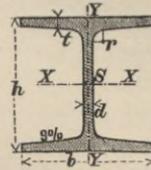
Nr.	B	H	b	h	F	G
	mm				qcm	kg
4	40	18	20	10	4,20	3,30
6	60	27	30	15	9,46	7,43
8	80	36	40	20	16,8	13,2
10	100	45	50	25	26,3	20,6
12	120	54	60	30	37,8	29,7

3. Breitflanschtige Differdinger I-Grey-Profile.

Als Träger haben sich die deutschen Normalprofile für I-Eisen im allgemeinen gut bewährt; ihrer einzelnen Verwendung als Stützen steht aber dem J_x das sehr kleine Trägheitsmoment J_y entgegen. Zu Stützen eignen sich besser die in Tabelle 18 aufgeführten Profile; diese Profile sind auch in manchen Fällen, namentlich bei beschränkter Konstruktionshöhe, als Träger vorteilhaft zu verwenden.

Tabelle 18.

Breitflanschtige Differdinger I-Grey-Profile.

Fig. 53.
r = d.

Nr.	h	b	d	t	F qcm	G kg	J_x cm ⁴	J_y cm ⁴	W_x cm ³	W_y cm ³	$\frac{W_x}{W_y} = u$
	mm										
18	180	180	8,5	13,0	59,9	47,0	3 512	1 073	390	119	3,28
20	200	200	8,5	13,8	70,4	55,4	5 171	1 568	517	157	3,29
22	220	220	9	14,8	82,6	64,8	7 379	2 216	671	201	3,34
24	240	240	10	15,8	96,8	76,0	10 260	3 043	855	254	3,37
25	250	250	10,5	16,8	105,1	82,5	12 066	3 575	965	286	3,45
26	260	260	11	17,3	115,6	90,7	14 352	4 261	1104	328	3,36
27	270	270	11,25	17,8	123,2	96,7	16 529	4 920	1224	365	3,35
28	280	280	11,5	18,4	131,8	103,4	19 052	5 671	1361	405	3,36
29	290	290	12	19,0	141,1	110,8	21 866	6 417	1508	443	3,40
30	300	300	12,5	19,7	152,1	119,4	25 201	7 494	1680	500	3,36
32	320	300	13	20,5	160,7	126,2	30 119	7 867	1882	524	3,59
34	340	300	13,4	21,1	167,4	131,4	35 241	8 097	2073	540	3,84
36	360	300	14,2	22,6	181,5	142,5	42 479	8 793	2360	586	4,03
38	380	300	14,8	23,4	191,2	150,1	49 496	9 175	2605	612	4,23
40	400	300	15,5	24,6	203,6	159,8	57 834	9 721	2892	648	4,46
42 ¹ / ₂	425	300	16	25,4	213,9	167,9	68 249	10 078	3212	672	4,78
45	450	300	17	26,6	229,3	180,0	80 887	10 668	3595	711	5,06
47 ¹ / ₂	475	300	17,6	27,7	242,0	190,0	94 811	11 142	3992	743	5,37
50	500	300	19,4	28,8	261,8	205,5	111 283	11 718	4451	781	5,70
55	550	300	20,6	30,8	288,0	226,1	145 957	12 582	5308	839	6,33
60	600	300	20,8	31,0	300,6	236,0	179 303	12 672	5977	845	7,08
65	650	300	21,1	31,3	314,5	246,9	217 402	12 814	6690	854	7,83
70	700	300	21,1	31,3	325,2	255,3	258 106	12 818	7374	854	8,64
75	750	300	21,1	31,3	335,7	263,4	302 560	12 823	8068	855	9,44

4. Verschiedene.

Tabelle 19.

Quadrat- und Rund-Eisen (Flußeisen, spez. Gewicht 7,85).

Dicke mm	□-Eisen	Rundeisen			Dicke mm	□-Eisen	Rundeisen		
	G = kg	G = kg	F = qcm	U = cm		G = kg	G = kg	F = qcm	U = cm
6	0,283	0,222	0,28	1,89	31	7,54	5,93	7,55	9,74
7	0,385	0,302	0,38	2,20	32	8,04	6,31	8,04	10,05
8	0,502	0,395	0,50	2,51	33	8,55	6,71	8,55	10,37
9	0,636	0,499	0,64	2,83	34	9,08	7,13	9,08	10,68
10	0,785	0,617	0,79	3,14	35	9,62	7,55	9,62	11,00
11	0,950	0,746	0,95	3,46	36	10,17	7,99	10,18	11,31
12	1,130	0,888	1,13	3,77	37	10,74	8,44	10,75	11,62
13	1,327	1,042	1,33	4,08	38	11,34	8,90	11,34	11,94
14	1,539	1,208	1,54	4,40	39	11,94	9,38	11,95	12,25
15	1,766	1,387	1,77	4,71	40	12,56	9,87	12,57	12,57
16	2,010	1,578	2,01	5,03	42	13,85	10,88	13,85	13,20
17	2,269	1,782	2,27	5,34	44	15,20	11,94	15,21	13,82
18	2,543	1,998	2,54	5,65	46	16,61	13,05	16,62	14,45
19	2,834	2,226	2,84	5,97	48	18,09	14,21	18,10	15,08
20	3,140	2,466	3,14	6,28	50	19,63	15,41	19,64	15,71
21	3,462	2,719	3,46	6,60	52	21,23	16,67	21,21	16,34
22	3,799	2,984	3,80	6,91	54	22,89	17,98	22,90	16,97
23	4,153	3,261	4,15	7,23	56	24,62	19,34	24,63	17,59
24	4,522	3,551	4,52	7,54	58	26,41	20,74	26,42	18,22
25	4,906	3,853	4,91	7,85	60	28,26	22,20	28,27	18,85
26	5,307	4,168	5,31	8,17	62	30,18	23,70	30,19	19,48
27	5,723	4,495	5,73	8,48	64	32,15	25,25	32,17	20,11
28	6,154	4,834	6,16	8,80	66	34,20	26,86	34,21	20,74
29	6,602	5,185	6,61	9,11	68	36,30	28,51	36,32	21,36
30	7,065	5,549	7,07	9,42	70	38,47	30,21	38,48	21,99

Tabelle 20.

Gewichte der Flacheisen (Flußeisen, spez. Gewicht 7,85).

Breite mm	Dicke in Millimetern:									
	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
12	0,471	0,565	0,659	0,754	0,848	0,942	1,130	1,319	1,507	1,696
14	0,550	0,659	0,769	0,879	0,989	1,099	1,319	1,539	1,758	1,978
16	0,628	0,754	0,879	1,005	1,130	1,256	1,507	1,758	2,010	2,261
18	0,707	0,848	0,989	1,130	1,272	1,413	1,696	1,978	2,261	2,543
0	0,785	0,942	1,099	1,256	1,413	1,570	1,884	2,198	2,512	2,826

Breite mm	Dicke in Millimetern:									
	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18
22	0,864	1,036	1,209	1,382	1,554	1,727	2,072	2,418	2,763	3,109
24	0,942	1,130	1,319	1,507	1,606	1,884	2,261	2,638	3,014	3,391
26	1,020	1,225	1,429	1,633	1,837	2,041	2,449	2,857	3,266	3,674
28	1,099	1,319	1,539	1,758	1,978	2,198	2,638	3,077	3,517	3,956
30	1,178	1,413	1,649	1,884	2,120	2,355	2,826	3,297	3,768	4,239
32	1,256	1,507	1,758	2,010	2,261	2,512	3,014	3,517	4,019	4,522
34	1,335	1,601	1,868	2,135	2,402	2,669	3,203	3,737	4,270	4,804
36	1,413	1,696	1,978	2,261	2,543	2,826	3,391	3,956	4,522	5,087
38	1,492	1,790	2,088	2,386	2,685	2,983	3,580	4,176	4,773	5,369
40	1,570	1,884	2,198	2,512	2,826	3,140	3,768	4,369	5,024	5,652
45	1,766	2,120	2,473	2,826	3,179	3,533	4,239	4,946	5,652	6,359
50	1,963	2,355	2,748	3,140	3,533	3,925	4,710	5,495	6,280	7,065
55	2,159	2,591	3,022	3,454	3,886	4,318	5,181	6,045	6,908	7,772
60	2,355	2,826	3,297	3,768	4,239	4,710	5,652	6,594	7,536	8,478
65	2,551	3,062	3,572	4,082	4,592	5,103	6,123	7,144	8,164	9,185
70	2,748	3,297	3,847	4,396	4,946	5,495	6,594	7,693	8,792	9,891
75	2,944	3,533	4,121	4,710	5,299	5,888	7,065	8,243	9,420	10,60
80	3,140	3,768	4,396	5,024	5,652	6,280	7,536	8,792	10,05	11,30
85	3,336	4,004	4,671	5,338	6,005	6,673	8,007	9,342	10,68	12,01
90	3,533	4,239	4,946	5,652	6,359	7,065	8,478	9,891	11,30	12,72
95	3,729	4,475	5,220	5,966	6,712	7,458	8,949	10,44	11,93	13,42
100	3,925	4,710	5,495	6,280	7,065	7,850	9,420	10,99	12,56	14,13

Tabelle 21.

Gewichte der Metallplatten in kg/qm.

Stärke mm	Guß-eisen	Schweiß- eisen	Fluß-eisen	Flußstahl und gewalzter Stahl	Kupfer	Zinn	Blei
1	7,25	7,8	7,85	7,86	8,9	7,2	11,37
2	14,50	15,6	15,70	15,72	17,8	14,4	22,74
3	21,75	23,4	23,55	23,58	26,7	21,6	34,11
4	29,00	31,2	31,40	31,44	35,6	28,8	45,48
5	36,25	39,0	39,25	39,30	44,5	36,0	56,85

Stärke mm	Guß-eisen	Schweiß- eisen	Fluß-eisen	Flußstahl und gewalzter Stahl	Kupfer	Zink	Blei
6	43,50	46,8	47,10	47,16	53,4	43,2	68,22
7	50,75	54,6	54,95	55,02	62,3	50,4	79,59
8	58,00	62,4	62,80	62,88	71,2	57,6	90,96
9	65,25	70,2	70,65	70,74	80,1	64,8	102,33
10	72,50	78,0	78,50	78,60	89,0	72,0	113,70
11	79,75	85,8	86,35	86,46	97,9	79,2	125,07
12	87,00	93,6	94,20	94,32	106,8	86,4	136,44
13	94,25	101,4	102,05	102,18	115,7	93,6	147,81
14	101,50	109,2	109,90	110,04	124,6	100,8	159,18
15	108,75	117,0	117,75	117,90	133,5	108,0	170,55
16	116,00	124,8	125,60	125,76	142,4	115,2	181,92
17	123,25	132,6	133,45	133,62	151,3	122,4	193,29
18	130,50	140,4	141,30	141,48	160,2	129,6	204,66
19	137,75	148,2	149,15	149,34	169,1	136,8	216,03
20	145,00	156,0	157,00	157,20	178,0	144,0	227,40

Tabelle 22.

Normalkien für gußeiserne Ruffenrohre.

D = lichter Rohrdurchmesser in Millimetern; d = Wandstärke in Millimetern;
G = Gewicht für 1 m glattes Rohr in Kilogramm; G₁ = Gewicht einer Ruffe.

D	d	G	G ₁	D	d	G	G ₁	D	d	G	G ₁
40	8	8,75	2,68	225	11,5	61,95	16,89	500	16	188,04	54,48
50	8	10,57	3,14	250	12	71,61	19,61	550	16,5	212,90	62,34
60	8,5	13,26	3,89	275	12,5	81,85	22,51	600	17	238,90	71,15
70	8,5	15,20	4,35	300	13	92,68	25,78	650	18	273,86	83,10
80	9	18,24	5,09	325	13,5	104,08	28,83	700	19	311,15	98,04
90	9	20,29	5,70	350	14	116,07	32,23	750	20	350,76	111,29
100	9	22,34	6,20	375	14	124,04	34,27	800	21	392,69	129,27
125	9,5	29,10	7,64	400	14,5	136,89	39,15	900	22,5	472,76	160,17
150	10	36,44	9,89	425	14,5	145,15	41,26	1000	24	559,76	195,99
175	10,5	44,36	12,00	450	15	158,87	44,90	1100	26	666,81	243,76
200	11	52,86	14,41	475	15,5	173,17	48,97	1200	28	783,15	294,50

Die übliche Baulänge beträgt:

2 m	für	Rohre	von	40—	60	mm	Durchmesser,
3	"	"	"	70—	225	"	"
4	"	"	"	250—	1200	"	"

Tabelle 23.

Rohre aus Stahl oder Schmiedeeisen.

D = Rohrweite in Millimetern; d = Wandstärke in Millimetern; G = Gewicht für 1 m glattes Rohr in Kilogramm.

1. Mannesmann-Muffenstahlrohr ¹⁾ und Industrienuffenrohre ²⁾ .													
D =	40	50	60	70	75	80	90	100	125	150	175	200	250
d =	3	3	3	3,25	3,5	3,5	3,75	4	4	4,5	5	5,5	7,5
G =	3,85	4,9	5,5	6,5	7,8	8,6	10,5	11,6	14	19	25,5	30	53
2. Spiralgeschweißte Rohre ³⁾ .													
D =	151	176	202	227	253	304	355	409	460	510	564	615	—
d =	3	3	3	3	3	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	—
G =	12,5	14,5	16,5	18,4	20,3	29,0	33,5	38,8	43,5	48,2	53,3	58,0	—
3. Stumpfgeschweißte Rohre (Gasrohre).													
D =	13	20	25	32	38	44	51	57	63	70	76	89	102
d =	3,5	3,5	4	4	4	4	4	4,5	5	5	5	5	5
G =	1,20	1,75	2,55	3,55	4,35	4,80	5,90	7,25	8,30	9,30	10,5	11,5	13,0

Tabelle 24.

Schrauben und Riete.

Durchmesser		Schlüsselweite mm	Schrauben				Riete	
Zoll engl.	mm		Gewicht in Kilogramm				Schaststärke mm	Gewicht für 1000 normale Rietköpfe kg
			des sechseckigen Kopfes	des quadrat. Kopfes	der Mutter einschl. darin befindlicher Bolzen	der Unterlegscheibe		
1/2	12,7	24	0,032	0,037	0,050	0,015	10	4,4
5/8	15,9	27	0,054	0,063	0,078	0,022	12	7,6
3/4	19,1	33	0,096	0,110	0,147	0,044	14	12,1
7/8	22,2	38	0,131	0,152	0,224	0,060	16	18,0
1	25,4	42	0,195	0,225	0,309	0,073	18	25,7
1 1/8	28,6	45	0,274	0,316	0,396	0,081	20	35,2
1 1/4	31,8	50	0,372	0,429	0,530	0,124	22	46,9
1 3/8	34,9	54	0,473	0,545	0,738	0,148	24	60,8
1 1/2	38,1	60	0,614	0,692	0,947	0,222	26	77,3
1 3/4	44,5	68	0,970	1,120	1,341	0,328	—	—
2	50,8	76	1,405	1,618	1,987	0,460	—	—
2 1/4	57,2	85	1,966	2,227	2,893	0,666	—	—
2 1/2	63,5	94	2,686	3,101	3,896	0,825	—	—
2 3/4	69,9	103	3,512	4,055	5,025	1,099	—	—
3	76,2	112	4,491	5,186	7,667	1,323	—	—

¹⁾ Hütte I, S. 863. — ²⁾ Düsseldorfer Röhrenindustrie, Düsseldorf-Oberbiff. —

³⁾ Hütte I, S. 862. Rohre auch in größerer Wandstärke.

§ 35. Prüfung des Eisens.

Bei der Prüfung des Eisens unterscheidet man folgende Verfahren: die mechanische Prüfung, die chemische Prüfung, die Metallographie. Die mechanische Prüfung bringt zwar durch bestimmte Zahlen gewisse mechanische Eigenschaften des Materials zur Anschauung, kann aber nicht zugleich eine Erklärung für das verschiedene Verhalten geben; die chemische Untersuchung vermittelt uns ferner durch die Analyse die Kenntnis von der Zusammensetzung des Eisens, vermag aber über die Form und die Verteilung der einzelnen Bestandteile in dem Metall keinen Aufschluß zu erteilen. Hier leistet die Metallographie dadurch, daß sie uns einen Einblick in das innere Wesen des Eisens gestattet und Aufschlüsse über die Art und den Aufbau der verschiedenen Gefügebestandteile gibt, sehr große Dienste.

Die Feststellung der mechanischen Eigenschaften, wie Festigkeit, Dehnbarkeit, Elastizität, Härte usw. erfolgt meist durch Zerreiß-, Biege-, Schlag- oder Druckproben. Die Zerreißprobe erfolgt dadurch, daß man einen Stab von genau gemessenem Querschnitt und bestimmter Länge, den man auf der Drehbank oder auf der Hobelbank aus dem vollen zu untersuchenden Material herausgearbeitet hat, einer allmählich steigenden Belastung unterwirft und gleichzeitig die Veränderungen seiner Form (sowohl die vorübergehenden als auch die bleibenden) beobachtet. Zuerst dehnt sich der Stab unter der Belastung; er nimmt jedoch nach dem Aufhören der Belastung seine ursprüngliche Länge wieder an, weil das Eisen elastisch ist. Erreicht die Belastung aber eine bestimmte Höhe, so wird von einem gewissen Augenblick an das Probestück nach geschעהener Entlastung nicht mehr in seinem ursprünglichen Zustand sein, seine ursprüngliche Gestalt anzunehmen; es bleibt ein gewisser Rest, der nicht wieder verschwindet: die bleibende Dehnung. Diesen Punkt bezeichnet man als die Elastizitätsgrenze des Materials. Steigern wir die Belastung noch weiter, so nimmt die bleibende Verlängerung immer mehr zu, der Querschnitt wird entsprechend geringer, bis der Stab endlich zerreißt. Die Belastung, bei welcher der Bruch erfolgt, heißt die Bruchgrenze; rechnet man diese auf die ursprüngliche Querschnittsgröße, so ergibt sich die Zugfestigkeit, die gewöhnlich ausgedrückt in Kilogramm auf ein Quadratcentimeter oder Quadratmillimeter des ursprünglichen Querschnitts bezogen wird.

Nach dem genauen Zusammenfügen der beiden Stücke der Zerreißprobe kann man die Länge des Stabes im Augenblick des Bruches messen, und man erhält durch Abziehen der ursprünglichen Maßlänge die Bruchdehnung, die in Prozenten einer gewissen anfänglich festgelegten Länge, gewöhnlich von 200 mm, angegeben zu werden pflegt. Die

Größe dieser Dehnung gibt ein Bild von der Zähigkeit des Materials. Kurz vor dem Bruche bemerkt man, daß die gleichmäßige Veränderung des Querschnitts sich nicht mehr über die ganze Länge erstreckt, sondern daß eine Stelle auffällig schwächer wird, daß eine Einschnürung entsteht, bis endlich der Bruch an dieser Stelle erfolgt. Durch Vergleich des Querschnitts an der Bruchstelle mit dem ursprünglichen erhält man die Querschnittsverminderung oder Kontraktion, die gleichfalls in Prozenten des Anfangsquerschnittes angegeben und, ebenso wie die Dehnung, als Maß für die Zähigkeit des Materials betrachtet wird.

In ähnlicher Weise wie Zerreißproben werden auch Biegeproben und Schlagproben vorgenommen. Man legt die Probestücke auf zwei in gewissen Abständen stehende Auflagen und belastet sie in der Mitte durch einen stetig wirkenden Druck oder durch das Aufschlagen eines schweren, aus einer gewissen Höhe herabfallenden Gewichtes (Bär). Aus der Größe der Durchbiegung erhält man ein Urteil über die Biegefestigkeit, Härte und Zähigkeit, also über die Brauchbarkeit des Materials für bestimmte Zwecke. Das Kugeldruckverfahren zur Bestimmung der Härte besteht darin, daß eine gehärtete Stahlkugel mittels Druck in die Oberfläche des zu prüfenden Materials eingetrieben, und daß dann der Durchmesser oder die Tiefe des Eindrucks bei einer gemessenen Belastung bestimmt wird.

Von dem Verein Deutscher Eisenhüttenleute sind „Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl“ aufgestellt worden. Ferner gibt es „Vorschriften für die Lieferung von Gußeisen“ von dem Deutschen Verband für die Metallprüfungen der Technik. Auf diese beiden „Vorschriften“ kann an dieser Stelle nur hingewiesen werden.

§ 36. Schutz der Eisenoberfläche.

Wie allgemein bekannt, hat das Eisen die üble Eigenschaft, sehr leicht zu rosten. Unter dem Einfluß von Feuchtigkeit und Kohlensäure verbindet es sich mit dem Sauerstoff der atmosphärischen Luft, überzieht sich mit einer Rostschicht, die allmählich weiterrißt, bis endlich das ganze Stück in eine braune Masse verwandelt ist, die in ihrer chemischen Zusammensetzung als Eisenhydroxyd dem Brauneisenstein gleichkommt.

Am wenigsten rosten Nichteisen und Nickelstahl, wie schon das stets Nickel enthaltende Meteorereisen zeigt. Die Frage, ob Flußeisen oder Schweißeisen leichter roste, ist zwar wiederholt aufgeworfen und erörtert, aber bisher noch nicht endgültig entschieden worden.

Die Schutzmittel gegen das Rosten bestehen fast ohne Ausnahme aus einer luft- und wasserdichten Umhüllung. Man unterscheidet Anstriche

und metallische Überzüge. Größere Flächen können unter Anwendung von Preßluft mit der Farbenstreichmaschine (Fig. 54) gestrichen werden. Eine solche Maschine besteht aus einem Luftbehälter, einem Farbeinsetztopf und einem Rührwerk. Durch die Wirkung der Preßluft steigt die Farbe in den Farbschlauch bis zur Austrittsdüse. Hier tritt durch einen zweiten Schlauch die Preßluft hinzu, die unter der Farbduße durch eine Zerstäuberdüse austritt und die Farbe selbst als feinverteilter Nebel kräftig zerstreut.

Ölfarbenanstriche sind als Kostschutzmittel am gebräuchlichsten. Leinölfirnis allein blättert leicht ab; besser ist als Grundierung dünnflüssiger, rasch trocknender Leinölfirnis, gemischt mit gut deckenden Farbstoffen, wie Graphit, Ocker, Eisenmennige (mit höchstens 20 % Ton), am besten aber mit Bleimennige angerieben. Unter Wasser hat sich nur Bleimennige bewährt. Nach dem Grundieren folgt der eigentliche Anstrich, wozu reiner Leinölfirnis mit Bleiweiß — nicht Zinkweiß —, Graphit und Zinkstaub, auch unter Kreidezusatz, am besten Schutz gibt. Damit sich keine Blasen bilden, soll der möglichst dünnflüssige Anstrich erst nach dem völligen Erhärten der unteren Schichten aufgetragen werden.¹⁾

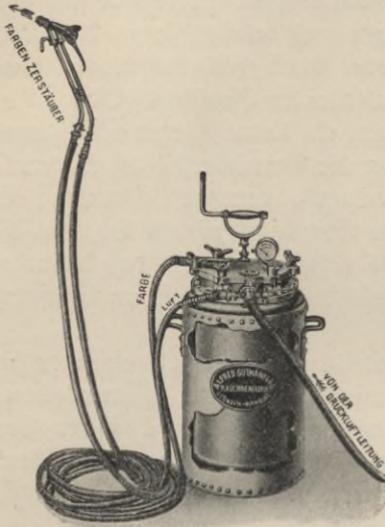


Fig. 54. Farbenstreichmaschine.

Harzölanstriche. Kostschutzmittel der deutschen Kriegsmarine:

Kautschuköl, eine Lösung von Kautschuk in Terpentinöl.

Teerüberzug (Asphaltlack) hat sich namentlich für gußeiserne Rohre und für Eisenteile, die mit dem feuchten Erdreich in Berührung kommen, bewährt. Oft werden die Eisenteile in einem besonderen Wärmeofen möglichst gleichmäßig erhitzt, dann bündelweise in das heiße Teerbad gebracht.

Portlandzement ist ein vorzüglicher Schutz für gegossene Stücke und ganze Eisenkonstruktionen. Der dünne, mit Wasser angerührte, reine Zement wird mit dem Pinsel 4—5 mal (nach jedesmaligem völligem Er-

¹⁾ Sütte (20. Aufl.) I, S. 570.

härten) auf die metallreinen Flächen gestrichen. Für Flächen, die dem Wasser ausgesetzt sind, wird Zement mit entrahmter Milch angemacht.

Von den metallischen Überzügen wird der aus Zink im Tiefbau am meisten angewandt. Während das Verzinken bisher durch Eintauchen der durch Abbeizen mit verdünnten Säuren gereinigten Eisen in geschmolzenes Zink erfolgte, wendet man in neuerer Zeit mit Vorteil elektrolytische Verzinkungsmethoden an. Verzinnete oder verbleite Eisen kommen im Tiefbau nur selten vor.

VIII. Gewicht und Festigkeit der Baustoffe.

§ 37. Eigengewichte.

1. Ministerialerlaß.

Baut Erlaß des preussischen Ministers der öffentlichen Arbeiten vom 31. Januar 1910 sind bei Hochbauten folgende Eigengewichte anzunehmen:

Baustoff	kg/cbm	Baustoff	kg/cbm
Erde, Sand, Lehm, naß . .	2100	Ziegelsteinen in Kalkmörtel .	1600
Erde, Sand, Lehm, trocken .	1600	Schwemmsteinen	1000
Kies, naß	2000	Kalksandsteinen	1800
Kies, trocken	1700		
Werkstücke und Quader- mauerwerk aus:		Beton aus:	
Granit, Basaltlava, Marmor	2800	Kies, Granitschotter u. dgl.	2200
Kalkstein	2500	Wie vor, einschl. Eiseneinlagen bei Eisenbeton	2400
Sandstein (schwerer Grau- waden- u. Keuper sandstein)	2700	Ziegelschotter	1800
Sonstigem Sandstein . . .	2400		
Tuffstein	1400	Bauhölzer:	
Bruchsteinmauerwerk aus Granit	2700	Kiefer, lufttrocken	650
Bruchsteinmauerwerk aus Kalkstein, Sandstein, Ton- schiefer u. dgl.	2500	Fichte	550
		Tanne	600
		Eiche	900
		Metalle:	
Mauerwerk aus künst- lichen Steinen, und zwar aus:		Guß Eisen	7250
Klinkern in Zementmörtel .	1900	Schweiß Eisen	7800
Hartbrandziegel in Kalk- zementmörtel	1800	Fluß Eisen	7850

2. Spezifische Gewichte der Baustoffe.¹⁾

Tabelle 25.

a) Bauholz.			
Eiche, lufttrocken	0,69—1,03	Dolomit	2,9
" frisch	0,95—1,28	Erde	1,34—2,0
Erlc, lufttrocken	0,42—0,68	Gabbro	2,9—3,0
" frisch	0,63—1,01	Glas	2,4—2,6
Eiche, lufttrocken	0,57—0,94	Gneis	2,4—2,7
" frisch	0,70—1,14	Granit	2,51—3,05
Fichte (Kottanne), lufttrocken	0,35—0,60	Kalk, gebrannt, gesch.	0,9—1,3
" " frisch	0,40—1,07	" gelöscht	1,15—1,25
Kiefer (Föhre), lufttrocken . .	0,31—0,76	Kalkmörtel, trocken	1,60—1,65
" " frisch	0,38—1,08	" " frisch	1,75—1,80
Lärche, lufttrocken	0,47—0,56	Kalksandsteine	1,89—1,92
" frisch	0,81	Kalkstein	2,46—2,84
Pechkiefer (Pitchpine), lufttr.	0,83—0,85	Kies	1,8—2,0
Rotbuche, lufttrocken	0,66—0,83	Kunstsandstein	2,0—2,1
" " frisch	0,85—1,12	Lava, basaltisch	2,8—3,0
Tanne (Weißtanne), lufttr. . . .	0,37—0,75	" trachytisch	2,0—2,7
" " frisch	0,77—1,23	Lehm, trocken	1,5—1,6
		" frisch gegraben	1,67—1,85
b) Metalle.		Marmor	2,52—2,85
Blei	11,25—11,37	Melaphyr	2,60
Eisen, chemisch rein	7,88	Mergel	2,3—2,5
Flußeisen	7,85	Quarz	2,5—2,8
Schweißeisen	7,80	Sand	1,4—2,05
Flußstahl	7,86	Sandstein	2,2—2,5
Schweißstahl	7,86	Syenit	2,5
Kupfer, gewalzt	8,9—9,0	Trachyt	2,6—2,8
Zink, gewalzt	7,13—7,20	Traß, gemahlen	0,95
		Tuffstein in Stück	1,30
c) Steine, Mörtel u. dgl.		" als Ziegel	0,8—0,9
Basalt	2,7—3,2	Ziegel, gewöhnlich	1,4—1,6
Beton	1,8—2,45	" Klinker	1,7—2,0

§ 38. Zulässige Spannungen.

1. Baugrund, Bausteine, Mauerwerk.

Nach dem Ministerialerlaß vom 31. Januar 1910 sind bei Hochbauten zulässig:

¹⁾ Nach der „Sütte“ (20. Aufl.).

Gegenstand	Druck kg/qcm
Guter Baugrund	3—4
Granit (Auflagersteine).	60—90
„ (Pfeiler und Gewölbe)	45—60
Sandstein (Auflagersteine).	30—50
„ (Pfeiler und Gewölbe)	25—30
Kalkstein und Marmor (Auflagersteine)	30—40
„ „ „ (Pfeiler und Gewölbe)	20—30
Gewöhnliches Ziegelmauerwerk in Kalkmörtel 1:3	7
Mauerwerk aus Hartbrandsteinen in Kalkzementmörtel (1 Zement, 2 Kalk, 6—8 Sand)	12—15
Mauerwerk aus Klinkern in Zementmörtel (1 Zement, 3 Sand und etwas Kalkmilch)	20—30
Mauerwerk aus Kalksandsteinen (1 Kalk, 3 Sand)	7
„ „ „ (1 Zement, 3 Kalk, 6—8 Sand)	12—15
Bruchsteinmauerwerk in Kalkmörtel	5

2. Beton und Eisenbeton.

Nach dem Ministerialerlaß vom 31. Januar 1910 sind bei Hochbauten zulässig:

für Fundamentmauern aus geschüttetem Beton 6—8 kg/qcm Druck,

„ „ „ gestampftem „ 10—15 „ „ .

Nach den preussischen „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten“ vom 24. Mai 1907 betragen die zulässigen Spannungen für 1 qcm:

Druckspannungen im Beton bei Biegungen = $\frac{1}{6}$ der Druckfestigkeit =
20—40 kg,

Druckspannungen im Beton bei Stützen = $\frac{1}{10}$ der Druckfestigkeit =
12—24 kg.

Schubspannung im Beton = 4,5 kg,

Haftspannung „ „ = 4,5 „

Zug- und Druckspannung im Eisen = 1000 „ .

Die „Österreichischen Regierungsvorschriften“, betreffend die Herstellung von Tragwerken aus Stampfbeton oder Eisenbeton, von 1908, enthalten bei Straßenbrücken folgende zulässige Spannungen:¹⁾

¹⁾ „Zement und Beton“ 1908, S. 416 a. Vorschriften des österreichischen Betonvereins sind in „Zement und Beton“ 1909, S. 472 enthalten.

Beton.

Material	Zement	Sand und Kies	Zement	Sand und Kies	Druckfestigkeit	Bei Biegung		bei zentrisch. Druck	Schubspannung	Zugspannung
						Druck	Zug			
	l	l	kg	cbm	kg/qem	kg/qem	kg/qem	kg/qem	kg/qem	kg/qem
Eisenbeton	1	3	470	1	170	33 + 0,21	19 + 0,11 (bis 22)	25	4	5
	1	4	350	1	150	29 + 0,21	18 + 0,11 (bis 21)	22	4	5
	1	5	280	1	130	25 + 0,21	16,5 + 0,11 (bis 19,5)	19	3	4
Stampbeton	1	3	470	1	170	33 + 0,21	2	20	3	—
	1	4	350	1	150	29 + 0,21	2	18	3	—
	1	5	280	1	130	25 + 0,21	1,5	16	2	—
	1	6	230	1	110	21 + 0,21	1,5	13	1,5	—
	1	9	160	1	75	13	—	9	—	—
	1	12	120	1	50	8	—	6	—	—

Eisen im Beton.

	Schweißeisen	Stußeisen
1. Zug- oder Druckspannung	750 + 21	800 + 31
bis höchstens	800	900
2. Absicherung, ausgenommen die Riete	500	600
3. Absicherung beim Riet	600	700
4. Druck auf Nietlochreibung	1400	1600
5. Zug- oder Druckspannung bei der Biegung	Stußeisen 1000	

Es bedeutet l die Stützweite in Metern. Der Beton soll nach sechswöchentlicher Erhärtung an der Luft mindestens vorstehende Druckfestigkeit und zwar senkrecht zur Stampfrichtung aufweisen.

3. Eisen.

Für Hochbauten sind nach dem Ministerialerlaß vom 31. Januar 1910 zulässig:

Nr.	Eisenforte	Spannung in kg/qem:			
		Zug	Druck	Ab- sicherung	Loch- leibungs- druck
1	Flußeisen in Trägern, Stützen, Dächern usw.	1200	1200	1000	2000
2	Flußeisen in Stützen, Dächern usw. bei genauer Berechnung	1400	1400	1400	2000
3	Flußeisen, wie vor, unter besonderen Umständen zulässig	1600	1600	—	—
4	Flußeisen in Ankeru	800	—	—	—
5	Für Schweißeisen sind die in Nr. 1 u. 2 für Flußeisen angegebenen Werte um 10 % zu ermäßigen.				
6	Guß Eisen in Auflagern	—	1000	—	—
7	Guß Eisen in Säulen	—	500	200	—
8	Schmiedestahl	1400	1400	—	—

Für Eisenbahnbrücken sind nach dem Ministerialerlaß vom 1. Mai 1903 folgende Spannungen zulässig:

	Flußeisen kg/qem	Schweißeisen kg/qem
1. Für Träger bis zu 10 m Stützweite . . .	800	750
2. Liegen die Schienen mittels Querschwellen auf den Längsträgern	750	700
3. Für Nietverbindungen:		
Absicherung für Träger nach Nr. 1 = 0,9 . 750	—	675
" " " " " 2 = 0,9 . 700	—	630
Lochleibung " " " " 1 = 2 . 675 .	—	1350
" " " " " 2 = 2 . 630 .	—	1260

Für Straßenbrücken bestehen in Preußen keine allgemeinen Bestimmungen.¹⁾ Württemberg hat folgende Vorschriften für Wegebrücken und dem öffentlichen Verkehr dienende Fußstege.

Es beträgt die zulässige Spannung bei Flußeisen:

- a) Für Hauptträger bei einer Stützweite l bis zu 15 m und für
Fahrbahnteile (Quer- und Längsträger, sowie Belageisen)

$$k = 1,1 (600 + 10 l) \text{ kg/qem.}$$

¹⁾ Bernhardt, Eisernen Brücken, S. 94.

b) Für Hauptträger von über 15 m Stützweite

$$k = 800 \left(1 \pm \frac{1}{2} \frac{P_{\min.}}{P_{\max.}} \right) \quad (10)$$

unter Beschränkung auf höchstens 1000 kg/qcm.¹⁾

c) Für den Horizontal- und Querverband, sowie für Fußwegkonstruktionen $k = 1000$ kg/qcm.

d) Für Niet- und Schraubenverbindungen: Stauchdruck $k_1 =$ zweifache Zug- oder Druckspannung des betreffenden Konstruktionsteiles unter Beschränkung auf 1600 kg/qcm.

Bei Schweißeisen sind vorstehende Werte um 10% zu ermäßigen.

Die Grundplatten der eisernen Aufleger sind so zu bemessen, daß der Druck auf Betonmauerwerk (ohne Auflagerquader) 20 kg/qcm, auf Auflagerquader aus Werkstein oder Kunststein 30 kg/qcm und auf Auflagerquader aus Granit 40 kg/qcm nicht übersteigt.

4. Holz.

Holzart	Zulässige Spannung in kg/qcm:			
	Zug	Druck	Biegung	Ab- sicherung
Eichenholz	120	66	—	—
Eichenholz	120	100	120	20
Eichenholz für zeitweilige Bauten . .	180	150	180	30
Kiefernholz	120	80	120	15
Kiefernholz für zeitweilige Bauten . .	180	120	180	22
Tannenholz	60	50	—	—

Die angegebenen Spannungen für Eichen- und Kiefernholz sind nach dem Ministerialerlaß vom 31. Januar 1910 für Hochbauten zulässig; die Spannungszahlen für Eichen- und Tannenholz sind aus der „Hütte“ entnommen.

¹⁾ In der vorstehenden Launhardt-Weyrauch'schen Formel bedeutet $P_{\max.}$ die größte und $P_{\min.}$ die kleinste Belastung. Es ist, wenn beide Belastungen in einem Sinne wirken (beide ziehen oder beide drücken),

$$k = 800 \left(1 + \frac{1}{2} \frac{P_{\min.}}{P_{\max.}} \right)$$

und, wenn die Belastungen im entgegengesetzten Sinne wirken (die eine zieht, die andere drückt),

$$k = 800 \left(1 - \frac{1}{2} \frac{P_{\min.}}{P_{\max.}} \right).$$

Zweiter Abschnitt.

Bauelemente.

Die Bauelemente — auch Konstruktionselemente genannt — bilden die einfachsten Bauteile aus Stein, Holz, Eisen, Eisenbeton usw., die bei den Bauwerken vorkommen. Nach diesen Baustoffen sollen auch die Bauelemente geordnet werden.

I. Bauelemente in Stein.

Wir können die Mauerwerke einteilen in Pflasterungen, Mauern und Gewölbe. Die Pflasterungen werden im „Wegebau“ näher beschrieben, hier bleiben besonders zu besprechen die Mauern und die Gewölbe.

§ 39. Mauern.

Bei Mauern, welche aus einzelnen Steinen bestehen, mögen diese mit Mörtel verbunden sein oder nicht, ist der sog. Verband die Hauptbedingung der Festigkeit. Man versteht unter Steinverband eine Zusammensetzung der einzelnen Steine derart, daß die lotrechten Fugen einer Mauer-schicht niemals auf die lotrechten Fugen der unteren Mauer-schicht treffen, sondern möglichst auf die Mitte der Steine, so daß „Boll auf Fuge kommt“. Die Verbindung der Steine nach den Regeln des Steinverbandes heißt dann das Mauern.

Bei der Aufeinanderfügung der Steine wird die Fläche, auf welche der Stein zu liegen kommt, das Lager und die Fuge, welche die wagrechte Trennung anzeigt, die Lagerfuge genannt. Die Aneinanderfügung heißt Stoß, und die Fuge, welche die lotrechte Trennung bezeichnet, die Stoßfuge. Die in der Ansicht der Mauer befindliche Fläche des Steines wird sein Haupt (Stirn) genannt. Befindet sich das Haupt eines Steines an der schmalen Seite und die lange Seite greift in die Mauer ein, so heißt der Stein ein Binder; in dem anderen Falle, wenn die lange Seite das Haupt bildet und die schmale Seite in die Mauer eingreift, heißt er ein Läufer. Kommen in einer Mauer-schicht nur Binder

vor, so wird sie Binderschicht, und kommen nur Läufer vor, so wird sie Läufer-schicht genannt. In der Regel werden die Steine auf die breite Seite gelegt, doch kommen auch Fälle vor, wo sie auf die hohe Kante gestellt — gerollt — werden. Die Höhe dieser Schichten, welche Roll-schichten genannt werden, ist dann der Breite des Steines gleich.

1. Mauern aus künstlichen Steinen. Beim Normalformat ($25 \times 12 \times 6,5$ cm) rechnet man eine Stoßfugenstärke von 1 cm, eine Lagerfugenstärke von 1,2 cm und somit auf 1 m Höhe des Mauerwerks 13 Schichten. Ein Normalstein enthält demnach:

mit Fugen $(25 + 1) \cdot (12 + 1) \cdot (6,5 + 1,2)$ cm rund 2600 ccm,
 ohne Fugen $25 \cdot 12 \cdot 6,5$ cm " 1950 "

Unterschied = Raum für Mörtel 550 ccm,
 d. h. im Mauerkörper sind rund 80% Normalsteine und rund 20% Mörtel. Hieraus ergibt sich ein Bedarf an Steinen:

Bei einer Mauerstärke von	Für 1 qm Ansicht Stück	Für 1 cbm Mauer Stück
$\frac{1}{2}$ Stein = 12 cm	50	417
1 " = 25 "	100	400
$1\frac{1}{2}$ " = 38 "	150	395
2 " = 51 "	200	392
$2\frac{1}{2}$ " = 64 "	250	391
3 " = 77 "	300	390
$3\frac{1}{2}$ " = 90 "	350	389
4 " = 103 "	400	388

Im Durchschnitt rechnet man für 1 cbm Mauer 400 Normalsteine. Die Mauerstärke beträgt allgemein für n halbe Steine = $13n - 1$ cm.

Für 1 qm Pflaster werden erforderlich:

Pflasterart	Bei flachem Pflaster Stück	Bei hochkantigem Pflaster Stück
Normalformat $25 \times 12 \times 6,5$ cm:		
Bei 1,0 cm starken Fugen	30	50
" 0,5 " " "	32	56
Klinker $22 \times 11 \times 5$ cm:		
Bei 1,0 cm starken Fugen	36	71
" 0,5 " " "	40	80

Für die Steinverbände gelten folgende Hauptregeln: Die Lagerfugen müssen möglichst horizontale Ebenen bilden. — Die Stoßfugen läßt man durch die Tiefe der Mauer gerade durchgehen oder versetzt sie innerhalb des regelmäßigen Mauerwerks um eine halbe, nie um eine viertel Steinlänge, da letztere stets Fugen der oberen und unteren, um $\frac{1}{4}$ Stein rückenden Schicht treffen würden. — Im Innern der Mauer müssen so viel Binder als möglich angewendet werden, um nach der Tiefe der Mauer halbe Steinüberdeckungen zu erhalten. — Es ist darauf zu achten, daß in jeder Schicht möglichst viele ganze Steine liegen, und nur so viel Dreiviertel-, Halbe- und Viertel-Steine, als zur Anordnung eines guten Verbandes nötig ist.

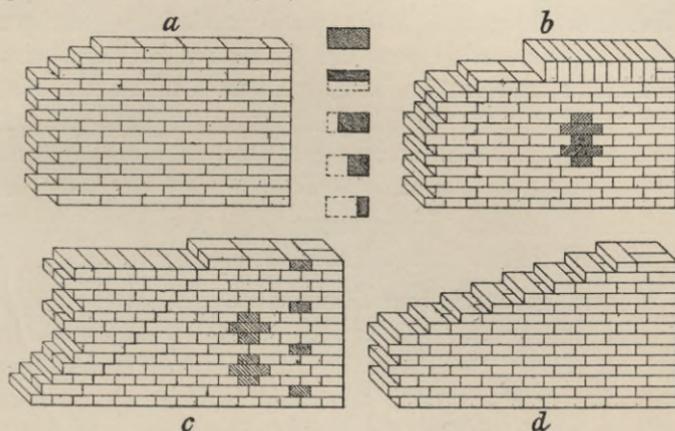


Fig. 55. Backsteinverbände.

Wir unterscheiden folgende Arten des Steinverbandes (Fig. 55):

Der Schornsteinverband (Fig. 55a). Er findet Anwendung bei $\frac{1}{2}$ Stein starken Mauern. Die Steine sind in regelmäßigen Schichten so zu verlegen, daß die Stoßfugen immer die Mitten der oberen und unteren Steine treffen. Die natürlichen Endigungen dieses Verbandes sind in Fig. 55a links dargestellt; der untere Teil dieser Figur bildet eine Verzahnung von $\frac{1}{2}$ Stein, der obere eine Abtrepfung von ebenfalls $\frac{1}{2}$ Stein.

Der Blockverband (Fig. 55b) ist ein einfacher und zweckmäßiger Verband für Mauern von 1 Stein Stärke ab. Es wechselt stets eine Läuferschicht mit einer Binderschicht derart, daß die Stoßfugen der einen Schicht immer mit denen der zweitnächsten Schicht in eine Lotrechte fallen. Beim Auseinanderreißen der Mauer würde die Trennung nach der stark ausgezogenen Linie erfolgen, die Bruchfläche also eine Verzahnung bilden.

Der Kreuzverband (Fig. 55c). Er ist schwieriger herzustellen als der Blockverband, liefert aber eine noch bessere Verbindung, weil die Fugen mehr versetzt werden. Er unterscheidet sich dadurch vom Blockverbande, daß die Stoßfugen einer Läufer-schicht nicht mit denjenigen der zweitnächsten Schicht, sondern mit denen der viertnächsten Schicht in eine Lotrechte zusammenfallen. Die Trennungsfläche würde beim Auseinanderreißen eine Abstieppung bilden, wie dieses durch die stark ausgezogene Linie angedeutet wird.

Der polnische Verband (Fig. 55d). Alle Backsteinverbände, bei denen nicht Binder- und Läufer-schichten miteinander abwechseln, vielmehr Läufer und Binder nebeneinander vorkommen, werden als polnische oder gotische Verbände bezeichnet. Dieser gemischte Verband steht zur Herstellung von Mauern, welche ganz aus Backsteinen bestehen, dem Block- und Kreuzverband um deswillen nach, weil zur Deckung der Stoßfugen im Innern der Mauer zu viel Stücke angewendet werden müssen. Dagegen eignet er sich zum Hintermauern von Quadern und zum Verblenden von Mauern, welche im Innern aus Bruchsteinen oder Beton bestehen.

Vorstehende Verbände finden vorzugsweise Anwendung bei Mauern aus Backsteinen, Kalksand- und rheinischen Schwemmsteinen.

2. Mauern aus natürlichen Steinen. Der Maurer soll die Steine satt und scharf vermauern, d. h. er soll so viel Mörtel verwenden, daß im Innern der Mauer alle Steine in Mörtel liegen, er soll dazu aber nur so viel Mörtel verbrauchen, als zum Ausgleichen der Unebenheiten der Steinflächen erforderlich ist; die Zwischenräume sind, nachdem sie mit Mörtel ausgeworfen, mit kleinen Steinen auszufüllen. 1 cbm Mauer aus Bruchsteinen erfordert etwa 1,2—1,4 cbm Steine und 0,15 cbm Mörtel. Alle Steine müssen auf ihr natürliches Lager gelegt werden, sog. „Schwaben“ dürfen nicht vorkommen.

Beim Bruchsteinmauerwerk sucht man die Steine nach den Regeln für die Backsteinverbände zu vermauern, die Lagerfugen werden möglichst gradlinig durchgeführt und in jede Schicht werden Binder angeordnet. Der Verband wird um so besser, je weniger Läufer zwischen je zwei Bindern kommen. In Fig. 56 sind verschiedene Bruchsteinmauern dargestellt.

Zyklopenmauerwerk (Fig. 57), auch Polygonwerk genannt, wird von den Griechen als ein Werk der Zyklopen bezeichnet. Dieses Mauerwerk bestand ursprünglich aus mächtigen, vielkantigen Felsblöcken, deren Zwischenräume durch kleinere Stücke ausgefüllt waren. Den Fortschritten der Technik entsprechend reihen sich später die Blöcke immer

enger und dichter aneinander, bis daß die Steine als unregelmäßige Prismen mit eben bearbeiteten Seitenflächen und mit Bösen versehenen Stirnflächen sich so aneinanderfügen und ineinanderpassen, daß das Mauer-

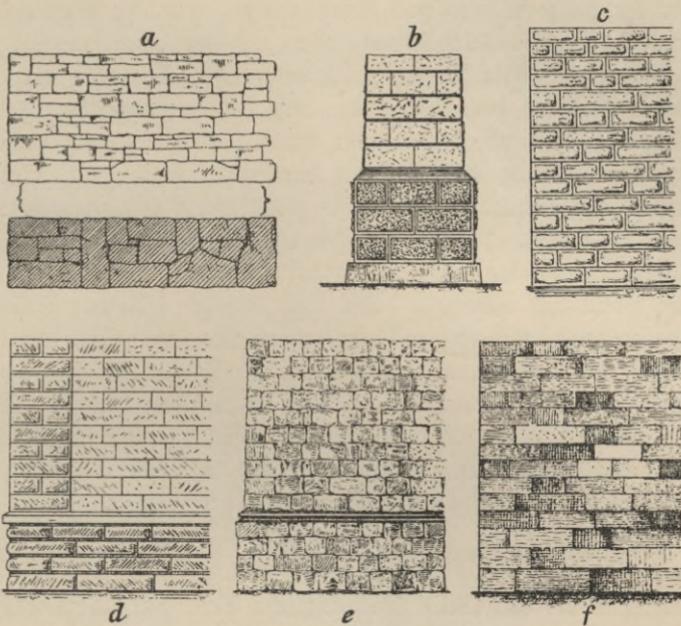


Fig. 56. Bruchsteinmauer.

haupt zwar einen scharfen Fugenschnitt, jedoch ohne bestimmtes Gefez, ohne regelmäßige Wiederholung zeigt.

Quadermauerwerk. Der Verband hat Ähnlichkeit mit dem des Ziegelbaues; nur verarbeitet man gewöhnlich Steine von verschiedener Größe, weil zu viel Material verloren gehen würde, wenn die Steine, wie sie sich im Steinbruch darbieten, alle auf gleiches Format gehauen würden. Die Quadern einer Mauer-schicht müssen jedoch gleiche Höhe haben. Die Höhe der Schichten nimmt gewöhnlich von unten nach oben ab; mitunter ist sie bei allen Schichten gleich, manchmal wechselt auch eine niedrige mit einer hohen Schicht ab. Die Quaderhöhe soll bei Sandsteinen nicht unter 20, bei Kalksteinen nicht unter 15 und bei Grauwacke und Tonschiefer-

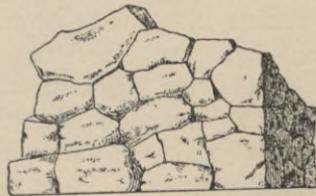


Fig. 57. Zyklopenmauer.

steinen nicht unter 12 cm betragen. Bei dem Verbande dürfen die Stoßfugen zweier aufeinanderfolgenden Schichten sich nie mehr als die halbe Höhe nähern. Man kann bei Verwendung der Quadern entweder die ganze Mauer aus diesen bilden, oder die Mauerstirn nur mit Quadern (Verblendsteinen) verblenden und zur Hintermauerung Backsteine, Bruchsteine oder Beton verwenden. Mit Quadern verblendetes Mauerwerk leidet an dem Übelstande, daß sich die verschieden gebildeten Teile ungleich setzen und voneinander trennen wollen. Man sucht dieses zu verhindern dadurch, daß man die Verblendsteine mit möglichst vielen Bindern in das Mauerwerk eingreifen läßt und die zahlreichen Mörtelfugen im Innern der Mauer möglichst eng gestaltet.

Bei allen Mörtelmauern ist darauf zu achten, daß sich der Mörtel mit dem Stein gut verbindet. Die vom Mörtel bedeckten Steinflächen sollen daher rauh, rein und nicht zu trocken sein, denn dem Mörtel darf das Wasser nur langsam entzogen werden. — Sollen Quadern besonders sorgfältig miteinander verbunden werden, so wendet man für die Stoßfugen eiserne Klammern oder H-förmige Eisen, für die Lagerfugen dagegen senkrecht stehende eiserne Bolzen (Dübel) an. Die Eisenteile werden in die Quadern eingelassen und mit Zement vergossen.

§ 40. Gewölbe.

1. Teile der Gewölbe. Die einzelnen Teile eines Gewölbes haben besondere Namen erhalten.

Widerlager werden diejenigen Begrenzungsmauern des zu überwölbenden Raumes genannt, auf welchen das Gewölbe ruht und die vermöge ihrer Standfähigkeit dem Druck des Gewölbes Widerstand leisten. Stirnmauern oder Schildmauern nennt man die Umfassungsmauern des überwölbten Raumes, welche nicht Widerlagsmauern sind. Die Innenfläche eines Gewölbes heißt Leibung, seine Außenfläche Rücken, seine vordere und hintere Begrenzungsfläche Stirn. Der höchste Punkt der Leibung ist der Scheitel.

Wölbsteine heißen die einzelnen Steine, welche das Gewölbe bilden. Die Zahl derselben ist in den meisten Fällen ungerade; der im Scheitel des Gewölbes befindliche Wölbstein heißt Schlußstein; jeder der beiden untersten auf dem Widerlager ruhenden Wölbsteine wird Anfänger genannt. Die geneigten Flächen, womit die Wölbsteine sich berühren, nennt man Lagerfugen, die lotrechten Berührungsflächen derselben Stoßfugen. Die Lagerfuge zwischen Gewölbeanfänger und Widerlager heißt Kämpferfuge, die Linie, in welcher sich Kämpferfuge und Leibung schneiden, Kämpferlinie. Die Entfernung der Kämpferlinien nennt man Spann-

weite, und mit Pfeilhöhe bezeichnet man die senkrechte Entfernung der Kämpferlinie vom Scheitel. Die zu den Widerlagern parallele Mittellinie des Gewölbes ist die Achse.

Gewölbeschenkel nennt man die beiden rechts und links von der durch den Scheitel gehenden Lotrechten befindlichen Teile. Durch die innere und äußere Wöblinie ergibt sich die Form und Stärke der Gewölbe.

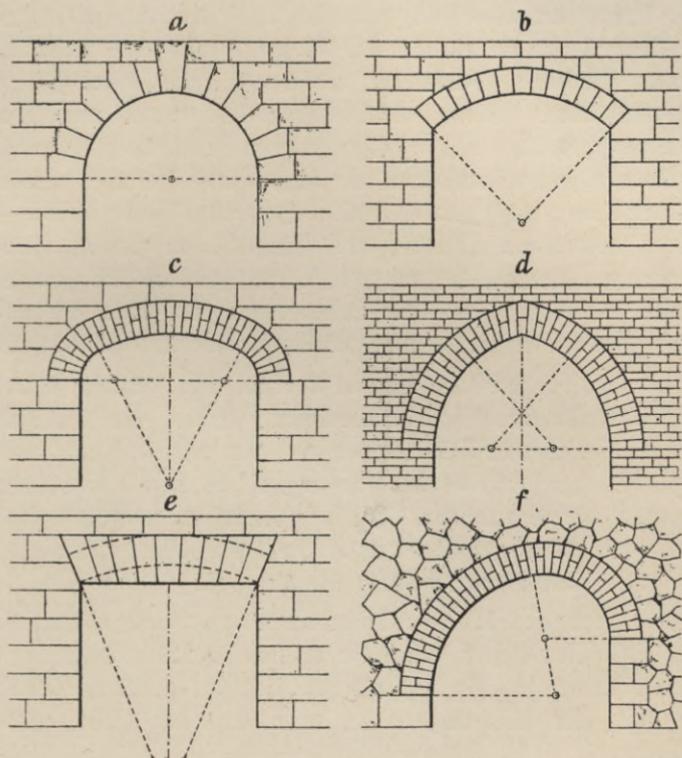


Fig. 58. Gewölbe.

2. Formen der Gewölbe (Fig. 58). Ist die innere Wöblinie ein Halbkreis, so entsteht ein Halbkreisgewölbe (Fig. 58 a), ist dieselbe ein Kreissegment, ein Segment- oder Stichbogengewölbe (Fig. 58 b), ist dieselbe aus mehreren Kreisbogen zusammengesetzt, so entsteht, wenn sie tangential ineinandergehen, ein Korbbogengewölbe (Fig. 58 c) und wenn sie im Scheitel einen Winkel bilden, ein Spitzbogengewölbe (Fig. 58 d). Gewölbe, deren innere Wöblinie eine Ellipse bildet, heißen elliptische, solche, deren Wöblinie eine Gerade bildet, scheinrechte

Gewölbe (Fig. 58 e). Die statisch günstigste Form hat ein Gewölbe, dessen Mittellinie mit der Mittellinie aller Pressungen im Gewölbe (der Stützlinie) zusammenfällt; ein solches Bauwerk heißt Stützliniengewölbe. Ist die Pfeilhöhe größer als die halbe Spannweite, so hat man ein überhöhtes, ist sie niedriger als die halbe Spannweite, ein gedrücktes Gewölbe. Haben die Widerlager verschiedene Höhe, so ist das Gewölbe einhüftig (Fig. 58 f).

3. Arten der Gewölbe. Enthält ein Gewölbe zwei gleichhohe parallele Widerlager, so entsteht das Tonnengewölbe, dessen Leibung nach einem Halbkreis, Stichbogen, Korbbogen, nach einer Ellipse usw. geformt sein kann. Kleine Stichbogengewölbe nennt man Kappen. Kurze Tonnengewölbe heißen Gurtbogen. Ein Tonnengewölbe ist gerade, wenn seine Stirnflächen auf seiner Achse senkrecht, und schief, wenn sie zu seiner Achse geneigt sind. Im ersten Falle ist der Grundriß des Gewölbes ein Quadrat oder Rechteck, im zweiten Falle eine Raute oder ein Trapez. Wenn zwei Tonnengewölbe sich schneiden, so nennt man die Schnittlinien der Leibungsflächen Grate. Je nach der Form der Grate unterscheidet man Klostergewölbe und Kreuzgewölbe.

Das Klostergewölbe hat in der Leibung vertiefte Grate, alle seine Umfassungsmauern sind Widerlager. Bildet der Grundriß ein Quadrat, so hat es vier Widerlagsmauern, vier vertiefte Grate und einen Scheitelpunkt. Der Scheitel des Klostergewölbes liegt lotrecht über dem Schwerpunkte der Grundfigur. Ist die Grundfigur ein Kreis, so bildet sich aus dem Klostergewölbe ein Kuppelgewölbe. Flache Kuppelgewölbe führen den Namen böhmische Kappen.

Das Kreuzgewölbe hat in der Leibung erhabene Grate; es wird in seiner einfachsten Gestalt durch die rechtwinklige Durchdringung zweier wagerechten Tonnengewölbe von gleicher Pfeilhöhe gebildet. Das Kreuzgewölbe hat vier Widerlagspunkte, vier erhabene Grate und zwei Scheitellinien.

4. Material und Aufbau der Gewölbe. Die Gewölbe werden hergestellt aus Haussteinen, Backsteinen, Bruchsteinen oder aus Haussteinen in Verbindung mit einem der beiden letzteren Materialien, aus Stampfbeton oder Beton und Eisen.

Die Gewölbe aus Steinen erhalten senkrecht zur Stirn und zur Leibung gerichtete, durch die ganze Stärke hindurchgehende Lagerfugen. Hieraus folgt die Keilform der Steine, welche bei den Ziegelsteinen unbequem wird. Die Ziegelsteine werden sortiert und die dünneren zu den inneren, die dickeren zu den äußeren Schichten ver-

wendet. Bei großen Stärken des Gewölbes werden entweder keilförmige Ziegel benutzt, oder das Gewölbe wird aus einzelnen konzentrischen Ringen hergestellt.

Auch bei schiefen Gewölben sollen die Lagerfugen der Theorie nach senkrecht zur Stirn und zur Leibung stehen. Hierbei erhält jede Wölb-schicht veränderliche Breite. Um diesen Übelstand zu vermeiden, konstruiert man meist die Lagerfugen als Schraubensflächen, die möglichst wenig von der theoretischen Lage abweichen. Die Schnitte dieser mit der Leibung stellen sich in der Abwicklung als gerade parallele Linien dar, die senkrecht auf den die Endpunkte je einer Stirnlinie verbindenden Sehne stehen. Die Kämpfer erhalten zackenförmige zur Aufnahme der einzelnen Wölbsteine bestimmte Vorsprünge. Bei schiefen Gewölben bedeutender Länge ist es zweckmäßig, die Mitte normal und die beiden Enden schief zu wölben.

Eine Umgehung der schiefen Wölbung ist möglich, wenn man das Gewölbe über Erfordernis verlängert oder verbreitert, bis sein Grundriß ein Rechteck wird.

Gewölbe aus Beton und aus Eisenbeton werden in Abschnitt IV näher besprochen.¹⁾

Aufmauerung der Stirnen. Wenn die Lagerfugen der Stirnmauer an die bogenförmige obere Begrenzung der Gewölbstirn einfach anlaufen, was man in der Ausführung freilich sehr oft findet, entstehen namentlich in der Nähe des Scheitels sehr spitze Steine, welche schwer zu bearbeiten sind und beim Versetzen leicht brechen. Die einfachste Art, dem Übelstande abzuhelpen, ist, daß man die zu scharfen Spitzen der Übermauerungssteine durch lotrechte oder radiale Fugen bricht (Fig. 58b und c), eine bei Bruchsteinbauwerken sehr häufige Anordnung. Bei Haufsteingewölben wendet man mitunter auch die Abtreppung der Wölbsteine an (Fig. 58a).

Über den Aufbau größerer Brückengewölbe und über die erforderlichen Lehrgerüste soll in Band II unter „Brückenbau“ Näheres angegeben werden.

§ 41. Kunstformen beim Mauerwerk.²⁾

Der natürliche Stein ist das bekannteste Baumaterial. Durch seine verhältnismäßig geringe Festigkeit und durch die Art seines Verbandes entstehen hier vorzugsweise große Massen, gegenüber den Holz- und Eisen-

¹⁾ Ähnliche Gewölbe waren schon zur Zeit Christi bekannt (Vitruvius V, 10).

²⁾ Gamann, „Ausgestaltung der Schaulächen von Brücken“ in der Wasser- und Wegebau-Zeitschrift 1911, Nr. 4.

bauten. Damit scheint für das allgemeine Verständnis, welches nicht nachrechnet, sondern nachfühlt, mehr Standfestigkeit und Dauer vorhanden zu sein. Dieser Eindruck kann noch gesteigert werden durch geeignete Bearbeitung der einzelnen Steine, durch den Mauerverband und auch durch den Fugenverstrich.

1. Bearbeitung der einzelnen Steine. Die einzelnen Bausteine müssen dem Zweck des Bauteils entsprechend gestaltet werden; kräftig und rauh die Steine der Stützen und Streben, leicht und glatt die der Füllungsglieder. Kräftig und rauh wird ein Mauerwerk erscheinen, dessen Steinhäupter bedeutend aus der Mauerfläche vorspringen und unbearbeitet bleiben. Scharf gezeichnete Fugen und Bossen geben einen kräftigen Charakter, doch muß der Stein eine gewisse Größe haben. Fugen und Umrahmung der bossierten Fläche müssen zur Größe des Steines in einem untergeordneten Verhältnis stehen; es ist unstatthaft, zwischen breit gezeichneten Fugen geringe Überbleibsel des Steines einzuschließen. Solche Steine erscheinen nicht kräftig, sondern aufgequollen, plattgedrückt, durch den Mauerdruck zerquetscht. — Leicht und glatt erscheint eine Wand aus sorgfältig bearbeiteten und sorgfältig gefugten Steinen, welche nicht vor der Flucht stehen, keine Auszeichnung an dem Haupte haben, und an den Kanten ebensowenig gezeichnet sind. Eine Wand, deren Bestimmung mehr Raumabschluß als Tragfähigkeit ist, wie die Gewölbezwickel der Brücken usw., wird derart gestaltet.

2. Mauerverband. In einer Mauer, die zu stützen oder große Lasten zu tragen hat, müssen Läufer und Binder angewandt werden. Je mehr Binder, um so öfter wird das Auge an die Tiefe oder Dicke der Mauer erinnert; einem Verbands aus lauter Bindern fehlt aber der Gegensatz. Die größte Energie dürfte eine Mauer zeigen, bei der Läufer und Binder abwechseln. Im Polygonverband wirkt die Fläche eines Steins als Ganzes und nach allen Seiten gleich. Ein solcher Verband ist geeignet für raumabschließende Wände, Brückenstirnen u. dergl., nicht aber für Stützen.

3. Fugenverstrich. Auch der Fugenverstrich soll dem Charakter der Mauer entsprechen. Er soll beim Schichtenverband den Stein mit einer scharf gezeichneten Linie umgrenzen, breiter und deutlich hervortretend bei rauhen Steinen, schmal und tief liegend bei glatten Verblendsteinen mit scharfen Kanten. In allen Fällen muß der Mörtel tief in die gut angeätzten und gereinigten Fugen eingedrückt und mit schmalen Fugeisen verstrichen werden.

4. Gesims (Fig. 59). Der wagerechte Abschluß der Mauern, Streben und Stützen, die wagerechte Trennung derselben, wird klar und

charakteristisch ausgedrückt durch das Gesims. Wir unterscheiden dem Zweck entsprechend Deckgesimse, Sockelgesimse und Bandgesimse.

Jedes Gesims besteht aus einzelnen Gliedern, welche nicht allein nach ihrer Größe voneinander verschieden sind, sondern auch nach ihrer Form und Profilierung. Die Profile sind geradlinig und gebogen. Die geradlinigen sind im großen Verhältnisse die Platten, im kleinen Verhältnisse die Plättchen und Riemchen, welche größeren Gliedern zur Trennung dienen (Fig. 59 a). Die gebogenen Glieder sind der Rundstab (Fig. 59 b), der zum Binden und im kleinen Verhältnisse zur Begrenzung größerer Glieder dient, ferner der Viertelstab oder Echinus (Fig. 59 c) mit dem Charakter des Tragbaren; die Kehlleiste (Fig. 59 d) mit demselben Charakter und des allmählichen Übertragens, weshalb auch sie, wie der Viertelstab bei Kragsteinen, als unterstützendes Glied größerer Glieder Anwendung findet; die Hohlleiste (Fig. 59 e) und die Hohlkehle (Fig. 59 f) verbinden die horizontale Fläche leicht mit der senkrechten und füllen passend die Winkel aus; die Einziehung (Fig. 59 g) veranschaulicht das Zusammenziehen und gibt der Form Leichtigkeit; das Karnies oder die Blockenleiste (Fig. 59 h) endet die Gesimse auf eine feine Art, sowohl oben als auch in umgekehrter Form am Fuße.

Die Deckgesimse bewirken den oberen Abschluß der Mauer; sie sollen letztere vor den Einwirkungen des Regens schützen und mitunter auch eine Erdbedeckung der Mauer tragen. In Fig. 59 i und k sind solche Deckgesimse dargestellt. Zur Ableitung der atmosphärischen Niederschläge erhält das Gesims eine bestimmte Ausladung (Vorsprung), die obere Fläche wird abgeschragt, die untere mit einer Wassernase versehen. Auf einer wagerechten Oberfläche würde das Wasser ebenso leicht nach hinten in die Mauerfugen, als auch nach vorn abfließen, und die Wassertropfen würden beim Fehlen der Wassernase keineswegs sämtlich an der vorspringenden Kante abfallen, sondern die Kante umgehen, vermöge der Adhäsion zum Stein an der Unterfläche des Vor-

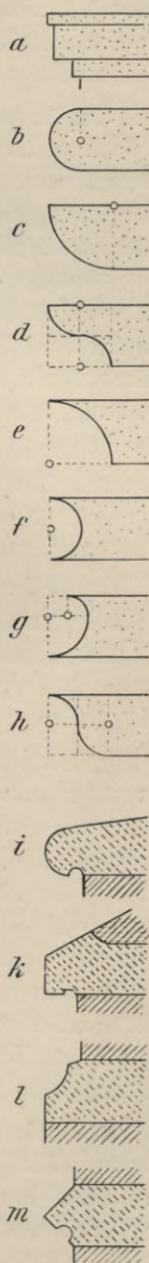


Fig. 59. Gesimse.

sprunges zurückfließen und doch zur Mauer gelangen. Wird das Gesims von einer Erdböschung dachartig überdeckt (Fig. 59k), so bildet in der Regel die Neigung des Gesimses und die der Erdböschung eine gerade Linie.

Das Sockelgesims (Fig. 59l) findet da Anwendung, wo die Last eines Mauerkörpers auf den um einen Vorsprung verbreiterten Sockel ausgeteilt werden soll. Die Übertragung erfolgt nicht plötzlich, sondern nach einer schrägen Linie oder Kurve. Die Grundform dieses Gesimses ist daher die Abschrägung. Durch diese Form wird die Übertragung der Last am anschaulichsten dargestellt. Der Grad der Abschrägung hängt zum Teil von dem Steinmaterial ab, zum Teil wird er durch den allgemeinen Charakter des Baues bedingt. Flache Form wird für Werke mit vorkullender Horizontalform und steile Form da, wo die senkrechte Erstreckung vorherrscht, angewandt.

Bandgesimse (Fig. 59m) sollen das Bauwerk wie ein Band umschlingen. Nach oben und nach unten sind sie untätig, und sie müssen, um dieses zu bezeichnen, im Vertikalschnitt richtungslos nach oben und unten symmetrisch gestaltet sein.

Durch die Profilierung der Quader und Gesimse wird die Verteilung des Lichtes und des Schattens bedingt, durch die richtige Verteilung von Licht und Schatten die Schönheit des Bauwerks gehoben. Diese Wirkung kann noch vergrößert werden durch die richtige Anordnung von Verzierungen und Farbe.

5. Verzierungen. Die Verzierungen müssen so beschaffen sein und so verteilt werden, daß der Beobachter aus dem Eindruck des Ganzen ein durchaus harmonisches Gesamtbild gewinnt. Einzelne Bauteile dürfen reicher geschmückt werden, dadurch wird die Harmonie nicht gestört; es wird nur die Gliederung besser ans Licht gestellt. In ein und demselben Bauwerk soll jedoch niemals die eine Verzierung eine bloße Verkleinerung der anderen sein. Selbst wenn dasselbe Motiv unterliegt, soll man dasselbe verschieden benutzen. Wird das Motiv allgemein, nicht aber als verkleinertes Modell benutzt, so entsteht eine bedeutsame Harmonie, weil das kleinere Schmuckwerk immer wieder die Erinnerung an die Hauptteile wachruft.

6. Farbe und Form sollen in ihrer ästhetischen Wirkung übereinstimmen. Die Farbe steht demnach auf gleicher Stufe wie die Verzierung. Man kann durch die Farbe zunächst die statischen Gegenätze der einzelnen Teile besser hervortreten lassen, indem man schwere Farben wählt für Teile, welche bedeutende Lasten tragen oder selbst gewichtige Massen sind, leichte Farben für Teile, die nichts zu stützen haben und

selbst ein verhältnismäßig geringes Gewicht besitzen. — Bei mehrfarbigem Mauerwerk kann man auch die geometrischen Gegenätze, das Hervortreten des einen und das Zurückliegen des anderen Teiles durch die Farbe klarer zeigen. In ihrer Totalwirkung muß aber die Farbe stets mit dem Charakter des Bauwerks übereinstimmen.

§ 42. Berechnung der Bauelemente in Stein.

1. Über Zug- und Druckfähigkeit. Wirken auf einen Körper äußere Kräfte, so tritt unter allen Umständen eine Formänderung des Körpers ein. Solange die Formänderung eine gewisse Grenze, die sog. Elastizitätsgrenze nicht überschreitet, verschwindet dieselbe wieder, sobald die äußeren Kräfte zu wirken aufhören, und der Körper nimmt seine ursprüngliche Form wieder an. Diese Eigenschaft der Körper nennt man Elastizität. Vergrößert man die Kräfte so weit, daß die Elastizitätsgrenze überschritten wird, so tritt zunächst eine bleibende Formveränderung, später der Bruch ein.

Kann ein Stab (Mauer) von 1 qcm Querschnitt eine Last von k kg tragen, so kann ein solcher vom F qcm Querschnitt eine Last Fk tragen. Es ist die Last (oder Kraft) P , mit der ein Stab in seiner Längsrichtung gedrückt oder gezogen werden darf,

$$P = Fk. \quad (11)$$

k führt den Namen Festigkeitskoeffizient oder zulässige Spannung und ist abhängig vom Material. Die zulässigen Spannungen für die verschiedenen Baustoffe sind im § 38 angegeben.

Unterhalb der Elastizitätsgrenze sind die Verlängerungen oder Verkürzungen des Stabes den Belastungen nahezu proportional. Diejenige Last, welche einen Stab von 1 qcm Querschnitt auf die doppelte (oder halbe) Länge ausdehnen würde, heißt „Elastizitätsmodul“.

2. Berechnung der lotrecht belasteten Mauern. Solche Mauern werden nach Formel 11 berechnet.

Beispiel: Welche Last kann ein in Kalkmörtel aufgeführter Pfeiler aus Ziegelmauerwerk von $0,38 \times 0,38$ m Querschnitt tragen?

$$P = 38 \cdot 38 \cdot 7 \text{ rund } 10100 \text{ kg.}$$

Beispiel: Auf Baugrund von 3 kg/qcm Tragfähigkeit ruht eine aus Hartbrandsteinen in Kalkzementmörtel aufgeführte Mauer, auf dieser ein Granitquader, auf dem wiederum eine gußeiserne Säule mit 12000 kg lastet. Welche Grundflächen müssen die einzelnen Teile haben?

$$\begin{aligned} \text{Säulenfuß} &= \frac{12000}{75} = 160 \text{ qcm} \\ \text{Quader} &= \frac{12000}{12} = 1000 \text{ „} \\ \text{Mauer} &= \frac{12000}{3} = 4000 \text{ „} \end{aligned}$$

Diese Berechnungsart gilt nur für gleichmäßig oder konzentrisch belastete Mauern; die Berechnung der einseitig oder exzentrisch belasteten Mauern wird bei den „Stützwänden“ gezeigt.

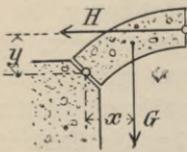


Fig. 60.

3. Über die Berechnung der Gewölbe.

Fig. 60 zeigt eine Gewölbehälfte, die durch ihr Eigengewicht G abwärts gezogen, um den Mittelpunkt der Kämpferfuge gedreht, die aber durch den im Scheitel wirkenden Druck H der anderen Gewölbehälfte im Gleichgewicht gehalten wird. Es muß demnach sein

$$Gx = Hy \quad (12)$$

Soll der Scheiteldruck und die hierdurch bedingte Dicke des Gewölbes klein werden, so muß y möglichst groß, Gx aber möglichst klein sein. Hieraus ergibt sich:

- man wähle eine große Pfeilhöhe, dann wird y groß;
- man wähle gutes, leichtes Material, dann wird G klein.

Bei der Ermittlung des Gewölbequerschnitts wird meist so verfahren, daß man die Gewölbestärke nach Erfahrungsregeln annimmt. Bei größeren oder schwer belasteten Gewölben wird dann deren Standfähigkeit oft noch mit Hilfe der Stützlinie untersucht, indem man für einzelne Gewölbefugen die Größe, Richtung und den Angriffspunkt der Mittelfkraft bestimmt, und hieraus die Randspannungen an den Gewölbeteilen ermittelt. Näheres wird in Band II unter „Brückenbau“ angegehen.

II. Bauelemente in Holz.

§ 43. Holzverbände.

Der Holzverband bezweckt eine Vereinigung von Balken und Bohlen zu ihrer Verlängerung, Verbreiterung, Winkelbildung oder Verstärkung. Jede Holzverbindung muß fest, dauerhaft und so beschaffen sein, daß sie dem Schwinden und Wachsen des Holzes Rechnung trägt. Festigkeit und Spaltbarkeit sind in der Richtung der Fasern am größten, daher soll die Holzverbindung so angeordnet werden, daß das Holz tunlichst in der Richtung der Fasern gezogen oder gedrückt, aber nicht gespalten

wird. Zur Erhöhung der Dauer müssen die Holzverbände ein Eindringen von Feuchtigkeit in die Fuge, also ein Entstehen der Fäulnis in derselben, möglichst verhindern; wenn dieses nicht vermieden werden kann, so muß wenigstens die Feuchtigkeit leicht abziehen und die Luft Zutreten können, um das Austrocknen zu befördern. Damit das Holz schwinden und wachsen kann, ohne daß eine Fuge entsteht, sich einzelne Teile lösen, oder in den Holzteilen ein Knistern und Knacken hörbar wird, darf niemals Langholz mit Querholz fest verbunden werden.

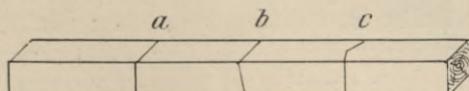


Fig. 61. Stöße.

1. Verbände zur Verlängerung der Hölzer.

a) Stöße (Fig. 61); sie dienen zur wagerechten Verlängerung der Hölzer.

Der gerade Stoß (Fig. 61a) widersteht nur einem Drucke nach der Längsachse der gestoßenen Balken. Der schiefe Stoß (Fig. 61b) und der Stoß mit Grat (Fig. 61c) erschweren auch das Verschieben nach bestimmten Seiten hin.

b) Blätter (Fig. 62). Sind die zu verbindenden Hölzer so lang, daß eine Überblattung ausgeführt werden kann, so ist diese den Stößen vorzuziehen.

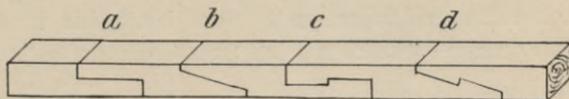


Fig. 62. Blätter.

Das gerade Blatt (Fig. 62a) ist eine einfache, gute und vielverwendete Holzverbindung; die Länge des Blattes wird der doppelten Balkenstärke gleichgenommen. Das schräge Blatt (Fig. 62b) hat dem geraden gegenüber den Vorzug, daß bei einer etwaigen Durchbiegung das Holz weniger leicht aufspaltet, denn der Hirnholzschnitt beträgt nicht wie beim geraden Blatt $\frac{1}{2}$, sondern nur $\frac{1}{6}$ der Balkenhöhe. Das gerade Hakenblatt (Fig. 62c) mit rechtwinkligen oder schrägen Hirnholzschnitten bezweckt die Verlängerung solcher Verbandhölzer, welche einem Zug oder Druck in der Längsachse widerstehen sollen. Das schräge Hakenblatt (Fig. 62d) dient demselben Zweck. Soll bei den

Hafenblättern auch eine seitliche Verschiebung der Verbandhölzer verhindert werden, so findet eine Befestigung durch Schrauben oder Holznägel statt.

Die Verlängerung der stehenden Hölzer — das „Anpropfen“ — wird in Band II unter „Grundbau“ beschrieben.

2. Verbände zur Verbreiterung der Hölzer (Fig. 63). Solche Verbände kommen namentlich bei den Spundwänden vor. Schwächere Spundbohlen erhalten Gratspundung (Fig. 63 a), Keilspundung (Fig. 63 b) oder halbe Spundung (Fig. 63 c); stärkere Bohlen werden mit voller quadratischer Spundung (Fig. 63 d) versehen. Vorteilhaft ist die Spundung mit eingesezter Feder (Fig. 63 e), weil bei dieser Anordnung Holz gespart und der ursprüngliche Querschnitt wenig geschwächt wird. Die Feder kann aus hartem Holz oder Eisen bestehen.

Durch die Spundung soll die Wand steifer und möglichst wasserdicht werden, auch soll die Spundung beim Eintreiben der Bohlen eine

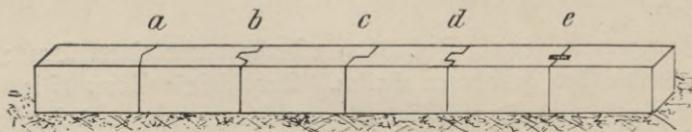


Fig. 63. Spundungen.

gewisse Führung übernehmen. Eine gute Führung geben die Bohlen nach Fig. 63 a, b, d, e, einen günstigen Wasserverschluß Fig. 63 c, d, e, denn die Fuge bleibt geschlossen, auch wenn die Bohle in ihrer Breite schwindet. Die geringste Versteifung der Wand gibt die halbe Spundung (Fig. 63 c).

3. Verbände zur Winkelformung.

a) Verzapfungen (Fig. 64). Der Zapfen oder die Verzapfung wird zu Winkelverbindungen, sowohl in lotrechten als auch in wagerechten und geneigten Ebenen angewendet.

Der gerade Zapfen (Fig. 64 a) erhält eine Länge gleich $\frac{1}{2}$ und eine Dicke gleich $\frac{1}{3}$ der Höhe des Balkens, in welchen er eingreifen soll. Der zurückgesetzte oder geästelte Zapfen (Fig. 64 b) dient für L-förmige Verbindungen, wie sie bei Eckpfosten vorkommen. Muß außer seitlicher Verschiebung auch ein Auseinanderziehen der Verbandstücke verhindert werden, so benutzt man den Schwalbenschwanzzapfen (Fig. 64 c) oder den Grundzapfen (Fig. 64 e). Letzterer wird bei Fundierungen angewendet, er soll ein Abheben der Kofschweller von den

Grundpfählen verhindern. Zu diesem Zwecke wird ein gewöhnlicher Zapfen beim Eintreiben in das nach innen sich schwalbenschwanzförmig erweiternde Zapfenloch so auseinander gefeilt, daß er das Zapfenloch vollständig ausfüllt. Wenn die Verbindungsstücke sehr stark sind, so erhalten sie Doppelzapfen (Fig. 64d). Der zur Eckverbindung dienende Schliß- oder Scherzapfen (Fig. 64f) wird gewöhnlich durch hölzerne Nägel befestigt.

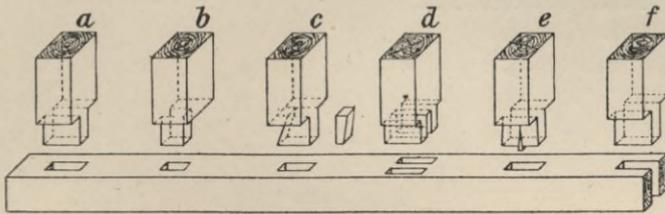


Fig. 64. Verzapfungen.

b) Überblattungen (Fig. 65). Diese finden ihre hauptsächlichste Verwendung bei der Verbindung von Schwellen untereinander, überhaupt bei allen Hölzern, deren Oberkanten in einer Ebene liegen. Bei der Verbindung sind drei Fälle möglich: die Verbandhölzer bilden ein +, ein T oder einen L. Den ersten Fall zeigt Fig. 65b; für den zweiten Fall zeigt Fig. 65c die einfache, Fig. 65d die schwalbenschwanzförmige, und Fig. 65e die hakenförmige Überblattung. Zur L-Bildung dient die in

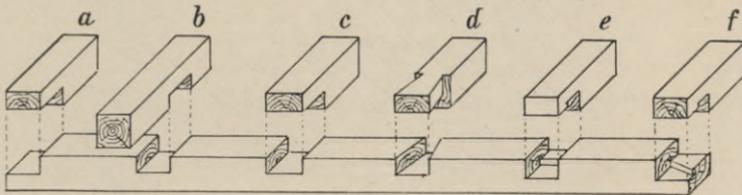


Fig. 65. Überblattungen.

Fig. 65a dargestellte einfache oder besser die horizontal unverschiebliche Hakenüberblattung mit Schwalbenschwanz (Fig. 65f).

c) Verkämmung (Fig. 66). Sie unterscheidet sich dadurch von der Überblattung, daß die Oberfläche der Verbandhölzer nicht bündig ist. In Fig. 66d ist die gewöhnliche Verkämmung dargestellt, in Fig. 66e der Kreuzkamm. Fig. 66b zeigt die schwalbenschwanzförmige Verkämmung für T- und Fig. 66a eine Verkämmung für Winkelform.

d) Versäzung (Fig. 67) wird dort in Anwendung gebracht, wo die Verbandhölzer einen spitzen Winkel bilden und das schrägstehende

Holz Strebe ist. Der Hirnholzschnitt der Versäzung fällt am besten in die Halbierungslinie des Einfallwinkels (stumpfen Winkels). Fig. 67b zeigt die einfache und Fig. 67c die doppelte Versäzung. Letztere wird hauptsächlich bei starken, sehr flach liegenden Hölzern angewendet. In Fig. 67a ist die zurückgesetzte Versäzung dargestellt, welche dort zur Anwendung kommt, wo für die gewöhnliche Versäzung nicht genügend Hirnholz im Balken vorhanden ist.

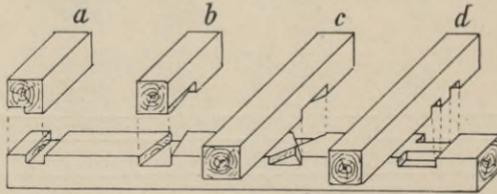


Fig. 66. Verkämmungen.

4. Verbände zur Verstärkung der Hölzer (Fig. 68). Wenn zwei gleichlange und rechtwinklig abgechnittene Balken (Fig. 68a), die auf zwei Stützen ruhen, belastet werden, so wird eine der Fig. 68b entsprechende Biegung eintreten. Hierbei werden die Fasern der Balken in der Richtung der Pfeile verschoben; es wird die hohle Seite der Balken kürzer, die erhabene Seite aber länger werden. Die Tragkraft dieser

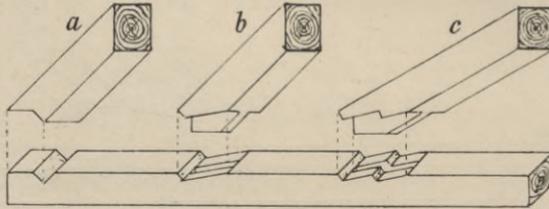


Fig. 67. Versäzungen.

Balken ist gleich der Summe der Tragfähigkeit der einzelnen Balken oder proportional der Höhe. Werden die Balken fest miteinander verbunden, so daß keine Längsverschiebung eintreten kann, so wird die Tragkraft proportional dem Quadrat der Höhe. Diese Verbindung kann auf folgende Arten geschehen:

a) Verzahnte Träger (Fig. 68c). Die Zähne müssen, den Pfeilen entsprechend, auf beiden Seiten eines Trägers verschiedene Richtung haben. Um einen genauen Schluß der Zähne herbeizuführen, biegt man die zu vereinigenden Balken vor dem Vorreißen der Zähne um $\frac{1}{60}$ der

Länge nach oben durch — man sprengt sie. Da sich nun die unteren Fasern des oberen Holzes zu verlängern, die oberen Fasern des unteren Holzes zu verkürzen suchen, so drücken sich die Zähne fest ineinander. Zur Verhütung des gegenseitigen Eindringens der Fasern treibt man zwischen die Zahnstirnen oft Dübel aus hartem Holz oder Eisenblech ein. Die Träger müssen miteinander verschraubt werden.

b) Verdübelte Träger (Fig. 68 d u. e). Die Längsverschiebung der Balken wird verhindert durch besondere Holzklöße, welche in beide Hölzer eingreifen, sog. Dübel (Düppel, Döbel, Diebel, Debbel, Dollen). Die Dübel bestehen aus hartem, am besten Eichenholz; sie werden entweder in rechtwinkliger oder schiefer Lage angebracht. Da sie stets als einfache oder Doppelkeile geformt sind, so kann durch Nachtreiben immer

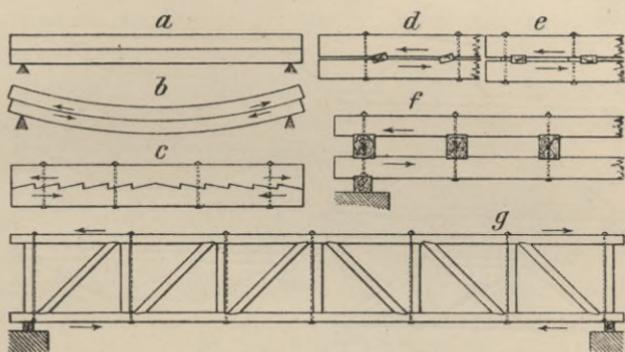


Fig. 68. Verstärkungen.

ein genauer Schluß hergestellt werden. Die schiefen Dübel müssen der Richtung des Schubes entsprechend angeordnet sein, also wie die Zähne der verzahnten Träger. Man läßt gern zwischen den Balken einen kleinen Zwischenraum für Luftzutritt und Erhöhung der Tragfähigkeit.

c) Klöbelträger (Fig. 68 f). Ersetzt man die niedrigen Dübel durch hohe Holzklöße, so erhält man die Klöbelträger. Diese finden meist Verwendung beim Bau hölzerner Brücken; die Querträger einer Brücke gleichzeitig als Klöbel für die Tragbalken zu benutzen, hat sich wenig bewährt. Die heftigen Erschütterungen beim Verkehr rütteln solche Verbindungen rasch los und richten die Brücke zugrunde.

Die Klöbelträger empfiehlt schon Navier in seiner Baumechanik mit der Begründung, daß die Tragfähigkeit mit der Größe der Entfernung beider Balken rasch wachse. Werden jedoch die Klöße zu hoch oder durch Ständer ersetzt, so wird die Längsverschiebung der Balken in

der Richtung der Pfeile nicht mehr verhindert. Um dem Verschieben der Balken entgegenzuwirken, müssen die in Fig. 68g gezeichneten Streben angebracht werden. Wir gelangen dann zu Fachwerktägern, zu den Hänge- und Sprengwerken und den daraus abgeleiteten Hilfskonstruktionen.

§ 44. Das Hängewerk und seine Umkehrung (Fig. 69).

Diejenige Konstruktion, bei welcher ein Balken, der an beiden Enden ausliegt und durch eine Zimmerung an einem Punkte oder mehreren derart unterstützt wird, daß kein Seitendruck stattfindet, heißt

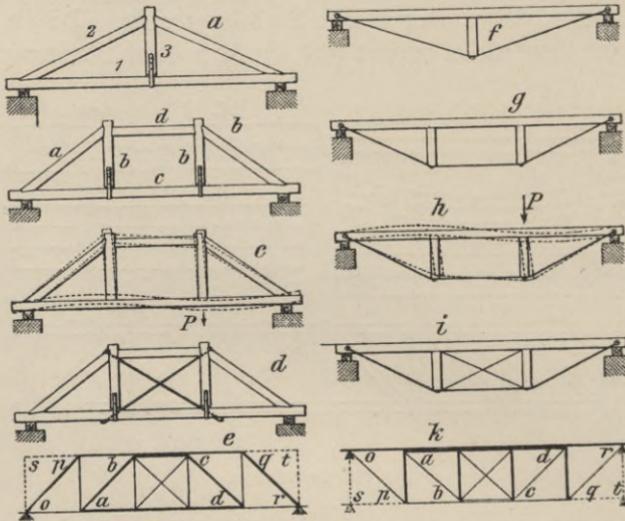


Fig. 69. Hängewerk und seine Umkehrung.

ein Hängewerk. Bei einem Aufhängepunkte besteht dasselbe aus dem Spannbalken 1 (Fig. 69a), zwei Hängestreben 2 und der Hängefäule 3. Die Konstruktion heißt einfaches Hängewerk. Beim doppelten Hängewerk (Fig. 69b) sind zwei Hängefäulen und außerdem zwei Hängestreben, ein Spannbalken und ein Spannriegel vorhanden. Im ersten Falle bilden die beiden Streben, im zweiten Falle die beiden Streben und der Spannriegel den eigentlichen Tragbock. Der Neigungswinkel der Streben gegen den Spannbalken soll nicht kleiner als 25° sein; die Länge der Streben und des Spannriegels darf, damit keine Ausbiegung entsteht, höchstens 5 m betragen.

Das in Fig. 69b dargestellte Hängewerk ist standfähig bei einer gleichmäßig verteilten Belastung; bei einer Einzellast P dagegen würde

daselbe die in Fig. 69c punktiert angegebene Form annehmen, d. h. die Hängesäule bei P würde sich senken und die andere Hängesäule heben. Soll die Formänderung vermieden werden, so muß die in Fig. 69d angegebene Kreuzverankerung oder ein sog. Andreaskreuz eingebracht werden.

Reichen zwei Unterstützungen wie in Fig. 69d nicht aus, so werden mehrere Systeme ineinander geschoben (Fig. 69e). Das doppelte Hängewerk a b c d wird in a und d aufgehängt an die Hängesäulen a p und d q, welche letztere Teile des Hängewerkes o p q r bilden. Man erhält alsdann einen trapezförmigen Fachwerkträger, oder, wenn man die Verbandhölzer o s, s p, r t, t q noch hinzufügt, einen Fachwerkträger mit parallelen Gurtungen und Endvertikalen.

In diesem Fachwerk werden alle Vertikalen (Hängesäulen) gezogen; alle Diagonalen (Streben) gedrückt, die untere Gurtung (der Spannbalken) gezogen und die obere Gurtung (der Spannriegel) gedrückt. Statt mit dem doppelten Hängewerk a b c d kann man auch mit einem einfachen Hängewerk beginnen. Im ersten Falle erhält man beim Fachwerkträger ein Mittelfeld mit gekreuzten Diagonalen; im zweiten Falle erhält man in der Mitte eine Vertikale.

Umgekehrte Hängewerke. Denkt man sich das eigentliche Hängewerk so umgeklappt, daß die Hängestreben unterhalb des Spannbalkens liegen, so wird der letztere auf Druck und Biegung, die Hängesäulen (jetzt Pfosten oder Stempel genannt) werden auf Druck, die Streben und Riegel (hier Zugstangen) dagegen auf Zug beansprucht, es entsteht das umgekehrte Hängewerk, oder der unterspannte Balken. Die Zugstangen werden stets aus Eisen gefertigt, weil Zugverbindungen aus Holz nicht gut ausgeführt werden können. — Auch dieses Hängewerk ist einfach (Fig. 69f) oder doppelt (Fig. 69g), je nachdem der Spannbalken von einem oder zwei Stempeln unterstützt wird. Es muß ebenfalls die in Fig. 69i dargestellte Kreuzverstrebung erhalten, wenn es nicht bei einseitiger Belastung die punktierte Form der Fig. 69h einnehmen soll.

Reichen zwei Unterstützungen nicht aus, so werden wie beim eigentlichen Hängewerk mehrere Systeme ineinander geschoben, d. h. zu einem Fachwerkträger vereinigt (Fig. 69k). Das umgekehrte Hängewerk a b c d wird an seinen Endpunkten auf die Pfosten a p und d q gelagert, welche letztere wieder Teile des umgekehrten Hängewerkes o p q r bilden. Soll das Hängewerk bei s und t gelagert werden, so müssen die punktierten Glieder o s, s p, r t, t q noch hinzugefügt werden.

In diesem Fachwerkträger werden die Vertikalen auf Druck, die Diagonalen auf Zug beansprucht; die obere Gurtung wird gedrückt, die untere gezogen.

Bei sämtlichen Fachwerkträgern, welche aus dem eigentlichen oder dem umgekehrten Hängewerke abgeleitet werden, nimmt die Spannung bei den Gurtungen nach der Mitte hin zu, bei den Vertikalen und Diagonalen nach der Mitte des Trägers hin ab.

§ 45. Das Sprengwerk und seine Umkehrung (Fig. 70).

Diejenige Konstruktion, bei welcher ein Balken, der an beiden Enden ausliegt und durch eine Zimmerung an einem oder mehreren Punkten derart unterstützt wird, daß die Konstruktion einen Seitendruck ausübt, heißt ein Sprengwerk. Das Sprengwerk ist anzusehen als ein mehrfach unterstützter Balken, bei dem die Stützen nicht lotrecht, sondern schräg angebracht worden sind. Je nach der Anzahl der unterstützten Punkte unterscheiden wir wieder einfache Sprengwerke (Fig. 70 a) und doppelte Sprengwerke (Fig. 70 b). Das Sprengwerk besteht aus dem

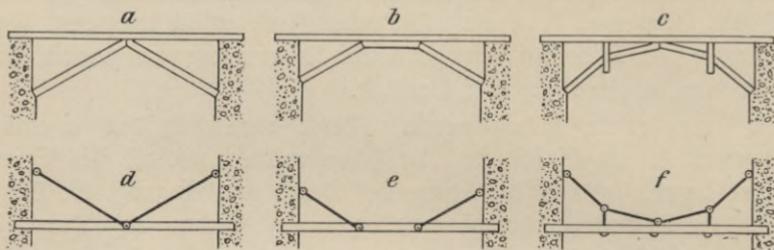


Fig. 70. Sprengwerk und seine Umkehrung.

Balken und den Streben, zu denen beim doppelten Sprengwerk noch ein Spannriegel hinzukommt. Die Sprengstreben sollen zweckmäßig nicht weniger als 30° gegen den Horizont geneigt und höchstens 5 m lang sein.

Das Sprengwerk kann auch nach Fig. 70 c gestaltet werden, indem man die Sprengstreben aus einzelnen Stücken zusammensetzt, so daß sie gebrochene Linien bilden. Werden die Sprengstreben nicht aus geraden, sondern aus gebogenen Stücken derart zusammengesetzt, daß ein Bogen entsteht, so hat man ein Gewölbe. Bei den Steingewölben bildet, genau genommen, die Wölblinie keinen Bogen, sondern eine aus geraden Stücken zusammengesetzte Linie; ein Steingewölbe ist ein Sprengwerk mit kurzen geraden Sprengstreben (Wölbsteinen).

Die Umkehrung des Sprengwerks verwendet man in der Regel bei den Hängebrücken. Die Umkehrung der Wölblinie ist die „Seillinie“. Die Seillinie wird auch benutzt zur Ermittlung der Gewölbstützlinie, wie in Band II gezeigt werden soll.

§ 46. Kragwerke.

1. Erklärung. Das Kragwerk (Fig. 71) ist eine Tragkonstruktion, die seitlich über ihre Unterstüzung hinausragt oder hinausragt. Ein Kragwerk muß demnach stets so befestigt sein, daß es nicht kippen kann. Die Kragträger finden in der Neuzeit die weiteste Anwendung. Auch die größte Brücke — die Forthbrücke — ist als Kragträger ausgestaltet. Kragträger haben auch den Vorteil, daß sie ohne Gerüst aufgestellt werden können; sie werden, am Auflager beginnend, einfach immer weiter vorgebaut.

Ist ein Träger nur an einem Ende unterstüzt, so heißt er Freitragter. Jeder Freitragter ist ein Kragträger. Wird ein Träger an mehreren Stellen unterstüzt, so hat das Kragwerk den Zweck, die Stützweite zu verringern. Beide Fälle kommen oft vor, namentlich im Brückenbau, die Freitragter als Konsolen zur Aufnahme der Fußwege, die Aus-

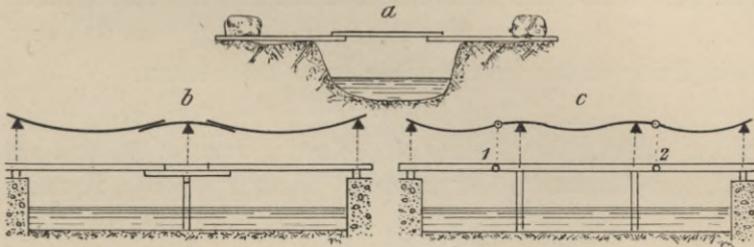


Fig. 71. Kragwerke.

fragungen zur Verminderung der Stützweite bei den Trägern, die auf zwei und mehr Stützen ruhen.

2. Träger auf einer Stütze. Hat ein solcher Freitragter, überall gleichen Querschnitt, so liegt sein gefährlicher Querschnitt an der Einspannstelle.

3. Träger auf zwei Stützen. Fig. 71 a zeigt einen solchen Träger mit seinem Kragwerk und zwar an einer Brücke, wie sie oft über die wilden Gebirgswässer im Kanton Wallis hinwegführen. Auch die Sattelhölzer der Brückenbalken sind solche Kragwerke, welche lediglich den in Fig. 71 b gezeigten Zweck haben, nämlich die Stützweite zu verringern.¹⁾

4. Träger auf mehr als zwei Stützen. Solche durchgehende oder kontinuierliche Träger werden oft in den Punkten 1 und 2 (Fig. 71 c) durchschnitten, um an Material zu sparen. Die Stützweite der beiden Außenträger wird dadurch vermindert; der Träger im Mittelfeld wird

¹⁾ Brückenbalken mit Sattelhölzern folgen in Band II unter „Brückenbau“.

gewissermaßen an seinen Stützpunkten eingespannt, dadurch aber seine Tragfähigkeit erhöht, wie in § 47 gezeigt wird.

5. Kragwerk für Erddruck. Solche sind u. a. die „Winkelstützwand“ aus Eisenbeton, welche im „Wegebau“ näher beschrieben wird, und die Fundamentverbreiterung, wie sie im „Grundbau“ vorkommt. Erstere erhält den Erddruck von der Seite, letztere von unten.

§ 47. Berechnung der Bauelemente in Holz.

1. Über Biegezugfestigkeit (Fig. 72). Bei der Beanspruchung auf Biegung haben wir es stets mit der Beanspruchung durch ein Moment zu tun. Ist z. B. ein Balken an einem Ende unwandbar befestigt und am anderen Ende durch eine Kraft P belastet (Fig. 72a), dann werden in bezug auf die verschiedenen Stellen des Balkens verschiedene Momente wirksam, welche einen Bruch an den verschiedenen Stellen erstreben. So würde ein Bruch an der Stelle E durch das Moment

$$M = P \cdot (1 - x)$$

und ein Bruch an der Einmauerstelle durch das Moment

$$M = P l$$

verursacht werden. Jedes durch die Belastung erzeugte Moment nennen wir „Biegemoment“, „angreifendes Moment“ oder „Moment der äußeren Kräfte“.

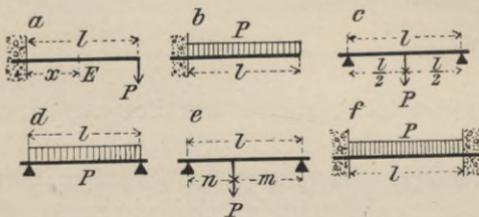


Fig. 72. Biegung.

Damit der Stab nicht bricht, müssen die in dem Innern tätig werdenden Kräfte — das sind die in den einzelnen Fasern auftretenden Widerstände — ein Moment erzeugen, welches dem Biegemoment gleich ist und

diesem entgegengesetzt wirkt. Dieses widerstehende Moment nennt man „das Moment der inneren Kräfte“.

Das Moment der inneren Kräfte heißt in allen Fällen bei Stäben mit gleicher Zug- und Druckfestigkeit

$$M = k W. \quad (13)$$

Unter k versteht man den Festigkeitskoeffizienten oder die zulässige Spannung. Für die wichtigsten Baustoffe ist die zulässige Spannung in § 38 angegeben. W führt den Namen Widerstandsmoment; es umfaßt alle Faktoren, welche von dem Querschnitt des Stabes abhängig

sind. Die Widerstandsmomente für die rechteckigen Balkenquerschnitte sind in § 29, die für die Querschnitte der gewalzten Eisen in § 34 angegeben.

Das Moment der äußeren Kräfte ist abhängig einmal von der freitragenden Länge des Trägers und der Art der Unterstützung und zum anderen von der Art und Größe der Belastung. Die Momente für die wichtigsten Fälle sind folgende:

Der Balken ist an einem Ende eingeklemmt und trägt am freien Ende eine Last (Fig. 72a):

$$Pl = kW. \quad (14)$$

Der Balken ist an einem Ende eingeklemmt und trägt eine gleichmäßig verteilte Last (Fig. 72b):

$$\frac{Pl}{2} = kW. \quad (15)$$

Der Balken ruht auf zwei Stützen frei auf und trägt in der Mitte eine Einzellast (Fig. 72c):

$$\frac{Pl}{4} = kW. \quad (16)$$

Der Balken ruht auf zwei Stützen frei auf und trägt eine gleichmäßig verteilte Last (Fig. 72d):

$$\frac{Pl}{8} = kW. \quad (17)$$

Der Balken ruht auf zwei Stützen frei auf und trägt eine beliebige Einzellast (Fig. 72e):

$$\frac{Pm \cdot n}{l} = kW. \quad (18)$$

Der Balken ist an beiden Enden eingeklemmt und trägt eine gleichmäßig verteilte Last (Fig. 72f):

$$\frac{Pl}{12} = kW. \quad (19)$$

Es bedeutet stets P die Last (in kg) und l die Länge (in cm).

2. Berechnung der Balken.

Beispiel: Welche Last kann ein Balken aus Kiefernholz, der an beiden Enden frei aufliegt, in der Mitte tragen, wenn die freitragende Länge 5 m ist und der Balken einen Querschnitt von 16×22 cm hat?

Nach Formel 16 ist:

$$\frac{Pl}{4} = kW; \quad P = \frac{4kW}{l},$$

$$k = 120 \text{ kg/qcm nach § 38, S. 100,}$$

$$W = 1291 \text{ cm}^3 \text{ nach } \S 29, \text{ Tabelle 8,}$$

$$l = 5,0 \text{ m} = 500 \text{ cm,}$$

$$P = \frac{4 \cdot 120 \cdot 1291}{500} \text{ rund } 1240 \text{ kg.}$$

Beispiel: Welche Abmessungen muß ein Eichenbalken erhalten, wenn derselbe bei 4,0 m Stützweite eine gleichmäßig verteilte Last von 4000 kg tragen soll?

Nach Formel 17 ist:

$$\frac{Pl}{8} = k W; W = \frac{Pl}{8},$$

$$P = 4000 \text{ kg; } l = 400 \text{ cm,}$$

$$k = 120 \text{ kg/qcm nach } \S 38, \text{ C. 100,}$$

$$W = \frac{4000 \cdot 400}{8 \cdot 120} = 1667 \text{ cm}^3.$$

Dem entspricht z. B. ein Querschnitt von $18 \times 24 \text{ cm}$, der nach Tabelle 8 ein $W = 1728$ hat.

Würde dieser Balken an beiden Enden eingeklemmt, so genügte ein

$$W = \frac{4000 \cdot 400}{12 \cdot 120} = 1111 \text{ cm}^3$$

und ein Balkenquerschnitt von $18 \times 20 \text{ cm}$ mit $W = 1200 \text{ cm}^3$. Es kann demnach bei Trägern, die auf mehr als zwei Stützen ruhen, durch eine Anordnung nach Fig. 71c auch für das Mittelfeld bedeutend an Holz gespart werden.

Die Berechnung der übrigen Tragkonstruktionen soll in Band II gegeben werden.

III. Bauelemente in Eisen.

Das Eisen besitzt eine viel größere Verbindungsfähigkeit als Steine und Holz. Während die Stein- und Holzverbindungen in der Regel nur eine Beanspruchung auf Druck zulassen, können zwei Eisenstäbe derart zu einem Ganzen verbunden werden, daß die Verbindungsstelle dieselbe Beanspruchung aushalten kann, wie die nicht verbundenen Teile. Die Verbindung erfolgt meist durch Bolzen oder Schrauben, durch Nieten oder durch Schweißen.

§ 48. Bolzen und Schrauben.

Bolzen und Schrauben geben stets eine lösbare Verbindung, im Gegensatz zu den Verbindungen durch Nieten und Schweißen.

1. Bolzen. An jeder Verbindungsstelle wird stets nur ein Bolzen angebracht und zwar so, daß die einzelnen Teile sich gelenkartig bewegen

können. Namentlich im amerikanischen Brückenbau findet diese Verbindungsart oft Anwendung. Der Bolzen wird im wesentlichen auf Schub und Biegung beansprucht; er muß das Bolzenloch genau ausfüllen, um den Druck auf eine möglichst große Fläche zu verteilen. Daher wird er meist etwas konisch gestaltet, abgedreht und das Bolzenloch sorgfältig ausgebohrt. Oft erhält der Bolzen an beiden Seiten Schraubenmuttern, um ein seitliches Verschieben desselben zu verhindern.

2. **Schrauben** (Fig. 73). Diese sollen in erster Linie die zu verbindenden Teile in der Längsrichtung der Schrauben zusammenhalten und aneinanderpressen. Manchmal haben sie auch noch den Zweck, den Druck quer zur Schraubenachse aufzunehmen. Dann müssen sie, wie die Bolzen, abgedreht und in die ausgebohrten Löcher gut schließend eingepaßt

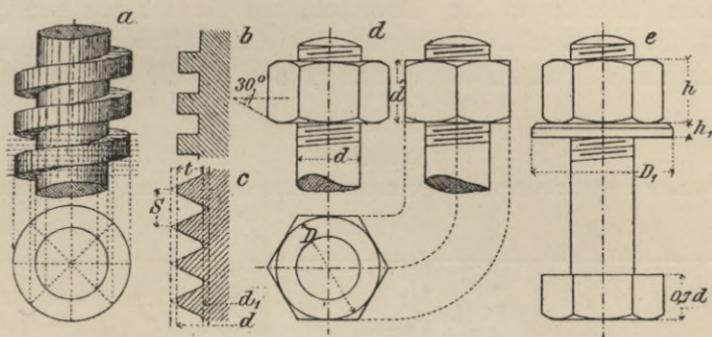


Fig. 73. Schrauben.

werden. Gewöhnlich wird der Schraubenbolzen auf der einen Seite mit Kopf, auf der anderen mit Gewinde und Mutter versehen.

Bei den Schrauben ist das Gewinde spiralförmig in den Bolzen eingeschnitten; einen Umlauf des Gewindes nennt man Gang. Gehören alle Gänge einer Spirale an, so wird die Schraube eingängig genannt (Fig. 73a), gehören die Gänge mehreren Spiralen an, so heißt sie mehrgängig.

Steigt das Gewinde von links nach rechts, so heißt die Schraube rechtsgängig, im anderen Falle linksgängig. Je nach dem Gangprofil unterscheidet man flachgängige Schrauben (Fig. 73b) und scharfgängige Schrauben (Fig. 73c). Die meisten Befestigungsschrauben sind ein-, rechts- und scharfgängig. — Bei den scharfgängigen Schrauben (Fig. 73c) ist d der Bolzendurchmesser, d_1 der Kerndurchmesser, s die Ganghöhe und t die Gangtiefe.

Man macht

$$s = 1 + 0,08 d, \quad (20)$$

$$d_1 = 0,9 d - 1,3. \quad (21)$$

Die Schraubenmutter wird gewöhnlich sechsseitig, seltener vierseitig ausgeführt, die obere Fläche derselben nach einem Regel von Basiswinkel 30° abgestumpft. Fig. 73d zeigt eine sechsseitige Mutter im Aufsicht, im Grundriß und in der Seitenansicht. Der Schraubenkopf und die Unterlagscheibe werden nach Fig. 73e geformt. Man macht die Höhe der Mutter = d und die Höhe des Schraubenkopfes = $0,7 d$.

Ferner wird

$$D = 5 + 1,4 d, \quad (22)$$

$$D_1 = 1,33 D. \quad (23)$$

Die Abmessungen der Schrauben, wie sie bei den preußischen Staatsbahnen Verwendung finden und der von Whitworth aufgestellten Gewindefkala entsprechen, sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 26.

Schrauben.

Bolzen				Mutter		Kopf		Unterlagscheibe	
d Boff engl.	mm	d ₁ mm	Gang auf 1 Boff engl.	Höhe h = d	D	Höhe 0,7 d	D	h ₁	D ₁
$\frac{3}{8}$	10	7,5	16	10	17	7	17	3	22
$\frac{1}{2}$	13	10,0	12	13	22	9	22	4	28
$\frac{5}{8}$	16	12,9	11	16	28	12	28	4	36
$\frac{3}{4}$	20	15,8	10	20	33	14	33	5	44
$\frac{7}{8}$	23	18,6	9	23	39	16	39	5	50
1	26	21,3	8	26	44	18	44	6	56
$1\frac{1}{8}$	30	23,9	7	30	50	20	50	6	62
$1\frac{1}{4}$	33	27,1	7	33	55	22	55	7	68
$1\frac{3}{8}$	36	29,5	6	36	61	24	61	7	74
$1\frac{1}{2}$	40	32,7	6	40	66	26	66	8	80
$1\frac{5}{8}$	43	34,8	5	43	72	29	72	8	86
$1\frac{3}{4}$	46	37,9	5	46	77	31	77	9	92
$1\frac{7}{8}$	50	40,4	$4\frac{1}{2}$	50	83	34	83	9	100

Außer den Schrauben mit sechs kantigen Köpfen finden auch solche mit vierkantigen, halbrunden oder versenkten Köpfen Anwendung. In vielen Fällen sind die Schrauben durch einen Kopfhalter so eingerichtet,

daß sie sich beim Anziehen der Mutter nicht drehen. Diese Kopfhalter bestehen aus seitlichen Vorsprüngen am Schraubenbolzen, die in entsprechende Ausparungen im Schraubenloch hineingreifen. Auch „Schraubensicherungen“ finden oft Anwendung, die das unbeabsichtigte Lösen der Schraubemutter verhindern sollen; es werden zwei Schraubemuttern aufeinander gebremst, durch Schraubemutter und Bolzen wird ein Splint gesteckt, oder die Mutter wird durch einen Keil gesichert, den man durch den Bolzen treibt.

§ 49. Riete (Fig. 74).

Riete bestehen aus dem Sekkopf und dem Schaft, welcher beim Vernieten am geraden Ende zu dem Schließkopf niedergehämmt wird. Um ihm die vorgeschriebene Form zu geben, wird er zum Schluß mit dem Schellhammer bearbeitet. Die Form der Normalriete ist in dem Ministerialerlaß vom 25. November 1891, „Besondere Vertragsbedingungen

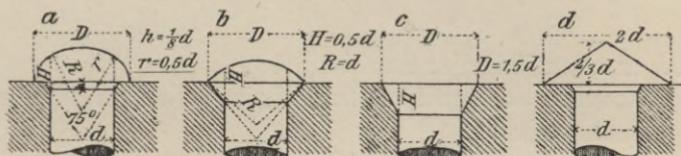


Fig. 74. Nietköpfe.

für die Anfertigung, Lieferung und Aufstellung von Eisenkonstruktionen“, angegeben (Fig. 74). Es ist a ein voller, b ein halbversenkter, c ein versenkter, e ein kegelförmiger Nietkopf. Für Riete verwendet man in der Regel zähes Flußeisen oder Tiegelstahl, selten Schweßeisen. Der Niet soll die Löcher sämtlicher zu verbindenden Bleche gut ausfüllen. Außerdem preßt er die Bleche, da er sich beim Erkalten in der Längsrichtung zusammenzieht, fest aneinander. Die Löcher für die Vernietung werden durch Lochen (Stanzen) oder durch Bohren hergestellt. Unter allen Umständen ist zu verlangen, daß die Löcher der zu vernietenden Platten gut aufeinanderpassen. Flußeisen soll (mit Ausnahme der Belageisen) nur gebohrt werden. Eine Auslenkung der Löcher an den Nietköpfen hat keinen praktischen Wert. Die betreffende Vorschrift für die preussische Staats-Bauverwaltung ist bereits aufgehoben (Erlaß vom 7. September 1909).

Die gewöhnlichen Nietdurchmesser sind 13, 16, 20, 23, 26 mm. Das deutsche Normalprofilbuch empfiehlt die geraden Zahlen von 2 zu

2 mm als Werte für Nietdurchmesser. Nach der „Hütte“ ist der Nietdurchmesser im allgemeinen zu

$$d = \sqrt{5s} - 0,2 \text{ cm} \quad (24)$$

zu wählen, wenn s die Plattendicke in cm bedeutet. Es wird alsdann

$$\text{für } s = 0,8 \quad 1,0 \quad 1,2 \quad 1,4 \quad 1,6 \quad 1,8 \quad 2,0 \text{ cm,}$$

$$\text{„ } d = 1,8 \quad 2,0 \quad 2,2 \quad 2,4 \quad 2,6 \quad 2,8 \quad 3,0 \text{ „ .}$$

Je nach der Anzahl der Flächen, in denen ein Niet durchschnitten oder abgeseuert werden kann, unterscheidet man einschnittige und mehrschnittige Niete.

Nach dem Ministerialerlaß vom 25. November 1891 gilt als Regel, daß die Mittelpunkte der Löcher von den Kanten der Stäbe, Bleche, Platten usw. mindestens entfernt sein müssen:

bei 16 mm Lochweite	30 mm,
„ 20 „	„	40 „
„ 23 „	„	45 „
„ 26 „	„	50 „
„ 30 „	„	60 „

Bei schmalen Flacheisen kann diese Regel nicht eingehalten werden. Die für Flacheisen erforderlichen Anschlußnieten sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 27.

Anschlußniete für Flacheisen.

b	s	d	n	b	s	d	n	b	s	d	n
40	4	14	1	90	9—10	24	2	150	11—13	26	4
40	5	14	2	90	11—13	24	3	150	14	26	5
45	4—6	14	2	95	9—10	24	2	160	10—12	26	4
50	5—9	16	2	95	11—13	24	3	160	13—14	26	5
55	6—9	18	2	100	10—11	26	2	170	10—11	26	4
60	6—10	18	2	100	12—14	26	3	170	12—14	26	5
65	6—10	20	2	110	10	26	2	180	10—11	26	4
70	7—10	20	2	110	11—14	26	3	180	12—13	26	5
70	11	20	3	120	10—13	26	3	180	14	26	6
75	7—9	20	2	120	14	26	4	190	10	26	4
75	10—11	20	3	130	10—12	26	3	190	11—12	26	5
80	8—10	22	2	130	13—14	26	4	190	13—14	26	6
80	11—12	22	3	140	10—11	26	3	200	10—12	26	5
85	8—9	22	2	140	12—14	26	4	200	13—14	26	6
85	10—12	22	3	150	10	26	3	250	14	26	8

In dieser Tabelle bedeutet: *b* die Breite des Flacheisens in Zentimetern; *s* die Dicke des Flacheisens in Zentimetern; *d* den Nietdurchmesser in Millimetern; *n* die Anzahl der Niete.

Die Nietteilung für Träger soll in Band II berechnet werden.

§ 50. Schweißungen.

Früher konnte das Zusammenschweißen der Eisen- oder Stahlstücke nur in den Schmiedewerkstätten erfolgen. Die zusammenzuschweißenden Stücke wurden in besonderen Herden bis zur Schweißhize erwärmt, dann aneinandergesetzt und nun mit raschen Hammerschlägen oder durch Druck im Schraubstock, in einer Presse (Schweißmaschine) oder in einem Walzwerk miteinander verbunden. Heute ist es anders geworden; die modernen Schweißverfahren gestatten auch eine Verbindung der fertig eingebauten Teile. Wir unterscheiden das aluminothermische, das autogene und das elektrische Schweißverfahren.

1. Aluminothermische Schweißung von Dr. Hans Goldschmidt.¹⁾

Die zusammenzuschweißenden Stücke, wie Stäbe, Rohre, Schienen usw., können mit Hilfe eines Klemmapparates stumpf gegeneinander gepreßt werden, während aus einem Tiegel über der Berührungsfläche, um die eine Form gebaut ist, die feuerflüssige Erwärmungsmasse gegossen wird. Die Erwärmungsmasse, Schutzmarke „Thermit“, ist ein inniges Gemisch, im wesentlichen aus Aluminium und einer Eisen-Sauerstoffverbindung bestehend, welches die Eigenschaft hat, einmal entzündet, in sich selbst weiter zu brennen, ohne zur Unterhaltung der Verbrennung Sauerstoff aus der Luft zu entnehmen, wobei Temperaturen von schätzungsweise 3000° C. erzeugt werden.

2. Die autogene Schweißung wird besonders zur Vereinigung von Eisen- und Stahlblechen benutzt. Der Schweißapparat besteht im wesentlichen aus einer Wasserstoff- und Sauerstoffflasche, sowie dem Schweißbrenner. Die zum Schweißen benutzte Wasserstoff-Sauerstoffflamme hat eine Temperatur von etwa 1900° C. Das Metall kommt hierbei zum Schmelzfluß, die Schweißnaht fließt zusammen, ohne Pressen, Hämmern oder ein besonderes Flußmittel.

3. Bei der elektrischen Schweißung kann ein Strom von hoher Stärke, der durch die stumpf gegeneinander gepreßten Arbeitsstücke geleitet, an den Berührungsflächen infolge des Widerstandes die Schweißhize erzeugen. Die so erhitzten Arbeitsstücke werden dann durch weiteren Druck zusammengeschweißt.

¹⁾ Goldschmidt, Die hauptsächlichsten Anwendungen des aluminothermischen Verfahrens.

§ 51. Stützen.

Stützen sind Bauelemente, die stützen, die in ihrer Längsrichtung Druckkräfte aufnehmen. Überschreiten diese Druckkräfte eine gewisse Grenze, so wird die Stütze zerdrückt, oder, wenn ihre Länge im Verhältnis zum Querschnitt groß ist, zerknickt. Eine Stütze muß daher auf Zerdrücken und Zerknicken berechnet werden. Schlanke, senkrecht stehende Stützen, welche mit ihrem Fuße auf einer festen Unterlage stehen, nennt man Säulen; schräge Stützen heißen auch Streben. Bei der Säule unterscheidet man außer dem Fuß noch den Schaft und den Kopf. Der Fuß hat die Last auf die Unterlage zu übertragen, er muß daher eine gewisse Größe haben. Der Kopf soll so beschaffen sein, daß die von der Säule zu tragende Last möglichst in der Säulenmitte angreift. Die Säulenköpfe als weit ausladende Konsolen auszubilden, auf denen die von der Säule zu tragenden Lasten ruhen, wird man, namentlich bei schlanken Säulen, zu vermeiden suchen. Eine derartige Lastübertragung erzeugt im Säulenschaft Biegemomente, sie erhöht die Knickgefahr.

Werden Brückenträger durch eiserne Säulen unterstützt, so kann die durch Temperaturänderungen bewirkte Bewegung der Träger die Säulen seitlich biegen und dadurch ebenfalls die Knickgefahr vergrößern. Damit eine solche Biegung nicht eintritt, auch die Last möglichst in der Stützenachse angreift, wird Kopf und Fuß der Stütze mit Kugelgelenken versehen (Pendelstützen). Die Knickgefahr ist am größten in der Mitte der Stütze (auf halber Höhe); aus diesem Grunde läßt man mitunter die Größe des Stützenquerschnitts vom Fuße bis zur Stützenmitte anwachsen und dann bis zum Kopfe wieder abnehmen.

Eine Stütze wird dann das wenigste Material erfordern, wenn sie nach allen Seiten hin gleich widerstandsfähig ist und das Material möglichst von der Stützenachse abrückt. Der günstigste Querschnitt ist der Kreisring. Bei einer kreisrunden Hohlsäule soll der Durchmesser möglichst groß, die Wandstärke möglichst klein sein. Freilich dürfen auch hierbei gewisse Grenzen nicht überschritten werden. Ist die Wand zu schwach, so knickt sie ein. Dünne Wände müssen durch besondere Ringe oder Scheiben im Innern versteift werden, wie wir dieses in der Natur z. B. am Strohhalme sehen können.

Als Baustoff für die Stützen verwendet man Schmiedeeisen und bei Bauten, die keinen sonderlichen Erschütterungen ausgesetzt sind, auch Gußeisen.

Weil eine kreisförmige Hohlsäule den wenigsten Baustoff erfordert, so wird man oft diesen Querschnitt wählen. Hohlsäulen aus Gußeisen können bedeutenden Durchmesser bei großer Wandstärke erhalten. Bei

Schmiedeeisen mußte man sich bis vor kurzem auf Hohlsäulen mit kleinerem Durchmesser beschränken. Nachdem aber in der Neuzeit die Fabrikation von geschweißten Rohren mit größerem Durchmesser wesentliche Fortschritte gemacht hat, werden schmiedeeiserne Hohlsäulen von größerer Abmessung immer mehr verwendet. Hervorzuheben ist noch, daß solche Säulen sehr leicht mit architektonischen Verzierungen versehen werden können. Die geschweißten Rohre werden auch mit nach der Spitze abnehmendem Durchmesser oder mit Schwellung nach der Mitte zu hergestellt.

Von den aus einzelnen Stücken zusammengesetzten Querschnitten kommt der aus Quadranteisen gebildete dem Kreisring am nächsten. Sehr verbreitet sind die Profile, welche durch das Aneinanderfügen von \perp , \sqsubset und Γ -förmigen Querschnitten entstehen, z. B. durch das Aneinanderfügen von zwei \perp zu einem Γ , von vier \perp zu einem Kreuz, von zwei \sqsubset zu einem Γ . Von den Γ -Eisen hat der breitflanschtige Differdinger Γ -Träger das günstigste Profil für Stützen.

§ 52. Berechnung der Bauelemente in Eisen.

1. Berechnung auf Scherfestigkeit. Schrauben, Niete und Bolzen werden meist auf Scherfestigkeit in Anspruch genommen. Der Widerstand gegen das Abscheren ist wie der Widerstand gegen das Zerreißen oder Zerdrücken der Größe der Trennungsfläche proportional. Bezeichnet

P die angreifende Kraft,

F den Querschnitt der Trennungsfläche,

k den Festigkeitskoeffizienten für Abscherung,

so ist:

$$P = k \cdot F. \quad (25)$$

Die Tragfestigkeit eines Nietbolzens ist außer von der Größe des Querschnittes von der Art und Weise der Vernietung abhängig. In Fig. 75 a besitzt der Nietbolzen nur eine Trennungsfläche (ist einschnittig) und es ist somit seine Tragfähigkeit

$$P = k \frac{d^2 \pi}{4}. \quad (26)$$

In Fig. 75 b hat dagegen der Niet zwei Trennungsflächen (zweischchnittiger Niet); er besitzt daher eine Tragfähigkeit

$$P = 2k \frac{d^2 \pi}{4}. \quad (27)$$

Eine Nietverbindung kann auch dadurch zerstört werden, daß der Druck des Niets auf das Eisenblech in der Lochleibung zu groß wird.

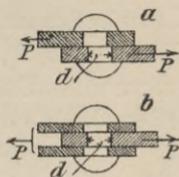


Fig. 75. Niete.

Das Blech reißt dann. Erfahrungsgemäß darf der Druck hier etwas größer sein, als sonst zulässig ist. Dieser „Stauchdruck“ darf nach den württembergischen Vorschriften bei Straßenbrücken höchstens 1600 kg/qcm des Lochquerschnitts (Lochdurchmesser \times Blechstärke) betragen.

Beispiel: Welchen Durchmesser erhält ein zweischnittiger Niet, wenn derselbe 2800 kg tragen soll und die zusammengenieteten Bleche je 10 mm stark sind?

Nach Formel 27 ist:

$$P = 2 k \frac{d^2 \pi}{4}, \text{ demnach}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 P}{2 k \pi}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2800}{600 \cdot 3,14}} = 1,8 \text{ cm.}$$

Der Druck auf die Lochleibung erfordert aber einen Nietdurchmesser

$$d = \frac{2800}{1,0 \cdot 1600} = 1,9 \text{ cm rund 2 cm.}$$

2. Berechnung auf Knickfestigkeit. Bei dem in Fig. 72a dargestellten Freitragler werden die oberen Fasern gezogen, die unteren gedrückt; dazwischen liegt eine Faserschicht, die weder gezogen noch gedrückt wird, es ist die neutrale Faserschicht oder die neutrale Achse. Die am weitesten von der neutralen Achse abliegende Faser heißt die stärksten gespannte Faser. Bezeichnet man den Abstand der stärksten gespannten Faser von der neutralen Achse mit a und das Widerstandsmoment des Querschnitts mit W , so heißt das Produkt von W und a das Trägheitsmoment. Das Trägheitsmoment bezeichnet man meist mit dem Buchstaben J . Es ist demnach:

$$J = W a. \quad (28)$$

Mit Ausnahme des Kreises und des Kreisringes hat jeder Querschnitt ein größtes und ein kleinstes Trägheitsmoment, je nach der Form des Querschnittes und dem Abstände der stärksten gespannten Faser. Die Trägheitsmomente betragen:

Für die Kreisfläche mit dem Durchmesser D :

$$J = \frac{\pi}{64} D^4. \quad (29)$$

Für den Kreisring mit dem äußeren Durchmesser D und dem inneren Durchmesser d :

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4). \quad (30)$$

Die Trägheitsmomente für Walzeisen sind in § 34 gegeben.

Für die Knickfestigkeit kommt nur das kleinste Trägheitsmoment des Querschnittes in Betracht. Bei der Knickfestigkeit kommen 4 Fälle vor (Fig. 76).

- I. Fall: Das untere Ende ist lotrecht eingeklemmt, das obere frei beweglich (Fig. 76 a).
- II. " Beide Enden sind freistehend, das obere liegt stets lotrecht über dem unteren (Fig. 76 b).
- III. " Das untere Ende ist lotrecht eingespannt, das obere liegt lotrecht über dem unteren (Fig. 76 c).
- IV. " Beide Enden sind lotrecht eingespannt, das obere liegt lotrecht über dem unteren (Fig. 76 d).

Bezeichnet P die Belastung der Stütze in Tonnen und l die Länge in Metern, so hat man die erforderlichen Trägheitsmomente:¹⁾

Material	Erforderliches Trägheitsmoment für den			
	I. Fall	II. Fall	III. Fall	IV. Fall
Schmiedeeisen	$J = 10 Pl^2$	$J = 2,5 Pl^2$	$J = 1,25 Pl^2$	$J = 0,625 Pl^2$
Gußeisen	$J = 24 Pl^2$	$J = 6 Pl^2$	$J = 3 Pl^2$	$J = 1,5 Pl^2$
Holz	$J = 363 Pl^2$	$J = 91 Pl^2$	$J = 45 Pl^2$	$J = 23 Pl^2$

Bei Säulen liegt in der Regel der Fall II oder III vor, und zwar dürfte man meistens mit der dem Fall III zukommenden Formel zu rechnen haben, wenn die Säulenköpfe mit Verstärkungsrippen versehen und hierdurch gewissermaßen lotrecht eingespannt sind. Es ist üblich und z. B. in Berlin seitens der Polizei sogar vorgeschrieben, zur Sicherheit die zu größeren Querschnittsabmessungen führende Formel II anzuwenden.

Außer dem durch die Knickfestigkeit einer Stütze bedingten kleinsten Trägheitsmomente ist noch der erforderliche Querschnitt zu berechnen. Es kann nämlich bei verhältnismäßig kurzen Säulen vorkommen, daß zwar Sicherheit gegen Knicken vorhanden ist, daß jedoch die Belastung für 1 qem Querschnitt

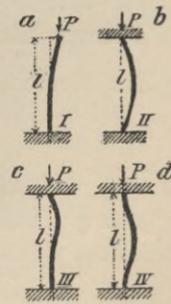


Fig. 76. Säulen.

¹⁾ Nach dem Ministerialerlaß vom 31. Januar 1910 ist bei Hochbauten zu rechnen:

- für schmiedeeiserne Stützen $J = 2,33 Pl^2$,
- für fachwerkartige Bauteile aus Schmiedeeisen $J = 1,82 Pl^2$,
- für gußeiserne Säulen $J = 6 Pl^2$ bis $J = 8 Pl^2$
- für Stützen aus Holz $J = 100 Pl^2$,
- bezgl. bei vorübergehenden Bauten $J = 60 Pl^2$.

größer ist als die gestattete. In diesem Falle würde die Säule nicht die nötige Sicherheit gegen Zerdrücken bieten, weshalb die Querschnittsabmessungen entsprechend zu vergrößern sind. Aus diesem Grunde empfiehlt es sich, stets gleichzeitig das erforderliche J und den erforderlichen Querschnitt — letzteren nach der Formel

$$F = \frac{P}{k}, \quad (31)$$

wo P die Belastung in Kilogramm und F den Querschnitt in Quadratcentimetern bedeutet — zu berechnen und dann ein beiden Bedingungen gerechtwerdendes Profil zu wählen.

Beispiel: Eine gußeiserne Hohlsäule von 4 m Länge und 12 cm äußerem Durchmesser hat eine Last von 7000 kg zu tragen. Welche Wandstärke erhält dieselbe, wenn Fall II gewählt wird?

Das erforderliche Trägheitsmoment beträgt

$$J = 6 \cdot P \cdot l^2 = 6 \cdot 7 \cdot 4^2 = 672 \text{ cm}^4.$$

Nach Formel 30 ist

$$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

$$d = \sqrt[4]{D^4 - \frac{64}{\pi} J}$$

$$d = \sqrt[4]{12^4 - \frac{64}{\pi} 672} = 9 \text{ cm.}$$

$$\text{Demnach Wandstärke} = \frac{12 - 9}{2} = 1,5 \text{ cm.}$$

Der erforderliche Querschnitt beträgt

$$F = \frac{7000}{500} = 14 \text{ qcm.}$$

Der auf Zerdrücken berechnete Querschnitt hat eine Größe $F = (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} = 49 \text{ qcm}$, ist mithin genügend groß.

Beispiel: Ein Differdinger I-Eisen Nr. 18 bildet eine Säule von 4 m Länge. Welche Last kann diese Säule tragen?

Es ist

$$J = 2,5 P l^2,$$

demnach

$$P = \frac{J}{2,5 l^2} = \frac{1073}{2,5 \cdot 4^2} = 26,8 \text{ t.}$$

IV. Bauelemente in Beton und Eisenbeton.

Bauelemente aus Beton verwendet man in der Regel da, wo der Bauteil durch seine eigene Schwere wirken solle; Eisenbeton dort, wo Zugspannungen auftreten können.

§ 53. Geschichtliches.

Die ältesten Spuren von Betonbau finden wir wohl in Mexiko. Die Überreste der Jahrtausende alten Wohnstätten der Mayas bestehen aus Beton. Selbst der Verputz, welcher ursprünglich die Betonmauern verschiedener Bauwerke bedeckte, ist noch in vielen Teilen völlig unbeschädigt. Er ist aus Stoffen hergestellt, die den Witterungseinflüssen während Tausenden von Jahren widerstanden haben.¹⁾

Auch den alten Römern war der Betonbau bekannt. Vitruvius beschreibt in seinen „Zehn Büchern über Architektur“ die Herstellung einer Zisterne, wie Basaltkleinschlag, Sand und Mörtel gemischt, dann eingestampft wurden. Nach dem Handbuch der Architektur mischten die alten Römer den Beton erst in der Baugrube, indem sie zunächst Mörtel einbrachten, darauf eine Lage Kleinschlag und nun stampften, bis Mörtel an der Oberfläche erschien, dann folgte wieder Mörtel, Kleinschlag usw.

Als Erfinder des Eisenbetons wird der Gärtner Monier aus Paris bezeichnet, der um das Jahr 1861 große Blumenkübel aus Zement durch Eiseneinlagen verstärkte und sie so leichter und dauerhafter machte. Er dehnte sodann diese Bauweise auf die Herstellung größerer Wasserbehälter aus. 1867 nahm Monier sein erstes Patent, dem er noch eine Reihe anderer Patente über Behälter, Decken, gerade und gebogene Balken, Balken in Verbindung mit Decken usw. folgen ließ. Im Jahre 1885 kaufte der Ingenieur G. A. Wayß diese Patente für Deutschland. Wayß führte alsdann in Gemeinschaft mit mehreren Firmen in Berlin große Belastungsproben aus, deren Ergebnisse in der Broschüre: „Das System Monier, Eisengerippe mit Zementumhüllung“ 1887 veröffentlicht wurden und auf Grund deren es ihm gelang, der Monier-Bauweise bei öffentlichen und privaten Bauten Eingang zu verschaffen. In dieser Broschüre ist von Wayß erstmals bestimmt ausgesprochen, daß das Eisen in den Betonkonstruktionen dahin zu legen ist, wo die Zugspannungen auftreten. Von diesen Versuchen ausgehend, stellte Reg.-Baumeister Koenen statische Berechnungen auf, welche die ersten Grundlagen gaben zu der heutigen Berechnungsweise der Eisenbetonkonstruktionen. Heute sind in vielen Staaten bestimmte Formeln und Regeln vorgeschrieben, nach denen die Standfähigkeit der Eisenbetonbauten zu prüfen ist. Für Preußen gelten namentlich

die „Bestimmungen für die Ausführung von Konstruktionen aus Eisenbeton bei Hochbauten“ vom 24. Mai 1907 und die „Rund-
erlasse, betr. Berechnung von Säulen aus eisenumschürtem Beton“ vom 18. September und vom 21. Dezember 1909.

¹⁾ Zement und Beton 1908, S. 529.

§ 54. Stützen und Wände.

1. Stützen oder Säulen. Gewöhnlich besitzen die Säulen im Querschnitt die Form eines Quadrats mit gebrochenen Ecken. Bei kleineren Querschnitten wird in jeder Ecke ein Rundeisen von 14—40 mm Durchmesser eingebettet. In gewissen Abständen werden die Stangen durch Drahtbügel miteinander verbunden, wodurch ihre gegenseitige Entfernung gesichert und überdies dem Beton mehr innerer Zusammenhang verliehen wird. Am Fuße wird die Säule meist verbreitert und auch die Verbreiterung mit Eisen bewehrt, um den Druck auf eine größere Grundfläche zu übertragen. Der Säulenkopf wird oft konsolenartig in die Balken übergeführt, was der Tragkraft der letzteren sehr zugute kommt. Selbstverständlich kann der Säulenquerschnitt auch rechteckig, sechseckig, achteckig usw. sein, und die Zahl der Eisenstangen kann mit der Beanspruchung steigen, bei exzentrischer Belastung sogar einseitig verteilt sein.

Bei den Säulen aus eisenumschnürtem Beton werden die senkrechten Stäbe durch Rundeisen in einer Schlangenlinie umfaßt, es sind Säulen mit „spiralartiger Querbewehrung“.

2. Wände ohne Fugen werden aus Stampfbeton oder Eisenbeton hergestellt; sie bedürfen bei ihrer Ausführung einer widerstandsfähigen Form. Beim Einbringen des Betons in diese Form oder Schalung ist besonders darauf zu achten, daß in die Nähe der Schalung feinkörniger Beton eingebracht und gut festgestampft wird, damit sich keine Nester bilden, welche der Wand ein schlechtes Aussehen geben und auch deren Haltbarkeit vermindern. Bei Stampfbeton wird nur so viel Wasser zugegeben, daß die Masse plastisch wird; auch können bei dicken Wänden in deren Inneres größere Steine ohne Schaden eingebettet werden. Bei den meist dünnen Wänden aus Eisenbeton muß die Betonmasse ziemlich naß, gewissermaßen als dickbreitiger Zementfiesmörtel angemacht werden. Nach Einbringen einer jeden Lage muß der Beton gut gestampft werden, damit die einzelnen Teile der Mischung sich innig berühren und dadurch um so fester aneinander haften. Naßer Beton wird meist mit der Zementierkelle eingeschlagen, damit die Form gut ausgefüllt und die Betonmasse nach allen Richtungen hin gleichmäßig verteilt wird.

Nach dem Ausschalen des Betonkörpers wird auf der Ansichtsfläche das Gefüge der Schalungsbretter deutlich zu sehen sein. Die Trennungsfugen der Bretter und der Abdruck der Holzfasern verleihen der Wand ein häßliches Aussehen. Das einfachste ist, nach der Abnahme der Schalung die Fläche mit einem groben Sandstein abzureiben und zu glätten, was verhältnismäßig schnell geht, besonders dann, wenn die

Arbeit sofort nach dem Ausschalen vorgenommen wird. Die Wand kann nachdem noch mit Zementmilch überstrichen werden.

Auf alle Fälle muß der Beton die Stampfform gut ausfüllen. Wird die Schalung zwar nach dem Abbinden, aber vor dem vollständigen Erhärten entfernt, so kann man auch die Fläche mit Wasser und Bürste gründlich abwaschen, so daß die dünne Zementhaut entfernt wird, welche die einzelnen Sandkörner und Kiesstücke umhüllt. Je nach der Größe und Farbe der an der Schalung lagernden Zusatzstoffe wird man eine verschieden geförnte und verschieden gefärbte Fläche gewinnen.

Man kann den Beton auch wie Granit und Sandstein mit dem Stockhammer oder Scharriereisen bearbeiten und die Flächen durch kräftig eingeschnittene Fugen in einzelne Felder oder Quadrern teilen. Glatt gepuhte Flächen soll man schon aus dem Grunde vermeiden, weil dort sich leicht Haarrisse zeigen, welche das Aussehen der Fläche verschlechtern.

3. Wände aus Betonbaublöcken. Ein Betonbaublock ist ein künstlicher Baustein aus Stampf- oder Gußbeton, der an Größe dem Mauerquader gleichkommt. (Ein Zementmauerstein dagegen hat die Größe des gewöhnlichen Ziegelsteins.) Die Stirnfläche des Betonbaublocks gleicht der des Quaders; beide sind manchmal kaum voneinander zu unterscheiden; daher ist eine Wand aus Betonblöcken in ihrer äußeren Erscheinung einer Wand aus Quadrern auch ähnlich. Im Innern weichen beide Wände jedoch meist voneinander ab; die Quadermauer ist massiv, die Mauer aus Betonbaublöcken in der Regel hohl. Jeder Baublock erhält Ausparungen; man will Material sparen, manchmal auch Luft in die Mauer einschließen, damit sie als schlechter Wärmeleiter wirksam werde. Es gibt auch Wände aus Betonbaublöcken, bei denen die Hohlräume mit Beton gefüllt sind. Solche Wände kann man mit den Mauern aus Stampfbeton vergleichen, die aber zu ihrer Herstellung keiner besonderen Bretterverschalung bedürften. Der Baublock ersetzt die Verschalung. Solche Baublöcke (Hafensteine) erhalten eine dünne Wandung und Winkelform. Der eine Schenkel greift in den Stampfbeton ein und gibt dadurch dem anderen Halt.¹⁾

§ 55. Decken.

Jede Decke wird auf Biegung beansprucht; es treten daher nicht nur Druck-, sondern auch Zugspannungen im Innern der Decke auf. Gegen Zug ist aber Stampfbeton wenig widerstandsfähig, wohl aber das sehnige Schmiedeeisen. Daher verwendet man für Decken nur in

¹⁾ Zement und Beton 1905, S. 158.

Ausnahmefällen Stampfbeton, fast stets bettet man in den Beton noch Eisen ein. In allen Fällen muß das Eisen (die Bewehrung) dort eingelegt werden, wo Zugspannungen auftreten können.

Daß die Eisenteile vor der Verwendung durchaus rein sein müssen, ist selbstverständlich; auch der etwa vorhandene Rost muß entfernt werden. Angestellte Beobachtungen haben gezeigt, daß sich zwar der Beton gut mit dem Rost verbindet, daß aber die Adhäsion des Rostes am Eisen ungenügend ist, so daß die Eisenstäbe bei starker Beanspruchung ins Rutschen kommen können, während der Rost am Beton haften bleibt.

Ein großer Vorzug der Eisenbetondecken besteht in deren Zähigkeit. Ein plötzlicher Bruch eines solchen Bauteils ist wohl ausgeschlossen. Dabei haben die Decken aus Eisenbeton gegenüber den reinen Eisenkonstruktionen den Vorteil größerer Feuericherheit und wegen ihres größeren Gewichtes den, daß sie weniger durch die Stöße des Verkehrs erschüttert werden.

Wir können bei den Decken unterscheiden Platten und Balken, Plattenbalken und Gewölbe.

1. Platten und Balken. Platten sind breite Balken und Balken sind schmale Platten. Je nach der Bewehrung kann man unterscheiden Platten mit Längsstäben, mit Längs- und Querstäben und solche, bei denen Eisenstäbe auch noch durch die Dicke der Platte ziehen. Je nach der Betonverteilung kann man die Platten und Balken unterscheiden in volle und durchbrochene, in solche mit gleichbleibendem und solche mit wechselndem Querschnitt. Einmal ist wenig Eisen vorhanden, so daß die Hauptarbeit von dem Beton übernommen werden muß, das andere Mal ist der Hauptträger das Eisen, dem der Beton gänzlich untergeordnet ist; dazwischen liegen dann die unzähligen Abstufungen in der Verteilung von Beton und Eisen.

Es zeigt Fig. 77a eine volle Eisenbetonplatte mit einfachen Tragstäben. Die Oberfläche der Tragstäbe muß so groß und so beschaffen sein, daß eine Verschiebung des Eisens im Beton nicht stattfinden kann, daß die „Haftfestigkeit“ ein Verschieben verhindert. Aus diesem Grunde nimmt man lieber viele dünne Stäbe, als wenige dicke, biegt die Enden der Stäbe um, oder verwendet Eisen mit veränderlichem Querschnitt.

Eine Monierplatte ist in Fig. 77b dargestellt. Bei einer solchen Platte sind außer den Tragstäben noch „Verteilungsstäbe“ angeordnet, welche einen Einzeldruck über die Breite der Platte verteilen sollen.

Platten, bei denen die Bewehrung auch durch die Dicke führt, zeigen die Fig. 77c und d. Eine solche Bewehrung soll die „Schubkräfte“, welche bei der Biegung auftreten, aufnehmen. Würde die

Platte in der neutralen Schicht durchschnitten, so daß zwei aufeinanderliegende Platten entstehen, so würde bei der Biegung eine Verschiebung der Platten in der durchschnittenen Schicht stattfinden. Es treten demnach bei der Biegung einer Platte oder eines Balkens gleichlaufend mit den Tragstäben scherende Kräfte (Schubkräfte) auf, welche durch die in Fig. 77c gezeichneten Bügel oder durch die in Fig. 77d dargestellten aufwärts gebogenen Tragstäbe aufgenommen werden sollen. Die Schubkräfte sind in der Nähe des Lagers am größten.

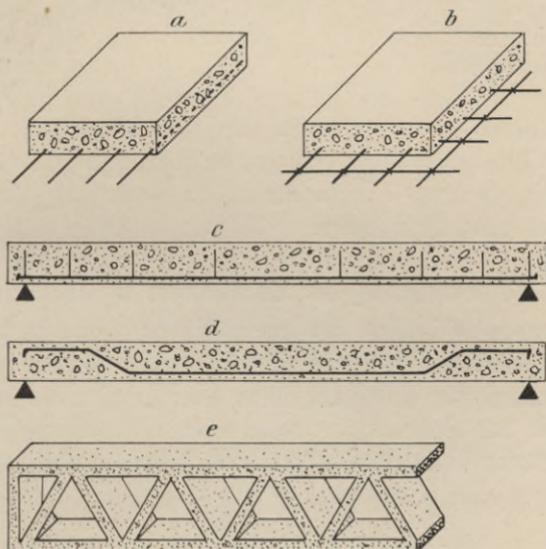


Fig. 77. Eisenbeton.

Ein Hohlbalken aus Eisenbeton kann nach Fig. 77e wie ein Gitterträger geformt werden. Ein solcher Träger hat im Verhältnis zu seiner Tragfähigkeit ein geringes Gewicht, er kann in der Werkstatt hergestellt und nachdem auf der Baustelle als Brückenträger oder dergl. verlegt werden.¹⁾

2. Plattenbalken. Wird die Decke mit dem darunter liegenden Balken zu einem Ganzen vereinigt, so entsteht ein Plattenbalken (Fig. 78). Durch eine solche Vereinigung wird die Tragfähigkeit der Balken wesentlich erhöht. Nach dem Runderlaß vom 24. Mai 1907 darf jedoch die Breite des plattenförmigen Teiles von der Balkenmitte ab nach jeder Seite nicht mehr als einem Sechstel der Balkenlänge in Rechnung gestellt werden.

¹⁾ Zement und Beton 1905, S. 72.

Zwischen Platte und Balken werden ziemlich bedeutende Schubspannungen auftreten, welche durch lotrecht stehende Bügel, auch durch eine Verbreiterung des Balkens an dieser Stelle aufgenommen werden können.

3. Gewölbe (Fig. 79). Die Bewehrung der ebenen Platte kann in gleicher Weise auch für kleinere Gewölbe verwendet werden. Bei gleich-

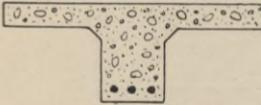


Fig. 78. Plattenbalken.



Fig. 79. Gewölbe.

mäßiger Belastung genügt mitunter eine Eiseneinlage nahe der Gewölbeleibung. Bei Brückengewölben dagegen, die sehr veränderlichen Belastungen ausgesetzt sind, werden die Eiseneinlagen an der Leibung und dem Rücken des Gewölbes ganz durchgeführt.

§ 56. Berechnung der Bauelemente in Eisenbeton.

1. Biegezugfestigkeit. In dem Ministerialerlaß vom 24. Mai 1907 sind die zur Berechnung erforderlichen Formeln gegeben und zum Teil auch abgeleitet; ferner sind dem Erlaß zwei „Zusammenstellungen“ beigelegt, welche das Rechnungsverfahren wesentlich vereinfachen. Die erste Zusammenstellung ist in etwas abgeänderter Form in nachstehender Tabelle wiedergegeben.

Tabelle 28.

Berechnung der Eisenbetonplatten.

m	Widerstandsmoment		$z = W_1 : W_2$	x
	W_1 für Beton	W_2 für Eisen		
100	0,180 bh^2	0,008 62 bh^2	20,867	0,418 h
110	0,174 bh^2	0,007 87 bh^2	22,145	0,403 h
120	0,170 bh^2	0,007 25 bh^2	23,409	0,391 h
130	0,166 bh^2	0,006 71 bh^2	24,668	0,379 h
140	0,162 bh^2	0,006 25 bh^2	25,831	0,368 h
150	0,158 bh^2	0,005 88 bh^2	26,797	0,358 h
160	0,154 bh^2	0,005 52 bh^2	27,911	0,349 h
170	0,151 bh^2	0,005 21 bh^2	29,016	0,341 h
180	0,148 bh^2	0,004 93 bh^2	30,049	0,333 h
190	0,145 bh^2	0,004 69 bh^2	30,946	0,326 h
200	0,143 bh^2	0,004 46 bh^2	32,000	0,320 h

Es bedeutet (Fig. 80):

h die statische Höhe der Eisenbetonplatte oder den Abstand des Eisensmittelpunktes von der Druckkante in cm,

b die Breite des Betonquerschnitts in cm,

$b h$ den nutzbaren Betonquerschnitt in qcm,

f den Querschnitt der auf die Breite b entfallenden Eiseneinlage in qcm,

$$m = \frac{b h}{f} = \frac{\text{Betonquerschnitt}}{\text{Eisenquerschnitt}},$$

W_1 das Widerstandsmoment für Beton,

W_2 " " " " Eisen,

$$z = W_1 : W_2,$$

k_1 die zulässige Spannung für Beton in kg/qcm,

k_2 " " " " Eisen " "

Bezeichnet ferner M das Biegemoment,

so ist:

$$M = k_1 W_1 = k_2 W_2, \quad (32)$$

$$k_2 = z k_1, \quad (33)$$

denn

$$z = W_1 : W_2 = k_2 : k_1.$$

Beispiel: Wie groß sind die Widerstandsmomente für Beton und Eisen einer Eisenbetonplatte von 100 cm Breite und 16 cm statischer Höhe, wenn $m = 200$ ist?

$$W_1 = 0,143 \cdot 100 \cdot 16^2 = 3661 \text{ cm}^3,$$

$$W_2 = 0,00446 \cdot 100 \cdot 16^2 = 114,2 \text{ cm}^3$$

oder

$$W_1 : W_2 = 32; W_1 = 32 \cdot 114,2 \text{ und } 3660 \text{ cm}^3.$$

Beispiel: Wie groß ist der Eisenquerschnitt der vorberechneten Platte?

$$\frac{b h}{f} = 200; f = \frac{b h}{200} = \frac{100 \cdot 16}{200} = 8 \text{ qcm}.$$

Beispiel: Wie groß ist das Biegemoment M , wenn k_2 zu 1000 kg/qcm vorgenommen wird?

$$M = k_2 W_2 = 1000 \cdot 114,2 = 114200 \text{ kg/cm}.$$

Beispiel: Wie groß wird die Spannung k_1 im Beton? Nach der Tabelle ist $n = 32$, folglich $k_1 = \frac{1000}{32} = 31,3 \text{ kg/qcm}$.

Beispiel: Wie groß wird h , wenn $m = 200$, $M = 100000$ und $k_2 = 1000 \text{ kg/qcm}$ ist?

$$0,00446 b h^2 \cdot 1000 = 100000,$$

$$h = \sqrt{\frac{100000}{1000 \cdot 100 \cdot 0,00446}} = 15 \text{ cm}.$$

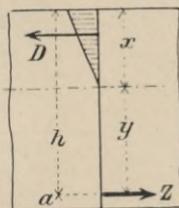


Fig. 80.

Die Gesamtstärke der Platte ist wegen der erforderlichen Deckung der Eisen auf 16,5 cm zu vergrößern.

Beispiel: Eine Platte von 15 cm statischer Höhe und 100 cm Breite erhält ein Biegemoment $M = 100\,000$ kg/cm. Mit Rücksicht auf den Preis der Baustoffe wird m zu 200 angenommen. Wie groß sind die Spannungen?

Es ist

$$k_1 = \frac{M}{W_1} \quad \text{und} \quad k_2 = \frac{M}{W_2},$$

$$k_1 = \frac{M}{0,143 \, b h^2} = \frac{100\,000}{0,143 \cdot 100 \cdot 15^2} = 31,0 \text{ kg/qcm},$$

$$k_2 = \frac{M}{0,00446 \, b h^2} = \frac{100\,000}{0,00446 \cdot 100 \cdot 15^2} = 996 \text{ kg/qcm},$$

$$k_2 = 32 \, k_1 = 32 \cdot 31 = 991 \text{ kg/qcm}.$$

Bei Plattenbalken läßt sich diese Berechnungsart anwenden, wenn x kleiner oder gleich der Plattenstärke ist. Der Wert für x kann aus der Tabelle gefunden werden. Ist x gleich der Plattenstärke, so ist für b die Balkenbreite, ist x kleiner als die Plattenstärke, so ist für b die Plattenbreite einzusetzen. Wie die übrigen Plattenbalken und die durchbrochenen Balken berechnet werden, soll in Band II gezeigt werden.

2. Schub- und Haftfestigkeit. Nach dem Ministerialerlaß vom 24. Mai 1907 ist die Schubspannung

$$k_3 = \frac{V}{b \left(h - \frac{x}{3} \right)} \quad (34)$$

und die Haftspannung

$$k_4 = \frac{b k_3}{u}. \quad (35)$$

In diesen Formeln bedeutet V die am Auflager wirkende Querkraft in Kilogramm und u den Umfang sämtlicher Trageisen in Zentimetern.

Beispiel: Wie groß sind Schub- und Haftspannung in der vorberechneten Platte von 16 cm statischer Höhe, wenn $V = 2300$ kg ist?

Nach der Tabelle ist $x = 0,32 \cdot h = 0,32 \cdot 16 = 5,1$ cm,

$$\frac{x}{3} = 1,7 \text{ cm},$$

$$k_3 = \frac{2300}{100 (16 - 1,7)} = 1,6 \text{ kg/qcm}.$$

Sind 12 Rundeisen von 9 mm Durchmesser vorhanden, so beträgt der Eisenquerschnitt $12 \cdot 0,64 = 8,3$ qcm und der Umfang sämtlicher Eisen $12 \cdot 2,8 = 36,4$ cm, mithin die Haftspannung

$$k_4 = \frac{100 \cdot 1,6}{36,4} = 4,4 \text{ kg/qcm}.$$

Dritter Abschnitt.

W e g e b a u.

Einleitung.

Die ersten Verkehrswege verdanken ihre Entstehung dem Bedürfnisse der Menschen miteinander in Verkehr zu treten, sei es nun, Produkte auszutauschen, Krieg zu führen oder aus einem anderen Grunde. Sobald es sich aber nicht mehr um eine einfache Beförderung durch Träger oder mittels Last- und Reittiere, sondern um Benutzung von Fahrzeugen handelte, konnten steil ansteigende Fußwege oder Saumpfade nicht mehr genügen, es wurden breitere Wege mit mäßigen Steigungen erforderlich, welche zugleich eine genügende Festigkeit besaßen, um die belasteten Wagenräder sicher tragen zu können.

Die erste künstlich befestigte Straße, von der uns die Geschichte erzählt, wurde im 3. Jahrtausend v. Chr. in Ägypten in einem Zeitraum von zehn Jahren erbaut; sie diente zum Transport der mächtigen Quadern für den Bau der Pyramiden.

Auch in Asien gab es schon im Altertum große Handels- und Heerstraßen, welche die drei Weltteile miteinander verbanden. Aus dem Innern von Asien kamen zwei Hauptstraßen, die erste von China durch Medien nach Ninive, die zweite von Indien nach Susa. Von Ninive führte eine Straße über Damaskus nach Ägypten¹⁾ und von Susa die von den Perserkönigen erbaute Königsstraße nach Sardes und Byzanz. Die Länge der Königsstraße betrug etwa 2600 km; einige Strecken waren in kunstvoller Weise in den Felsen eingehauen; in Entfernungen eines Tagesrittes befanden sich Stallungen und Herbergen. In den Stallungen wurden die Ablösungspferde für die im 5. Jahrhundert v. Chr. von Darius eingerichteten Posten bereit gehalten. „Es gibt nichts auf der Welt, was schneller geht als diese Boten“, schreibt Herodot von den reitenden Posten. Sie gebrauchten von Susa nach Sardes, das ist eine Entfernung von 90 Tagereisen, nur 10 Tage.

¹⁾ 4. Moses 20, 17, 19.

Über die Bauweise dieser Straßen sind jedoch bestimmte Angaben auf uns nicht überkommen. Anders liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Straßenbautätigkeit bei den Römern. Diese hatten ein bewundernswürdiges Netz von zweckmäßig angelegten, sorgfältig ausgeführten und mit allen möglichen Nebenanstalten ausgerüsteten Straßen über Italien und alle Provinzen des Reiches hergestellt. Die wohldurchdachte Linienführung dieser Straßen, wie auch die Einzelheiten der ihnen eigentümlichen Bauweise, sind durch Schrift- und Kartenwerke und durch die noch heute vorhandenen Überreste ziemlich genau bekannt geworden.

Die Gesamtlänge der von den Römern erbauten Straßen betrug 76 000 km, also annähernd das Doppelte des Erdumfanges. Alle Straßen nahmen ihren Anfang am Forum in Rom, dort war der von Augustus gesetzte Nummerstein Null.

Die Römer nannten eine gepflasterte Straße *stratus*, aus welchem Ausdruck das Wort „Straße“ entstanden sein soll. Diese Straßen wurden eingeteilt in:

viae publicae, das sind Staatsstraßen oder Chaussees und

viae vicinales (Bizinalwege), das sind öffentliche Wege, die den Anliegern gehören.

Ungemein stark waren die Straßen befestigt. Mit Recht sagt ein Schriftsteller: „Die römischen Straßen glichen steinernen Mauern, die auf die Seite gelegt worden sind.“ Die Steine zur Befestigung der Fahrbahn waren meist in Mörtel gebettet; die Gesamtstärke der Befestigung betrug bis 1 m.

Auch in Deutschland sind viele Straßen von den Römern gebaut worden, z. B. den beiden Ufern des Rheines entlang und vom Rhein zur Wesermündung. Hier finden wir auch, den besonderen Verhältnissen entsprechend, andere Fahrbahnbefestigungen. In den Mooren Oldenburgs z. B. bauten die Römer „Knüppelstraßen“ oder „Bohlenwege“ aus gespaltenen Baumstämmen, die unter sich mit Langschwellen verbunden sind.

Mit dem Verfall des römischen Reiches war auch ein Verfall der römischen Straßen verbunden. Ja die handeltreibenden Städte des Mittelalters suchten in Deutschland absichtlich ihre Verbindungswege in einem schlechten Zustande zu erhalten, um ihre Wohnorte schwer zugänglich zu machen und sich dadurch vor Truppendurchzügen zu schützen. Anders die kriegführenden Fürsten; sie bedurften für ihre Heere guter Wege. Große Feldherrn waren meist auch hervorragende Straßen- und Brückenbauer. Karl der Große z. B. ließ die Römerstraßen wieder herstellen und neue Straßen in Deutschland anlegen. Kaiser Karl IV. ernannte

fogar im Jahre 1372 seinen Bruder Wenzel von Böhmen zum obersten Straßenauffeher des Deutschen Reiches. Friedrich der Große erbaute die Straße von Magdeburg nach Leipzig. Die Kriege Napoleons gaben Veranlassung zum Bau neuer Kunststraßen. Die vom Staate erbauten und unterhaltenen Straßen nannte man „Staatsstraßen“.

Einen wesentlichen Einfluß auf den Bau und die Unterhaltung der Straßen übten die Eisenbahnen aus. Durch sie verloren die Straßen immer mehr an Bedeutung für den Durchgangsverkehr. Dagegen hob sich der Ortsverkehr auf allen, der Zufuhr zur Eisenbahn dienenden Landstraßen, und manche neue, wenn auch kürzere Linie wurde zu diesem Zwecke erforderlich, so daß der straßenmäßige Ausbau der Verkehrswege durch die Eisenbahn nicht gehemmt, sondern sogar gefördert worden ist.

Jetzt leben wir in der Zeit des Automobils. Neben den mit Pferden bespannten Wagen tummeln sich auf den Straßen Selbstfahrer der verschiedensten Art, durch Dampf- oder Explosionsmotore getrieben. Neben den langsam fahrenden und große Lasten tragenden Kraftwagen jagen mit großer Geschwindigkeit dahin Personenautomobile der verschiedensten Form und Größe. Dazu gesellen sich Fahrräder, meist durch die Muskelkraft des Menschen bewegt, seltener als „Motorrad“ ausgebildet. Fahrzeuge mit tierischem und mechanischem Zuge, mit gezogenen und ziehenden Rädern schieben an der Jahrbahn nach vorwärts und rückwärts. Die mit Eisenrippen versehenen Räder schwerer Straßenlokomotiven schieben und drücken an der Straßenbefestigung, die Pneumatiks schnellfahrender Automobile saugen das Bindematerial aus der Jahrbahn und lockern deren Gefüge. Auf die verschiedenste Weise wird durch den Verkehr der Neuzeit die Straße angegriffen. Aber all diesen Angriffen soll eine gute Straße widerstehen können. Dazu wird noch von ihr verlangt, daß sie möglichst staubfrei und geräuschlos sei. Neue Aufgaben sind dem Straßenbauer gestellt, neue Bauweisen muß er suchen, alte Wege den neuen Anforderungen entsprechend ausbauen.

Je nach dem Zweck, dem die Wege dienen sollen, können wir diese einteilen in

1. Landstraßen, das sind Straßen für gemischten Verkehr außerhalb der Städte;
2. städtische Straßen oder Straßen innerhalb der Städte;
3. Verkehrswege für verschiedene Verhältnisse (Waldwege, Land- und Feldwege u. dergl.).

Rechtlich teilt man die Wege ein in öffentliche und Privatwege. Erstere stehen jedermann ohne Ausnahme ständig zur Benutzung

offen; sie vermitteln den öffentlichen Verkehr. Die Privatwege dienen gewissen Zwecken einer einzelnen Person oder einer beschränkten Zahl von Personen; sie stehen dem öffentlichen Verkehr niemals oder nur zeitweise oder unter gewissen Voraussetzungen offen.

Die öffentlichen Wege werden meist vom Staate oder von Kommunalverbänden angelegt und unterhalten. Preußen hat durch das Dotationsgesetz vom 8. Juli 1875 die Unterhaltung der Staatsstraßen den einzelnen Provinzen unter Gewährung einer entsprechenden Jahresrente überwiesen. Aus den Staatsstraßen sind nunmehr Provinzialstraßen geworden. Neben den Provinzialstraßen gibt es noch Straßen, deren Unterhaltung kleineren Kommunalverbänden obliegt. Es sind dieses Kreis- oder Bezirksstraßen, in Hannover Landstraßen genannt, welche von den Kreisen unterhalten werden, und die Gemeindestraßen, deren Unterhaltung einzelnen Gemeinden obliegt. Kleinere Verbindungsstraßen zweier Gemeinden nennt man Nebenstraßen oder Vizinalstraßen. Der Neubau und die Unterhaltung der Kreis- und Gemeindestraßen wird von den Provinzialverbänden unterstützt.

I. Bodenkunde.

A. Geognostische Beschaffenheit des Bodens.

Die Geognosie (Erdfkenntnis) beschreibt die Erde in ihrem jetzigen Zustande. Unter der geognostischen Beschaffenheit verstehen wir die Art und Lagerung der einzelnen Bodenteile.

§ 57. Bodenarten.

Man unterscheidet folgende Bodenarten:

Humus (Ackererde), besteht aus zusammengesetzten Pflanzenresten und besitzt sandige und tonige, lehmige und kalkige oder mergelige Beimengungen. Die Farbe ist dunkelbraun bis schwarz.

Moor, entsteht durch Zersetzung der Pflanzen unter stehenden Gewässern. Wenn das Moor fest und entwässert ist, kann es mit Spaten oder Maschinen abgestochen werden. Die so entstehenden, in der Regel gleichmäßig gestochenen Stücke heißen Torf.

Sand, Kies. Der Sand besteht aus kleinen, losen Quarzkörnern, welche häufig Beimengungen von Glimmer, Feldspat, Hornblende, Kalk, Lehm usw. zeigen. Der Flugsand ist so fein und rund, daß er vom Winde fortgeweht wird. Trieb sand ist mit Wasser gesättigter, feiner Sand. Der Kies ist grober, mit kleinen runden Steinstückchen bis Hühnereigröße gemischter Sand.

Gerölle, Geschiebe. Das Gerölle ist ein angeschwemmtes Hauswerk von rundlichen und das Geschiebe ein Hauswerk von eckigen Felsstücken bis zu Kopfgröße, manchmal mit Sand, Lehm u. dergl. vollständig umgeben.

Tone, das sind Verwitterungsprodukte aller Gesteine, welche Feldspat, Glimmer, Hornblende oder Augit enthalten. Der Töpferton enthält 90—95 % kiesel-saure Tonerde, ist fast stets von Wasser durchnäßt, wird aber, wenn damit gesättigt, für mehr Wasser undurchdringlich und an der Oberfläche sehr schlüpfrig. Schiefer-ton ist felsartiger Ton und bildet den Übergang vom Tone zum Ton-schiefer. — Letten ist ein mit feinem Sande (bis 45 %) mechanisch gemengter Ton. Lehm ist gleichfalls mit Sand gemischter Ton, jedoch ist ein Teil des Sandes chemisch mit dem Ton gebunden. Ist dem Ton feines Quarzmehl innig beigemischt, so hat man den echten Löß. Der gemeine Löß entsteht aus dem echten durch Beimischung von 5—10 % kohlen-saurem Kalk. Der Löß ist nicht plastisch; er ist feinerdig, abfärbend (gelblich-grau), an der Zunge klebend und im Wasser zerfallend. Mergel ist eine innige Mischung von Ton oder Lehm mit wenigstens 15 % kohlen-saurem Kalk. Durch wechselnden Einfluß der Witterung zerfällt derselbe in eine lockere Masse.

Fels, das ist ein in zusammenhängenden Massen anstehendes Gestein. Der Fels besteht entweder aus Massengesteinen, aus kristallinischem Schiefer oder aus Schichtgesteinen.

§ 58. Bodenuntersuchung.

Will man sich einen Einblick in die geognostische Beschaffenheit, über die Brauchbarkeit und Standfähigkeit des Bodens verschaffen, so muß man nicht nur die Bodenarten und deren Aufeinanderfolge feststellen, sondern man muß auch die Mächtigkeit und Neigung der einzelnen Bodenarten, die Wasser-verhältnisse im Inneren u. dergl. ermitteln. Durch Einschnitte wie durch Dämme können nämlich die einzelnen Bodenschichten in ihrer Gleichgewichtslage gestört und somit Bewegungen und Rutschungen hervorgebracht werden. Rutschungen treten dann leicht ein, wenn eine geneigte undurchlässige Schicht, meist Ton, von einer durchlässigen überlagert wird. Das Wasser sickert bis auf die undurchlässige Schicht ab, geht dann mit der Neigung dieser Schicht zu Tale und erzeugt dabei eine seifige Fläche, deren Reibung nicht genügt, ein Abrutschen der aufgelagerten Massen zu verhindern. Solange die Massen in der seitherigen Gleichgewichtslage verbleiben, treten Bewegungen nicht ein; sobald aber das Gleichgewicht durch Aufschütten eines Dammes oder Ausheben eines Einschnittes gestört wird, treten oft weitgehende Lagerungs-Veränderungen ein.

Bei den Untersuchungen des Bodens wird man zunächst die geognostischen Karten der Gegend zu Hilfe nehmen; nachdem wird man solche Stellen auffuchen, die einen Einblick in das Innere gestatten, z. B. Uferwände, Talhänge, Einschnitte, Steinbrüche, Baugruben usw. An solchen Stellen kann man nicht nur die Art und Mächtigkeit der auftretenden Schichten, sondern auch deren Streichen (Winkel der Horizontallinie einer Schichte mit der Nordlinie) und ihr Fallen (Neigungswinkel oder Böschungswinkel einer Schichte) ersehen.

Sind derartige Entblößungen des Erdinneren nicht vorhanden, oder können die vorhandenen keinen genügenden Aufschluß gewähren, so geht man zu besonderen Untersuchungen über, indem man Schürflöcher aufwirft oder Bohrungen ausführt, wie solches in Band II näher angegeben wird.

B. Physikalische Eigenschaften des Bodens.

§ 59. Bindigkeit.

Unter Bindigkeit versteht man die Adhäsion und Kohäsion des Bodens oder die Kraft, mit der die einzelnen Bodenteilchen sich anziehen. Adhäsion und Kohäsion unterscheiden sich dadurch, daß bei der Adhäsion die einzelnen Teile verschiedener Körper sich anziehen, bei der Kohäsion die Teile ein und desselben Körpers. Der Unterschied ist beim Boden kein wesentlicher, denn Adhäsion kann in Kohäsion übergehen; aus einzelnen Steinstückchen kann durch Druck ein Stein entstehen.

Die Adhäsion oder Anhangskraft ist um so größer, je größer die einander berührenden Flächen sind. Je mehr nun ein Körper zerteilt wird, um so größer wird seine Oberfläche, um so größer wird seine Anhangskraft. Unter den Erdarten ist der Ton viel feiner zerteilt, als der Sand. Ton hat daher eine größere Adhäsion als Sand. Aus diesem Grunde hält auch der Ton das Wasser stärker zurück als Sand; es verdunstet und versickert schwerer auf Tonboden. Tonschichten, die sich voll Wasser gesogen haben, lassen weiter keines durch sich hindurch; darum bildet der Ton einen undurchlässigen Untergrund.

Sind die Hohlräume im Boden sehr klein, so wird die Adhäsion zwischen Boden und Wasser so stark, daß sie das Gewicht und die Kohäsion (Zusammenhangskraft) des Wassers überwindet. Infolgedessen steigt das Wasser in engen Hohlräumen empor.¹⁾ Man nennt diese Erscheinung Haarröhrchenanziehung oder Kapillarität (von capillus, Haar).

¹⁾ Näheres in meiner „Hydraulik und ihre Anwendung in der Kulturtechnik“ (Verlag von Paul Parey in Berlin).

Je enger die Hohlräume, um so höher steigt die Flüssigkeit. Tonboden saugt das Wasser zu größerer Höhe als Sandboden, weil Ton engere Hohlräume hat als Sand. Daher steigt in dichtem Boden auch in Zeiten der Trockenheit ein langsamer Strom Wassers bis zur Oberfläche, durchfeuchtet sie und verdunstet hier. Würde man Lehm statt Sand unter ein Pflaster bringen, so könnte die Feuchtigkeit aus dem Untergrunde emporsteigen, bei Sand nicht. Füllt man die Hohlräume zwischen den einzelnen Steinen einer Schotterbahn mit erdigen Bestandteilen, so kann das Grundwasser durch die Steinbahn emporsteigen, bei reinem Kleinschlag nicht. Schüttet man bei der Herstellung eines Dammes auf einen nassen Untergrund eine Lage Sand und auf diese Lehm, so kann das Wasser des Untergrundes den Lehm nicht durchfeuchten.

Von der Bindigkeit sind abhängig die Gewinnungsfestigkeit, die Tragfähigkeit, die Größe des natürlichen Böschungswinkels, die Auflockerung und das Setzen des Bodens.

§ 60. Gewinnungsfestigkeit und Tragfähigkeit.

Unter Gewinnungsfestigkeit versteht man den Widerstand, den der Boden seiner Lösung und Ladung entgegensetzt. Man ordnet die Bodenarten in dieser Beziehung häufig nach den zur Lösung erforderlichen Werkzeugen wie folgt:

1. **Stichboden**, Boden, der mit der Schaufel abgestochen werden kann, wie Muttererde, Moor, Sand, sandiger Lehm.

2. **Hackboden**, das ist solcher Boden, der nicht mehr mit der Schaufel durch einfachen Druck mit der Hand und dem Fuß gelöst werden kann, sondern mit der Breithaue oder der Spizhacke losgehackt werden muß. Hierher gehören Lehm, Mergel, gebundener Sand, Torfmoor.

3. **Gebräches Gestein**, dessen Lösung die Anwendung von Spizhacke, Brecheisen, Keilen, auch vereinzelt Schüsse verlangt. Solche Bodenarten sind Letten, Lehm, Mergel, Konglomerate, verwitterte Felsen, loses Gestein.

4. **Sprenggestein**, das nur durch Sprengen mittels Pulver oder Dynamit gelöst werden kann. Man unterscheidet festes, mittelfestes und sehr festes Gestein.

Zwischen den einzelnen Bodenarten bestehen keine scharfen Grenzen; es kann z. B. Lehm in die erste, zweite oder dritte Bodenklasse gehören. Nach der Gewinnungsfestigkeit richtet sich der für das Lösen zu zahlende Preis. Aufschluß über die Gewinnungsfestigkeit erhält man durch Schürfen und Bohren.

Die Tragfähigkeit richtet sich nicht nur nach der Kohäsion (Festigkeit, Härte, Zähigkeit, Elastizität) und der Adhäsion, sondern auch nach der

Mächtigkeit und Lagerung der einzelnen Bodenschichten, außerdem auch nach den Wasserhältnissen. Wie die Tragfähigkeit ermittelt werden kann, wird in Band II näher angegeben.

§ 61. Der Böschungswinkel.

Die steilste Böschung, welche aufgehäuftes Material annehmen kann, nennt man die natürliche Böschung und den Winkel, welchen die Böschung mit der Horizontalen bildet, den Böschungswinkel oder Ruhewinkel; derselbe ist in Fig. 81 mit φ bezeichnet. Die Größe dieses Winkels drückt man in der Regel durch das Böschungsverhältnis $CD : AD$ aus, und man setzt in diesem Falle entweder

$CD = 1$, oder man führt die angedeutete Division wirklich aus und gibt den Quotienten an, z. B. $CD : AD = \frac{1}{2} = 1 : 2 = 0,5$.

Das Böschungsverhältnis ist abhängig von dem Gewichte, der Reibung und der Kohäsion der gelösten Erdmassen. Das Gewicht ist die treibende, die Bewegung erstrebende Kraft, welcher Reibung und Kohäsion ihren Widerstand entgegensetzen.

Die Größe der Kohäsion und Reibung richtet sich nach der Bodenart und der mehr oder weniger dichten Lagerung der einzelnen Teilchen, außerdem nach dem Feuchtigkeitsgrad. Ein geringer Grad von Feuchtigkeit pflegt die Kohäsion der Erdart zu vermehren, während ein größerer Wassergehalt sie schnell vermindert und zuletzt, indem die Massen in einen



Fig. 82. Felsböschungen.

halbflüssigen Zustand übergehen, fast ganz aufhebt. Am meisten ändert sich die Kohäsion bei tonigen und kalkigen Erdarten, denn im Wasser werden die einzelnen Teilchen erweicht und gelöst; stetiger bleibt die Kohäsion beim Sande. Auch die Reibung wird

durch Wasser beim Sande wenig, beim Tonboden bedeutend herabgedrückt.

Man findet die Größe des Böschungswinkels bei Dämmen, indem man das gelöste Material auf einen kegelförmigen Haufen schüttet und den Winkel φ mißt. Ein wirklicher Regel kann aber nur dann entstehen, wenn die aufgeschüttete Erde vollständig kohäsionslos ist. Erdarten ohne jede Kohäsion gibt es jedoch nicht, deshalb kann auch kein genauer Regel entstehen, sondern der Erdhaufen wird nach der Spitze zu steiler ansteigen. Die Abweichung in dem Böschungsverhältnis wird um so größer werden,

je größer die Kohäsion des aufgeschütteten Bodens ist. Auch bei Erdreich, das in trockenem Zustande in steiler Böschung entsteht und bei Zutritt des Wassers zu rutschen beginnt, wird sich stets diese Form der Böschung zeigen.

Hieraus ergibt sich, daß genau genommen mit wachsender Höhe der Böschungswinkel vermindert werden muß, wenn die Kohäsion berücksichtigt werden soll.

Bei Einschnitten kann man den Böschungswinkel dadurch bestimmen, daß man, soweit es tunlich ist, den Boden senkrecht absticht und den Einwirkungen der wechselnden Witterung preisgibt. Beim Fels richtet sich die Böschung nach dem Fallen der Schichten (Fig. 82).

Weil der so gefundene Böschungswinkel sich nur auf den Zustand des Gleichgewichts bezieht und daher schon eine geringe äußere Einwirkung ausreichen würde, daselbe zu stören und eine Bewegung hervorzubringen, so muß man bei der Bildung der Auf- und Abträge den Böschungswinkel flacher halten. Gebräuchliche Böschungsverhältnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 29.

Erddart	Böschungsverhältnis	
	im Einschnitt	im Damm
Grobes Geröll, Schotter	1 : 1—1 : 1 ¹ / ₄	1 : 1—1 : 1 ¹ / ₄
Kies	1 : 1—1 : 1 ¹ / ₂	1 : 1 ¹ / ₄ —1 : 1 ¹ / ₂
Sand, leichter Boden	1 : 1 ¹ / ₂	1 : 1 ¹ / ₂ —1 : 1 ³ / ₄
Geröll mit Lehm, Lehm, Mergel, trockner Ton	1 : 1—1 : 1 ¹ / ₂	1 : 1 ¹ / ₄ —1 : 1 ³ / ₄
Lehm und Ton, weich	1 : 1 ³ / ₄ —1 : 2	1 : 2—1 : 2 ¹ / ₂
Fester Fels	1 : 1 ¹ / ₂	1 : 1

§ 62. Auflöckerung und Setzen des Bodens.

Die gelöste Bodenmasse nimmt einen größeren Raum ein als die gewachsene, auch wenn sie verdichtet wird. Zwar wird jedes aufgeschüttete Dammaterial sich im Laufe der Zeit je nach der verschiedenen Bodenart mehr oder weniger setzen, aber nicht so stark, daß es denselben geringen Raum einnimmt, den es im Einschnitt ausfüllte. Trotz des Setzens bleibt eine gewisse Auflöckerung. Diese Auflöckerung beträgt:

bei Sand und Kies	1 %	der Einschnittsmasse,
„ Geröll	3	„ „
„ sandigem Lehm	5	„ „

bei Lehm, Letten, Ton	7 %	der Einschnittsmasse,
„ losem Felsen	10	„ „ „
„ mittelfestem Felsen	15	„ „ „
„ festem Felsen	20—25	„ „ „

Bei der Berechnung der Erdmassen ist diese Auflockerung zu berücksichtigen. Es ist z. B. bei losem Felsen zu 1,1 cbm Auftrag nur 1,0 cbm Abtrag erforderlich. Die Kosten der Bodengewinnung werden nach der Einschnittsmasse berechnet.

Das Setzen des aufgeschütteten Bodens ist namentlich bei der Herstellung der Dämme zu berücksichtigen. Die Größe der Setzung hängt zum Teil von dem Dammaterial, zum Teil von der Herstellungsweise eines Dammes ab. Je sorgfältiger der Damm schichtenweise ausgeführt wird, desto weniger setzt er sich. Beim Setzen fällt der Damm in sich zusammen, er wird niedriger, in der Krone (oben) schmaler, seine ursprünglich geraden Böschungen werden hohl. Man muß deshalb den Damm von vornherein höher und in der Krone breiter schütten, als er später werden soll, auch muß man den Böschungen eine erhabene Form geben, weil eine solche allmählich durch das Setzen in eine geradlinige übergeht. Wie viel ein Damm sich setzt, oder wie viel die Dammabmessungen mit Rücksicht auf das Setzen vergrößert werden müssen, ist aus nachstehender Tabelle 30 zu ersehen. In dieser Tabelle bedeutet:

b_1 = Erbreiterung der Dammkrone,

h_1 = Erhöhung des Dammes,

h = Dammhöhe nach dem Setzen.

Tabelle 30.

Nr.	Art der Dämme	$\frac{b_1}{h}$	$\frac{h_1}{h}$
1	Sand- oder Kiesdämme	0,06	0,05
2	Lehm-, Letten- und Tondämme, schichtenweise ausgeführt . .	0,14	0,10
3	Desgl., weniger sorgfältig ausgeführt, mit größeren Stücken und Hohlräumen	0,18	0,13
4	Steindämme, wenn sie nur aus Steinen bestehen, oder wenn $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ des Dammes mit weichem Material hergestellt ist	0,03	0,02
5	Desgl., mit mehr weichem Material vermischt	0,07	0,05

Bei Anschüttungen mit einer Dammböschung wird $\frac{b_1}{h}$ nur halb so groß.

Beispiel: Ein Riesdamm soll eine Höhe von 4 m erhalten. Um wieviel muß derselbe mit Rücksicht auf das Setzen erhöht und verbreitert werden?

$$\text{Erhöhung } h_1 = 0,05 \cdot 4,0 = 0,20 \text{ m.}$$

$$\text{Erweiterung } b_1 = 0,06 \cdot 4,0 = 0,24 \text{ „}$$

§ 63. Verhalten des Bodens gegen Wasser und Luft.

Die Einwirkungen des Wassers und der Luft sind auf die verschiedenen Bodenarten verschieden. Mergel zerfällt an der Luft, Ton und Lehm weichen im Wasser auf, Sand muß vor Wellenschlag geschützt werden, Fels verwittert.

Daß der Tropfenfall auch den härtesten Stein aushöhlt, sagt schon das Sprichwort. Diese Wirkung des fallenden Tropfens wird noch erhöht durch den Wind. Der Wind verstärkt z. B. den Aufschlag der Regentropfen. Tritt Wasser in größerer Menge auf, z. B. als Bäche, Flüsse, so wirkt es noch kräftiger auf das Gestein ein; es zernagt die Steine, wirft die abgenagten Stücke mit Gewalt auf andere Gesteine, so daß Zertrümmerung erfolgt. Die kleineren Teilchen werden fortgeführt und an einem anderen Orte abgelagert. Je nach der Stärke der Strömung kommen Kies, Sand oder Schlamm zur Ablagerung. Die Geschwindigkeit der Strömung richtet sich besonders nach dem Gefälle. Das Gefälle eines Flusses ist nicht gleichmäßig; es ist meist an der Quelle am stärksten und wird allmählich nach der Mündung zu schwächer. Dementsprechend sind auch die Geschiebe, die sich im Flusse ablagern, verschieden an Größe. In den reißenden Bächen, welche über Fels und Geröll dahineilen, finden sich Geröllstücke bis Meterdicke. So wie die Bäche und Flüsse in ihrem Gefälle abnehmen, wird das Geröll kleiner, weil das Wasser an Kraft verliert, es mit sich fortzuwälzen; es werden immer kleinere Steine bewegt, bis sich am Ende des Flußlaufes Kies und zuletzt nur Sand findet, der das Bett der Flüsse bis zur Mündung bildet.

Wie die Flußläufe, so sind häufig die Talsohlen, in welche die Flußläufe eingeschnitten sind, aus Geröll, Kies oder Sand gebildet. Hinzu kommen dann noch an der Flußmündung die feinsten Sinkstoffe, welche, einen Bestandteil des Schlicks bildend, sich beim Stillstand des Wassers auf den Ufern niederlegen.

Unterstützt werden Wind und Wasser noch durch den Wechsel der Wärme. Da die Gesteine gewöhnlich aus verschiedenen Stoffen bestehen und die Ausdehnung durch die Wärme für die verschiedenen Teile verschieden ist, so treten infolge der ungleichen Erweiterung und Zusammenziehung der Gemengteile bei Zu- und Abnahme der Wärme Störungen

im Aufbau der Gesteine ein; es bilden sich Risse und Spalten, in die das Wasser eindringt. Es wird oft schon die mechanische Wirkung des Wassers, Auswaschen und Gefrieren, eine Teilung der Gesteinsmasse zur Folge haben. Aber auch chemisch wirkt das Wasser auf solches Gestein ein, indem es die löslichen Bestandteile ausschwemmt und somit den festen Aufbau des Gesteins erschüttert, was die Zerstörung desselben begünstigt. Auf diese Weise werden die festen Gesteine im Lauf der Zeit zerkleinert; das Gestein zerfällt in Gerölle oder Kies, Sand und Schlamm.

Im Boden bewegt sich das Wasser von oben nach unten vermöge seiner Schwere und von unten nach oben durch die Haarröhrchenanziehung. Je grobkörniger der Boden ist, um so besser fließt das Wasser abwärts, je feiner das Korn, um so höher steigt das Wasser empor.

II. Landstraßen.

§ 64. Amtliche Vorschriften über den Bau der Landstraßen.

Landstraßen sind Kunststraßen¹⁾ für gemischten Verkehr außerhalb der Städte. Über den Bau und die Unterhaltung der Kunststraßen sind verschiedene amtliche Vorschriften erlassen: Für Preußen die „Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststraßen“ von 1834 und die „Instruktion zum Bau der Kunststraßen“ vom 17. Mai 1871. In Hannover wird die „Technische Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststraßen“ von 1860 benutzt. Außerdem haben die einzelnen Bundesstaaten besondere Vorschriften für den Bau ihrer Straßen. Auch die einzelnen Provinzen Preußens haben besondere Bedingungen aufgestellt, denen eine Straße genügen muß, welche unter Beihilfe eines Provinzialverbandes gebaut wird. Für Österreich gelten die „Anleitung zur Herstellung und Pflege der Schotterfahrbahn der Reichsstraßen“ von 1903 u. a.

A. Entwerfen der Straßenpläne.

Ehe mit dem Entwerfen begonnen wird, müssen die Entwurfsunterlagen beschafft werden. Ein größerer Entwurf zum Neubau einer Straße besteht aus:

1. dem Kostenanschlag nebst Erläuterungsbericht,
2. der Erdmassenberechnung,
3. dem Übersichtsplan,
4. dem Lageplan,

¹⁾ Über den Begriff „Kunststraße“ ist Näheres in meinem Buche „Die Unterhaltung der Wege und Fahrstraßen“ angegeben.

5. dem Höhenplan (Längenprofil),
6. den Querprofilen,
7. den Plänen für Kunstbauten.

Bei kleineren Entwürfen können mitunter die Erdmassenberechnung und die Pläne für Kunstbauten in Wegfall kommen.

§ 65. Entwurfsunterlagen.

Der Entwurf zum Neubau einer Straße stützt sich auf seine Unterlagen. Zu diesen gehören das Einmessen der Straßenlinie auf dem Felde und die Aufnahme der Längen- und Querprofile.

1. Einmessung der Straßenlinie im Felde. Die Festlegung der Straßenlinie im Felde kann auf zweierlei Weise geschehen:

- a) durch Zuhilfenahme von Höhenschichtenkarten oder
- b) durch unmittelbare Absteckung auf dem Felde.

Jede dieser Methoden hat ihre Vorzüge; es wird jedoch meist die letztere angewandt. Höhenschichtenkarten in genügend großem Maßstabe sind selten vorhanden, und sollen solche zum Zwecke der Festlegung einer Straßenlinie angefertigt werden, so erfordert dieses zu viel Zeit und zu hohe Kosten. In derselben Zeit und wohlfeiler können eine ganze Anzahl Straßenlinien unmittelbar auf dem Felde abgesteckt und untersucht sein. Die Aufzeichnung der Höhenschichtenlinien ist meist nur erforderlich beim Entwerfe von Kehren und anderen besonders schwierigen Straßenstrecken. Die Höhenschichtenlinien werden auch in diesem Falle mitunter erst in den Lageplan gezeichnet, nachdem die erste Absteckung vollendet ist und Querprofile von dem Gelände aufgenommen sind.

Anwendung der Höhenschichtenkarte. Die Festlegung der Straßenlinie mittels Höhenschichtenkarte erfolgt derart, daß man zunächst in die Karte die Null- oder Leitlinie der Straße einträgt, aus diesen ein Straßenpolygon entwickelt und schließlich aus dem Straßenpolygon die Straßenlinie selbst gewinnt.

Die Null- oder Leitlinie erhält man wie folgt:

Zunächst werden einzelne Punkte der zu ermittelnden Straßenlinie festgelegt, das sind Flußübergänge, Wegekreuzungen, Ortschaften usw. Beträgt die Schichtenhöhe a und das Steigungsverhältnis der Straße $1 : n$, so nimmt man die Entfernung $a n$ in den Zirkel, wobei man aber aus später zu erörternden Gründen den beabsichtigten Wert n um 3—8% vergrößert. Alsdann geht man von einem der festgelegten Punkte aus und setzt die Zirkelspitzen, der Straßenrichtung folgend, in die aufeinander

folgenden Schichtenlinien. Durch Verbindung der einzelnen Zirkelstiche erhält man eine gebrochene Linie, das ist die Null- oder Leitlinie. Diese Null- oder Leitlinie liegt auf der Oberfläche des Geländes, überschreitet an keiner Stelle das gewünschte Gefälle von $1:n$ und stellt eine Linie dar, die, wenn man sie als Straßenachse beibehalten könnte, keine Auf- und Abträge, sondern nur Anschnitte erfordern würde.

Die Null- oder Leitlinie hat jedoch meist so viele Brechpunkte, daß dieselbe für die Straßenlinie nicht brauchbar ist. Man sucht sich daher eine Linie auf, welche weniger Brechpunkte hat und der Nulllinie möglichst nahe kommt. Diese Linie heißt Straßenpolygon. Weil aber das Straßenpolygon immer kürzer und somit steiler ausfallen wird, so ist es einleuchtend, daß man bei Ermittlung der Nulllinie n um so viel größer machen mußte, als das Straßenpolygon steiler wird.

Aus dem Straßenpolygon erhält man dann die Straßenlinie selbst, wenn man die Ecken des Polygons durch passende Kurven abrundet.

Unmittelbare Absteckung auf dem Felde. Eine unmittelbare Absteckung der Straßenlinie auf dem Felde erfolgt bei Straßen im Flachlande oder im Tale fast stets, sie wird aber auch bei Straßen im Hügellande oder im Gebirge häufig ausgeführt.

Bei Flachlands- und Talstraßen sind die Höhenverhältnisse meist von untergeordneter Bedeutung, und es geben hier die vorhandenen Karten (Katasterkarten, Katasterübersichtskarten) stets gute Anhaltspunkte für die allgemeine Straßenrichtung. Man legt einzelne Punkte fest, wie Bergvorsprünge, Gebäude usw., denen die Straße auszuweichen hat, steckt dann auf dem Gelände eine gebrochene Linie aus, die man schließlich an den Brechpunkten mit entsprechenden Kurven abrundet.

Bei Straßen im Hügellande und im Gebirge herrschen die Höhenverhältnisse vor und es muß der Absteckung auf dem Felde gewöhnlich noch eine Aufnahme einer Anzahl von Höhepunkten vorausgehen, aus denen die zu ersteigende Höhe und die zu wählenden Steigungen sich ergeben.

Man führt solche Höhenmessungen am einfachsten dadurch aus, daß man einen oder einige der bestehenden Verkehrswege einnivelliert und die bestimmten Höhenpunkte in die Karte einträgt. Sind mit Hilfe der Karte einzelne Punkte festgelegt und die Steigungen ermittelt, so beginnt man sofort mit der Aussteckung, indem man auf dem Gelände mit dem Nivellierinstrument oder einem Gefällmesser eine Linie absteckt, die der gegebenen Steigungslinie entspricht. Diese Linie, die sog. Nulllinie, wird

im allgemeinen zu unregelmäßig sein, um ohne weiteres als Straßenachse gelten zu können; man muß die erforderlichen Abrundungen vornehmen und schon beim Abstecken kleinere Unregelmäßigkeiten des Geländes zu umgehen suchen.

Mit der Absteckung schreitet man entweder von unten nach oben oder von oben nach unten fort. Gewöhnlich geschieht letzteres, weil meist der Übergangspunkt über einer Wasserscheide fester bestimmt ist als der Ausgangspunkt im Tal. Geht man von unten aus, so ist man nicht ganz sicher, ob man auf der Wasserscheide oder auf dem Höhenrücken auch am richtigen Punkte eintrifft. Ist die Straße auf einem Hang mit Kehren anzulegen, so sind zunächst, soweit die Straßenlinie dieses erlaubt, für die Anlage von Wendeplatten geeignete Punkte mit flachem Gelände auszusuchen und ist von diesem aus die Achse nach oben und unten auszustrecken.

Die Höhenlage eines Punktes wird durch die Kopfhöhe eines sog. Grundpfahles festgelegt. Der Kopf des Grundpfahles erhält in der Regel mit dem Gelände gleiche Höhe. Neben dem Grundpfahl wird ein Beispfahl angebracht, der etwa 0,30 m über das Gelände emporragt und die Bezeichnung des Grundpfahles trägt.

Ist die Straße auf dem Felde ausgesteckt, so kann das Längenprofil aufgetragen und das Projekt eingezeichnet werden. Ergeben sich ungünstige Höhenlagen (Gradienten), so können einzelne seitliche Verschiebungen der Achse immer noch vorgenommen werden. Ein weiteres Mittel zur Ausgleichung bietet das Längenprofil selbst, indem man mit der Gradiente so lange auf- und abrückt, bis die Erdarbeiten auf das geringste Maß beschränkt werden, oder ein richtiger Übergang über die Wasserläufe usw. sich ergibt.

Frühere Wege, Güterzufahrten u. dergl. müssen bei der Festlegung der Gradiente berücksichtigt werden. Gewöhnlich hat dies keine Schwierigkeit, weil man die Straße möglichst dem Gelände anschmiegt und größere Veränderungen solcher Nebenanlagen seltener nötig sind. In den Ortschaften vermittelt die Straße direkt die Verbindung mit den Zufahrten der Gebäude. Auf letztere muß beim Ausbau einer Ortsstraße stets Rücksicht genommen werden, daher sind hier Änderungen der Höhenlage immer schwierig und nur mit großen Kosten durchzuführen.

2. Aufnahme der Längen- und Querprofile. In der „preussischen Instruktion“ von 1871 heißt es:

Das Längenprofil soll den Vertikalschnitt des projektierten Straßenzuges in der Mittellinie desselben zeigen. — Die Normalhorizontale ist

tunlichst im Anschlusse an einen in der Gegend bekannten Festpunkt oder an den Nullpunkt eines Hauptpegels anschließend zu legen. — Die Höhenlage der Geländepunkte wird nach der Kopfhöhe der Nivellementspfähle (Grundspfähle) aufgetragen, weshalb diese mit ihrem Kopfe der Geländehöhe sich anzuschließen haben. Zur Bezeichnung des Nivellementspfähles ist ein besonderer Stationspfahl (Weispfahl) zu schlagen. — Die zwischen den ganzen und halben Stationspunkten durch die Unebenheiten des Geländes bedingten Nivellementspunkte erhalten keine besondere Nummer, sondern werden nach ihrer Entfernung vom vorhergehenden Stationspunkt bezeichnet. — Bei allen Gewässern, welche die projektierte Straßenlinie durchschneiden oder berühren, sind außer der Sohle die tunlichst zuverlässig zu ermittelnden höchsten und niedrigsten Wasserstände anzugeben. Die Tiefe der Moore ist nach besonderen Untersuchungen einzuzichnen. Brücken, Durchlässe, die Sockel und Türschwellinghöhen benachbarter Gebäude und sonstige in Betracht kommende Objekte müssen ebenfalls eingetragen werden.

Quersprofile müssen von denjenigen Punkten des Längenprofils rechtwinklig gegen die Mittellinie des Straßenplanums aufgenommen werden, bei welchen erhebliche Änderungen der Geländeoberfläche vorkommen oder angrenzende Gebäude, Mauern, abzweigende Wege usw., welche eine Berücksichtigung bei Bestimmung der Planumshöhe verlangen, solches erfordern.

§ 66. Der Kostenanschlag.

Der Kostenanschlag kann nach folgenden Titeln geordnet werden:

Titel I. Erdarbeiten.

Die Kosten für die Herstellung des Planums, der Böschungen und Seitengräben wie der Abfahrten sind zu berechnen. Die Berechnung gründet sich auf die vorausgegangene Erdmassenberechnung. Die Preisberechnung erfolgt entweder nach der Anzahl der Kubikmeter des gelösten Bodens oder nach der Planumlänge. In letzterem Falle dient die Erdmassenberechnung nur dazu, den Preis für 1 m Planumlänge zu entwickeln oder zu begründen.

Titel II. Herstellung der Steinbahn.

Nachdem die Menge der für die Steinbahn erforderlichen Materialien berechnet worden ist, wird die Lieferung, das Messen, die Bearbeitung, das Einbauen und die Befestigung der Materialien veranschlagt. Die Materialien sind stets in Haufen oder Kasten zu messen.

Titel III. Bauwerke.

Brücken, Durchlässe nebst Vorflutanlagen, Stütz-, Futter-, Bekleidungsmauern u. dergl. werden hier veranschlagt. Bei größeren Bauwerken werden Sonderkostenanschläge angefertigt. Im Hauptkostenanschlage wird alsdann auf den Sonderkostenanschlag hingewiesen und die im Sonderkostenanschlage berechnete Summe angegeben.

Titel IV. Schutz-, Nummer- und Grenzsteine.

Die Lieferung, das Setzen und die Bearbeitung dieser Steine wird veranschlagt. Die Steine werden nach ihrer Anzahl berechnet.

Titel V. Baumpflanzung.

Das Liefern und Pflanzen der Bäume, ebenso das Liefern und Anbringen der erforderlichen Baumpfähle, der Baumhalter und Baumschützer ist zu veranschlagen. Die Baumart ist anzugeben.

Titel VI. Grundentschädigung.

Die zu zahlende Grundentschädigung für den Begekörper, für Lagerplätze, Steinbrüche, Seitenentnahmen u. dergl. ist zu berechnen. Die Kosten für die Vermessungsarbeiten sind anzugeben.

Titel VII. Insgemein.

Hier werden diejenigen Leistungen veranschlagt, welche nicht in den anderen Titeln enthalten sind.

In jedem Kostenanschlage ist der Umfang der Arbeiten und Lieferungen sowie deren Art genau erkennbar zu machen; auch sind alle diejenigen Nebenleistungen einzeln aufzuführen, welche in dem Preise mit einbegriffen sein sollen. In der Regel werden dem Kostenanschlage noch „allgemeine Bedingungen“ und „besondere Bedingungen“ beigelegt, dann sind die in den Bedingungen vermerkten Angaben über die Ausführung der Arbeiten und Lieferungen in dem Kostenanschlage nicht zu wiederholen; es genügt ein Hinweis auf die betreffenden Bedingungen. Dieser Hinweis erfolgt in der Regel am Kopfe des betreffenden Titels. Mitunter werden dortselbst auch die Nebenleistungen vermerkt, und zwar so ausführlich, daß Zweifel darüber nicht entstehen können, was für die angegebenen Preise im ganzen und im einzelnen geliefert und geleistet werden soll.

Der Kostenanschlag kann folgenden Wortlaut haben:

Kostenanschlag

über den

Neubau einer Straße von A nach B.

Position	Stück	Gegenstand	Preis		Betrag		
			M	Pf	M	Pf	
		Titel I. Erd- und Planumsarbeiten.					
1	2250	cbm Erde in den Stationen 0,0—8,0 zur Herstellung des Straßenplanums und der Seitengräben nach Maßgabe der zugehörigen Bedingungen und Zeichnungen zu lösen, zu verbauen, dabei 1800 cbm Erde durchschnittlich 100 m weit zu fahren; ferner sind die erforderlichen Geräte herzuliehen und zu unterhalten 1 cbm für	1	40	3150	—	
2	1500	qm Böschungen zu ebnen, mit Mutterboden zu bedecken, zu besäen oder mit vorhandenem Rasen zu bekleiden, den Grassamen anzuliefern und den fehlenden Mutterboden zu beschaffen . . . 1 qm für	—	15	225	—	
3	800	m Planum nach näherer Angabe mit den erforderlichen Abfahrten zu versehen, wobei 1 cbm Boden einschl. Anfuhr mit einer Mark berechnet wird, zum Nachweis 1 m für	—	20	160	—	
Summe Titel I:					3535	—	
Titel II. Herstellung der Steinbahn.							
Zur Herstellung der 800 m langen und 4 m breiten Steinbahn sind erforderlich:							
			Auf 1 m cbm	Im ganzen cbm			
Bordsteine 13 cm stark, 25 cm hoch, 2 . 0,13 . 0,25			0,065	52,0			
Packlagesteine 3,74 . 0,16			0,598	478,4			
Kleinschlag 4,00 . 0,13			0,520	416,0			
Bindematerial 4,00 . 0,024			0,096	76,8			
zusammen:			—	1023,2			

Position	Stück	Gegenstand	Preis		Betrag	
			M	Pf	M	Pf
4	52	cbm Bordsteine aus Grauwacke in der vorgeschriebenen Größe bearbeitet, anzuliefern, aufzumetern, dem Längen- und Querprofil entsprechend nach der Schnur zu legen und festzustampfen 1 cbm für	10	—	520	—
5	478	cbm Packlagesteine aus guter Grauwacke in Höhen von 15—17 cm anzuliefern, aufzumetern, nachdem in gutem Pflasterverbande mit den Spitzen nach oben zu legen und zu verzwicken, vorher das Grundbett der Steinbahn herzurichten . . . 1 cbm für	5	—	2390	—
6	416	cbm Decklagesteine aus bester Grauwacke anzuliefern, in regelmäßige Haufen aufzumetern, in Stücke von 5 cm Stärke zu zerkleinern, den Kleinschlag von Steingruß und Erde zu reinigen, aufzubringen und nach der Lehre auszugleichen und abzuwölben, 1 cbm für	7	—	2912	—
7	77	cbm Bindematerial, Kies und möglichst erdfreies Steingerölle, anzuliefern, in regelmäßige Haufen aufzuschütten oder in Kasten zu messen und einschl. der in Position 6 gewonnenen Steinplitter beim Abwalzen der Decklage nach Vorschrift aufzubringen, sowie die Bankette aufzuhöhen und zu ebnen, 1 cbm für	1	40	107	80
8	800	m Steinbahn bis zur gehörigen Bindung der Decklage mit der Dampfwalze zu walzen, zum Nachweis, 1 m für	—	60	480	—
Summe Titel II:					6409	80
Titel III. Bauwerke.						
9	20	m Querdurchlässe von 50 cm Lichtweite aus Zementbetonröhren herzustellen, die Baugrube auszuheben, die Rohre in Sand zu verlegen, die Erde schichtenweise einzubringen und festzustampfen, Ein- und Auslauf mit schrägen Stirnstücken zu versehen, die erforderlichen Vorflutgräben auszuheben und nach Anweisung zu befestigen, sowie sämtliche Materialien anzuliefern 1 m für	7	50	150	—
10	15	m Seitendurchlässe von 30 cm Durchmesser vor den Abfahrten anzubringen, in allem wie vor, 1 m für	4	20	63	—
Summe Titel III:					213	—

Position	Stück	Gegenstand	Preis		Betrag	
			M	Pf	M	Pf
		Titel IV. Schutz-, Nummer- und Grenzsteine.				
11	30	Stück Schutzsteine aus Basalt, je 1,25 m lang und mindestens 0,16 m stark, anzuliefern, zu setzen und anzufallen 1 Stück für	4	—	120	—
12	9	Stück Nummersteine aus Basaltlava, 0,74 m lang, 0,20 m breit und 0,15 m stark, auf 0,44 m Länge sauber bearbeitet anzuliefern, zu setzen und nach Vorschrift mit Ölfarbe auf weißem Schild schwarz zu beschreiben 1 Stück für	3	50	31	50
13	20	Stück Grenzsteine, 0,60 m lang und mindestens 0,13 m stark, anzuliefern und bei der Grenzvermessung nach Vorschrift zu versehen 1 Stück für	1	20	24	—
		Summe Titel IV:			175	50
		Titel V. Baumpflanzung.				
14	100	Stück Waldbäume zur Bepflanzung der Straße nach Maßgabe der „Besonderen Bedingungen für Baumpflanzungen“ anzuliefern und zu pflanzen, sowie die erforderlichen Baumstangen und Baumbänder zu liefern und anzubringen 1 Stück für	2	40	240	—
		Summe Titel V:			240	—
		Titel VI. Grundentschädigung.				
15	80	a Acker und Wiesen anzukaufen 1 a für	20	—	1 600	—
16	800	m Straße zu vermessen 1 m für	—	30	240	—
		Summe Titel VI:			1 840	—
		Titel VII. Inzsgemein.				
17		Für Plan und Bauleitung	—	—	240	—
18		Für Unvorhergesehenes und zur Abrundung	—	—	196	70
		Summe Titel VII:			436	70
		Wiederholung.				
		Titel I. Erd- und Planungsarbeiten	—	—	3 535	—
		„ II. Herstellung der Steinbahn	—	—	6 409	80
		„ III. Bauwerke	—	—	213	—
		„ IV. Schutz-, Nummer- und Grenzsteine	—	—	175	50
		„ V. Baumpflanzung	—	—	240	—
		„ VI. Grundentschädigung	—	—	1 840	—
		„ VII. Inzsgemein	—	—	436	70
		Gesamtsumme:			12 850	—

§ 67. Erläuterungsbericht.

Der Erläuterungsbericht bildet eine Ergänzung der zeichnerischen Darstellung, gibt eine Beschreibung der bestehenden Verhältnisse, sowie der vorkommenden Übelstände und erörtert die zur Beseitigung der letzteren in Vorschlag gebrachten Maßnahmen.

Im besonderen kann der Erläuterungsbericht enthalten:

1. Beschreibung des Planes. Angaben über den Umfang, über die Veranlassung zur Aufstellung und über die einzelnen Bestandteile des Planes.

2. Die örtlichen Verhältnisse. Die Lage der Baustelle, die berührten Ortschaften, das Amt, der Kreis, der Regierungsbezirk sind anzugeben. Die Geländegestaltung, die Bodenbeschaffenheit, die Bodenbedeckung und die Wasserverhältnisse sind zu beschreiben. Die bestehenden Verkehrswege, die Größe des Verkehrs und die zeitigen Verkehrserchwernisse, die durch den Neubau zu erlangenden Verkehrserleichterungen und der sonstige Nutzen der Straße sind zu schildern.

3. Linienführung und Steigungsverhältnisse. Die Linienführung, ebenso das Mindestmaß des Krümmungshalbmessers und die gewählten Steigungsverhältnisse sind zu begründen.

4. Breite der Straße und Befestigung der Fahrbahn. Die Begründung der getroffenen Wahl hat unter Berücksichtigung der Verkehrs-, der Neubau- und der Unterhaltungskosten zu erfolgen.

5. Bauwerke. Diese sind zu erläutern, namentlich ist auch die Anzahl und Einrichtung der Brücken- und Durchlässe, der Vorflut- und Entwässerungsanlagen anzugeben.

5. Baumpflanzung. Es ist mitzuteilen, weshalb die vorgesehene Baumart gewählt worden ist.

7. Grund- und Nutzungsentwässerung, sowie die etwaigen Rechte, Verpflichtungen oder Leistungen der Anwohner sind zu beschreiben.

8. Kosten- und Ertragsberechnung. Am Schlusse werden die Neubaufkosten zusammengestellt, und es wird durch eine Ertragsberechnung die Wirtschaftlichkeit der neuen Straße nachgewiesen.

§ 68. Erdmassenberechnung (Massenermittlung).

Die Ermittlung der Massen erfolgt meist aus den Querprofilen und deren Abständen. Eine richtige Massenermittlung setzt voraus, daß ein Querprofil an jedem Brechpunkte der Erdoberfläche wie des Planums genommen ist. Ist dieses der Fall, so erscheint jeder Erdkörper zwischen

zwei Profilen als Prismatoid, dessen Inhalt aus den Flächen der Querprofile und deren Abstand ermittelt werden kann. Man begnügt sich aber meist mit einer Annäherungsberechnung, indem man den Körper als Prisma berechnet, dessen Querschnitt das arithmetische Mittel aus den begrenzenden Querprofilen und dessen Länge gleich dem Abstände der Querprofile ist. Dieser Abstand wird aus dem Längenprofil entnommen.

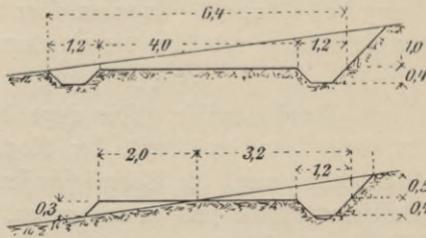


Fig. 83. Querprofil.

1. Die Größe der Ab- und Auftragsflächen in den Querprofilen.

Diese wird bestimmt durch Rechnung mittels Tabellen, mittels Flächenmaßstab, durch Zeichnung oder mit Hilfe eines Planimeters.

a) Berechnung. Kommt nur eine Bodenart in Frage, so kann die Berechnung nach folgendem Schema geschehen.

Tabelle 31 (Fig. 83).

Nr. des Profils	Berechnung	Teinhalt qm	Abtrag qm	Auftrag qm
1	$\frac{6,4 \cdot 1,0}{2}$	3,20		
	$2 \cdot \frac{1,2 + 0,4}{2} \cdot 0,4$	0,64	3,84	
2	$\frac{3,2 \cdot 0,5}{2} + \frac{1,2 + 0,4}{2} \cdot 0,4$		1,12	
	$\frac{2,0 \cdot 0,3}{2}$			0,30

Wird der Abtrag je nach der Schwierigkeit der Gewinnung in verschiedene Klassen eingeteilt, so kann die Berechnung nach folgendem Muster ausgeführt werden.

Tabelle 32.

Nr. des Profils	Anfänge und Berechnung	Abtrag				Auftrag qm
		I. Kl. qm	II. Kl. qm	III. Kl. qm	Σ. qm	
1	$\frac{6,4 \cdot 1,0}{2} = 3,20$ qm					
	$2 \cdot \frac{1,2 + 0,4}{2} \cdot 0,4 = 0,64$ "	3,00	—	0,84	3,84	
2	$\frac{3,2 \cdot 0,5}{2} = 0,80$ qm					
	$\frac{1,2 + 0,4}{2} \cdot 0,4 = 0,32$ "	1,12	—	—	1,12	
	$\frac{2,0 \cdot 0,3}{2} =$					0,30

b) Tabelle für die Querschnittsgrößen. Die Größe der Querschnitte bei Gelände ohne Querneigung findet man nach Fig. 84 für Dämme

$$F = bh + nh^2, \quad (36)$$

nach Fig. 85 für Einschnitte

$$F = b_1h + nh^2 + 2f, \quad (37)$$

wenn f die Größe eines Grabens bedeutet. Nach Formel 36 ist nachstehende Tabelle für $n = 1,5$ berechnet.

Tabelle 33.

h = Meter	b = 5 m	b = 6 m	b = 7 m	b = 8 m	b = 9 m	b = 10 m	b = 11 m	b = 12 m
	F = Quadratmeter							
0,2	1,06	1,26	1,46	1,66	1,86	2,06	2,26	2,46
0,4	2,24	2,64	3,04	3,44	3,84	4,24	4,64	5,04
0,6	3,54	4,14	4,74	5,34	5,94	6,54	7,14	7,74
0,8	4,96	5,76	6,56	7,36	8,16	8,96	9,76	10,56
1,0	6,50	7,50	8,50	9,50	10,50	11,50	12,50	13,50
1,2	8,16	9,36	10,56	11,76	12,96	14,16	15,36	16,56
1,4	9,94	11,34	12,74	14,14	15,54	16,94	18,34	19,74
1,6	11,84	13,44	15,04	16,64	18,24	19,84	21,44	23,04
1,8	13,86	15,66	17,46	19,26	21,06	22,86	24,66	26,46
2,0	16,00	18,00	20,00	22,00	24,00	26,00	28,00	30,00

Nach dieser Tabelle enthält z. B. ein Damm von 1,0 m Höhe und 6,0 m Kronenbreite = 7,50 qm Profilfläche. Ein Einschnitt von 1,0 m Tiefe, bei dem $h_1 = 10,0$ m beträgt und ein Graben einen Querschnitt $f = 0,5$ m hat, würde nach der Tabelle $11,50 + 2 \cdot 0,5 = 12,50$ qm Abtragsfläche enthalten.

c) Der Flächenmaßstab. Statt der Tabellen kann man zur Ermittlung der Profilgröße auch einen Flächenmaßstab anwenden. Aus den Formeln 36 und 37 ist ein solcher für $b = 7,0$ m, $h_1 = 10,0$ m,

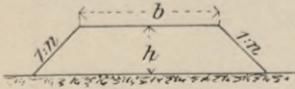


Fig. 84. Damm.

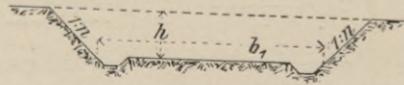


Fig. 85. Einschnitt.

$f = 0,50$ qm und $n = 1,5$ berechnet und in Fig. 86 dargestellt worden. Man findet aus demselben z. B. für $h = 1,0$ m (= Linie a b) einen Auftrag von 8,50 qm (Linie c d) und einen Abtrag von 12,5 qm (Linie f d), indem man die Längen der Linien c d und f d mit dem Maßstab M mißt.

d) Graphisches Verfahren. Man kann das Profil in ein Dreieck oder Rechteck verwandeln oder dasselbe in Trapeze gleicher Breite zerlegen. Die Länge sämtlicher Trapeze wird alsdann zusammengezählt und mit der Breite eines Trapezes multipliziert. Solche Trapeze erhält man mittels Planimeterharze oder indem man die Querprofile auf Millimeterpapier aufträgt. Zeichnet man z. B. die Querprofile im Maßstab 1:200 auf Papier mit 5 mm



Fig. 86. Flächenmaßstab.

Teilung, so ist ein Trapez von 5 mm Breite und 5 mm Höhe gleich 1 qm.

e) Planimeter. Den Flächeninhalt kann man auch mittels Planimeters durch Umfahren der Begrenzungslinie auf etwa $\frac{1}{2}\%$ genau bestimmen. Besonders bei unregelmäßiger Bodengestaltung findet das Instrument, auf dem man den Inhalt ohne weiteres ablesen kann, vortheilhafte Verwendung. Am gebräuchlichsten sind die Polarplanimeter, das sind Planimeter, die sich um einen festen Punkt (Pol) drehen.

2. Körperinhalt der Auf- und Abträge. Dieser kann aus den Querprofilen durch Rechnung oder Zeichnung gefunden werden.

a) Berechnung des Körperinhaltes. Sind die Flächeninhalte der Querprofile ermittelt, so kann man den Körperinhalt mit Hilfe der nachstehenden Tabelle berechnen.

Tabelle 34.

Nr. des Profils	Flächen der Querprofile		Mittel aus 2 Querprofilen		Länge m	Kubikinhalt		Alge- braische Summe cbm
	+	-	+	-		+	-	
	Abtrag	Auftrag	Abtrag	Auftrag		Abtrag	Auftrag	
	qm	qm	qm	qm		cbm	cbm	
0	—	—						
1	—	10	—	5	20	—	100	- 100
2	—	8	—	9	20	—	180	- 280
3	2	4	1	6	20	20	120	- 380
4	6	—	4	2	20	80	40	- 340
5	10	—	8	—	20	160	—	- 180
6	8	—	9	—	20	180	—	± 0
7	4	—	6	—	20	120	—	+ 120
						+ 560	- 440	

Mithin bleiben ungedeckt $+ 560 - 440 = + 120$ cbm.

Sollen die Bodenklassen des Abtrages berücksichtigt werden, so erhält die Tabelle folgende Form:

Tabelle 35.

Nr. des Profils	Flächen der Querprofile		Mittel aus 2 Profilen		Länge m	Kubikinhalt				
	Ab- trag	Auf- trag	Ab- trag	Auf- trag		Abtrag				Auf- trag
						Kl. I	Kl. II	Kl. III	Se.	
	qm	qm	qm	qm	cbm	cbm	cbm	cbm	cbm	
1	—	—								
2	—	10	—	5	20	—	—	—	—	100
3	2	8	1	9	20	20	—	—	20	180
4	6	4	4	6	20	30	50	—	80	120

b) Ermittlung des Körperinhaltes durch Zeichnung (Flächenprofil). Das Verfahren zeigt nachstehendes Beispiel:

Die in Tabelle 34 aufgeführten Ab- und Aufträge seien durch Zeichnung zu ermitteln. Man zieht eine wagerechte Linie 0 7 (Fig. 87),

trägt auf derselben die Längen der einzelnen Stationen ab, errichtet in den Stationspunkten Ordinaten von der Größe der Querprofilflächen, und zwar die Abträge noch aufwärts, die Aufträge aber noch abwärts, und verbindet schließlich die Endpunkte der Abtragsordinaten und der Auftragsordinaten durch je eine gebrochene Linie, so erhält man ein „Flächenprofil“. Wenn man dann die so entstandenen, oberhalb und unterhalb der Wagerechten 0 7 belegenen Flächen berechnet, so erhält man den

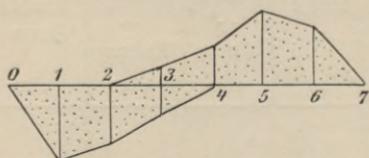


Fig. 87. Flächenprofil.

Kubikinhalt der Ab- und Aufträge. So ist z. B. der Inhalt des zwischen Profil 1 und 2 belegenen Körpers

$$\frac{10 + 8}{2} \cdot 20 = 180 \text{ cbm.}$$

Kommt in einem Querprofil Ab- und Auftrag zugleich vor, so wird dieses

im Flächenprofil ebenfalls in klarer Weise zum Ausdruck gebracht, z. B. in dem Profil 3. — Bei gleicher Entfernung der Profile ist der Kubikinhalt proportional der Höhe der Trapeze; in diesem Falle werden die mittleren Höhen addiert und wird die Summe mit dem Abstände multipliziert.

§ 69. Ermittlung der Transportweiten (Massenverteilung).

Findet sich bei der Vergleichung der Auf- und Abtragsmassen, daß der Auftrag mehr Masse erfordert, als der Abtrag ergibt, so muß die fehlende Masse durch Seitenentnahme gewonnen werden; im entgegengesetzten Falle wird die übrige Erde seitlich abgelagert. Ein Gleiches tritt ein, wenn der Transport zu weit, die Transportkosten mithin zu groß werden.

Die Transportweite ist gleich der Entfernung des Schwerpunktes der Abtragsmasse vom Schwerpunkte der Auftragsmasse. Da bei Ermittlung dieser Entfernung Unterschiede bis 10 m nicht in Betracht kommen, weil die Transportkosten immer nur in Absätzen von 20 m wechseln, so begnügt man sich auch hier mit einer Annäherungsermittlung. Die Massenverteilung kann durch Rechnung und durch Zeichnung erfolgen.

1. Massenverteilung durch Berechnung. In den Tabellen 36 und 37 sind solche Massenverteilungen durchgeführt. In beiden Tabellen ist außerdem die mittlere Transportweite berechnet worden. In Tabelle 36 sind ferner die verschiedenen Bodenklassen der Abtragsmassen, in Tabelle 37 ist die bleibende Auslockerung der Auftragsmassen berücksichtigt worden. Die Massenverteilung gründet sich auf die in Tabelle 34 enthaltenen Auf- und Abträge.

Tabelle 36.

Nr. des Profils	Länge m	Substanzinhalt		Es sind			Der fehlende Boden wird entnommen:			Arbeit m mal cbm	Bemerkungen.
		Abtrag cbm	Auftrag cbm	in den Stationen zu verwenden cbm	übrig cbm	fehlend cbm	aus Station cbm	mit cbm	Trans- portweite m		
0											
1	20	—	100	—	—	100	3 u. 4	100	70	7 000	} Bodenkf. III zu lösen 100 cbm. } Bodenkf. II zu lösen 400 cbm. } zeitlich auszuliegen.
2	20	—	180	—	—	180	4 u. 5	180	70	12 600	
3	20	20	120	20	—	100	5	100	60	6 000	
4	20	80	40	40	40	—	—	—	—	—	
5	20	160	—	—	160	—	—	—	—	—	
6	20	180	—	—	180	—	—	—	—	—	
7	20	120	—	—	120	—	—	120	100	12 000	
		560	440	60	500	380	—	500	—	37 600	
					60	60					
					560	440					

Mittlere Transportweite 37600 : 500 = 75 m.

Oder es sind zu transportieren:

280 cbm 70 m weit
100 " 60 " "
120 " 100 " "

Tabelle 37.

Station	Länge m	Auftrag				Abtrag			Von Profil zu Profil zu verwenden cbm	Verbleibt		Zu transportierende Masse cbm	Schnepunkte	Transportweite m	Bemerkungen.	
		Querprofile qm	gemittelte Profile qm	im Damm gemessen cbm	auf Abtrag umgerechnet cbm	Querprofile qm	gemittelte Profile qm	Einschnitts- masse cbm		— Auftrag cbm	+ Abtrag cbm					
0																
1	20	—	5	100	96	—	—	—	—	96	—	} 364	1 + 10	} 62	} zeitlich auszuliegen.	
2	20	10	9	180	173	—	—	—	173	—						
3	20	8	6	120	115	—	1	20	20	95	—					
4	20	4	2	40	38	2	4	80	38	—	42	} 364	4 + 12			
5	20	—	—	—	—	6	8	160	—	—	160					
6	20	—	—	—	—	10	8	180	—	—	180	} 138	—			100
7	20	—	—	—	—	8	9	120	—	—	120					
			Ge.: 440	422	—	—	560	58	364	502	—	—	—			
				138	—	—	—	—	58	58	—	—	—			
				560	—	—	—	—	422	560	—	—	—			

Mittlere Transportweite

$$364 \text{ cbm} \quad 62 \text{ m weit} = 22568 \text{ mebm.}$$

$$138 \quad " \quad 100 \quad " \quad " = 13800 \quad "$$

$$\hline 502 \text{ cbm} \qquad \qquad \qquad 36368 \text{ mebm.}$$

Mittlere Transportweite $36368 : 502 = 72 \text{ m}$.

2. Massenverteilung durch Zeichnung (Massenprofil). Es zeigt der obere Teil der Fig. 88 ein Flächenprofil, der untere ein Massenprofil. Soll die Masse m_1 von rechts nach links auf eine Entfernung t_1 transportiert werden, so ist hierzu eine Arbeitsleistung $m_1 t_1$ erforderlich. Diese Arbeitsleistung $m_1 t_1$ kann man graphisch darstellen durch ein Rechteck, dessen Länge = t_1 und dessen Höhe = m_1 ist. Ebenso lassen sich die Arbeitsleistungen für den Transport der Massen $m_2 m_3 m_4$ durch Rechtecke veranschaulichen. Die Gesamtfläche $A_1 B_1 C_1$ würde die Gesamt-

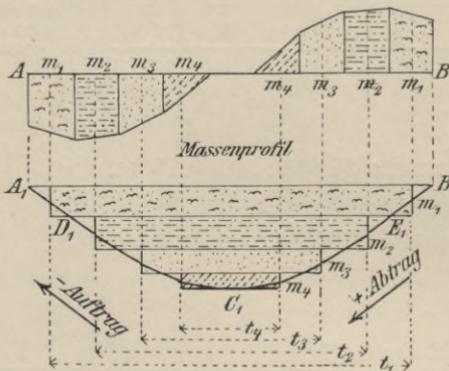


Fig. 88. Massenprofil.

leistung angeben. Die treppenförmige Linie kann man durch eine ausgleichende Kurve ersetzen. Diese Kurve heißt Massennivellementscurve. Die Ordinaten dieser Kurve stellen die Summe der Auf- und Abträge dar, und es bedeuten die absteigenden Linien ($B_1 C_1$) die Abträge, die aufwärtssteigenden Linien ($C_1 A_1$) die Aufträge.

Zwischen den Punkten $D_1 E_1$ werden sich die Auf- und Abträge decken; man nennt daher $D_1 E_1$ eine Ausgleichslinie.

Weil die Arbeit A gleich dem Produkte aus der zu transportierenden Masse m und der Transportweite t , mithin $A = mt$ ist, so ergibt sich $t = \frac{A}{m}$. Mit anderen Worten: Verwandelt man das Massenprofil (die Fläche $A_1 B_1 C_1$) in ein inhaltgleiches Rechteck von der Breite m und der Länge t , so ist die Seite t des Rechtecks gleich der mittleren Transportweite. Es ist $m = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$.

Die mittlere Transportweite findet man aus dem Flächenprofil, indem man die Schwerpunkte der sich ausgleichenden Auf- und Abträge bestimmt, oder aus dem Massenprofil, indem man das Massenprofil in ein inhaltgleiches Rechteck von der Breite m und der Länge t verwandelt, so ist t die mittlere Transportweite.

§ 70. Einebenen hügeliger Flächen.

Soll ein hügeliges Gelände von bestimmter Größe so abgeglichen werden, daß Ab- und Auftrag sich decken, so berechnet man zunächst die Erdmassen, welche über einer angenommenen Horizontalebene (über NN) lagern. Bezeichnet man die berechnete Erdmasse mit M , die horizontal abzugleichende Fläche mit F und die Höhe der Abgleichsebene über der angenommenen Horizontalebene mit h , so ist $M = Fh$, demnach ist die gesuchte Höhe

$$h = \frac{M}{F}. \quad (38)$$

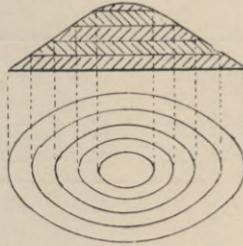


Fig. 89 Höhenlinienlinie.

Man kann M bestimmen aus den Längen- und Querprofilen, wie es bei Begebauten Gebrauch ist. Man kann aber M auch finden aus den Höhenschichtenlinien oder aus den zur Festlegung dieser Linien erforderlichen Messungszahlen (den Koordinaten).

1. Massenermittlung aus den Höhenschichtenlinien (Fig. 89). Bezeichnen $f_1 f_2 f_3 f_4 f_5$ die von den Höhenkurven eingeschlossenen Flächen und a den Höhenabstand dieser Kurven, so ist annähernd

$$M = a \left(\frac{f_1 + f_2}{2} + \frac{f_2 + f_3}{2} + \frac{f_3 + f_4}{2} + \frac{f_4 + f_5}{2} \right)$$

$$M = a \left(\frac{f_1}{2} + f_2 + f_3 + f_4 + \frac{f_5}{2} \right). \quad (39)$$

Genauer wird die Rechnung meist nach der Prismatoid- oder nach der Simpsonschen Formel

$$M = \frac{a}{3} (f_1 + 4f_2 + 2f_3 + 4f_4 + f_5). \quad (40)$$

2. Massenermittlung aus den Koordinaten. Teilt man die Fläche in einzelne Felder $f_1 f_2 f_3 \dots$, von denen $h_1 h_2 h_3 \dots$ die mittleren Höhen bilden, so wird

$$M = f_1 h_1 + f_2 h_2 + f_3 h_3 + \dots$$

Wird $f_1 = f_2 = f_3 = \dots$, so ergibt sich

$$M = f (h_1 + h_2 + h_3 + \dots), \quad (40)$$

und die gesuchte Höhe h ist alsdann das arithmetische Mittel aus sämtlichen Höhen.

3. Ermittlung der mittleren Transportweite. Nachdem man die mittlere Höhe h gefunden hat, ermittelt man für die einzelnen Flächen $f_1 f_2 f_3 \dots$ die Auf- und Abträge und rechnet wie in den Tabellen 36 und 37. In nachstehender Tabelle ist eine solche Rechnung durchgeführt.

Tabelle 38.

Fläche	Abtrag cbm	Auftrag cbm	Es sind			Der fehlende Boden wird entnommen:			m mal cbm
			in der Fläche zu ver- bauen cbm	übrig cbm	fehlend cbm	aus Fläche	mit cbm	Trans- port- weite m	
f_1	10	—	—	10	—	f_4	10	30	300
f_2	20	—	—	20	—	f_3 u. f_4	20	40	800
f_3	10	15	10	—	5	—	—	—	—
f_4	—	25	—	—	25	—	—	—	—
	40	40	10	30	30		30		1100
				10	10				
				40	40				

Mittlere Transportweite $1100 : 30 = 37$ m.

§ 71. Ermittlung der Böschungflächen.

Es wird gewöhnlich die ganze Oberfläche des Erdbauwerks und was damit zusammenhängt nach der Schnur geebnet. Die Berechnung der Böschungflächen ist mit Hilfe der Längen- und Querprofile etwa nach folgendem Muster auszuführen.

Tabelle 39.

Nr. des Profils	Breite der Böschung		Länge m	Fläche qm
	im Profil m	im Mittel m		
1	2,0 + 2,0	} 3,50	10,0	35,0
2	1,0 + 2,0			

Bezeichnet b die Breite der Böschung, h die Höhe derselben und $1:n$ das Böschungsverhältnis, so ist nach Pythagoras

$$b^2 = (nh)^2 + h^2; \quad b = h\sqrt{n^2 + 1}$$

Setzt man $\sqrt{n^2 + 1} = a$, so wird

$$b = ha. \quad (42)$$

Für die verschiedenen Böschungsverhältnisse ist a in nachstehender Tabelle angegeben.

Tabelle 40.

n	a	n	a	n	a
$\frac{1}{4}$	1,03	1	1,41	2	2,24
$\frac{1}{3}$	1,05	$1\frac{1}{4}$	1,60	3	3,16
$\frac{1}{2}$	1,19	$1\frac{1}{2}$	1,80	4	4,12
$\frac{3}{4}$	1,25	$1\frac{3}{4}$	2,02	5	5,10

Beispiel: Welche Breite hat eine Böschung, wenn $n = 2$ und $h = 4$ m beträgt?

Nach Formel 42 ist $b = ha$, nach der Tabelle $a = 2,24$, folglich $b = 4,0 \cdot 2,24 = 8,96$ m.

§ 72. Ertragsberechnung.¹⁾

Der Beweis dafür, daß die Anlage einer neuen Landstraße aus wirtschaftlichen Gründen notwendig ist, wird bei Aufstellung des Entwurfs durch die Ertragsberechnung erbracht.

Bezeichnet man mit

A die Herstellungskosten für 1 km Straße in Mark,

B die vom Verkehr unabhängigen Unterhaltungskosten für 1 km in Mark,

C die jährliche Frachtmenge in t,

l die Länge der Straße in km,

β die durch den Straßenanbau erzielte Frachtermäßigung für 1 t/km in Mark,

γ die durch 1 t Last bewirkte jährliche Abnutzung auf 1 km Straße in Mark,

so ist der jährliche Nutzen der Straße = βCl Mark.

Ist dieser Betrag ausreichend hoch, um die Unterhaltungskosten $l(B + \gamma C)$ Mark zu decken und das Anlagekapital Al zu verzinsen, so ist der Bau der Straße nützlich; und es beträgt die der Bevölkerung zugute kommende Rente R für 1 M. Anlagekapital:

$$R = \frac{\beta Cl - (B + \gamma C)l}{Al}$$

$$R = \frac{(\beta - \gamma) C - B}{A}. \quad (43)$$

Beispiel: Es betrage die Fracht für 1 t/km auf unbefestigtem Wege 0,24 M. und auf der ausgebauten Straße 0,10 M., dann ist die Frachtermäßigung $\beta = 0,14$ M. Werden nun jährlich 3000 t Güter befördert,

¹⁾ Nach der „Hütte“, Des Ingenieurs Taschenbuch 1909, Abt. III, S. 168).

betragen die Anlagekosten für 1 km Straßenlänge 15 000 M., ist $B = 150$ und $\gamma = 0,03$, so erhält man

$$R = \frac{(0,14 - 0,03) 3000 - 150}{15\,000} = 0,012 \text{ oder } 1,2\%.$$

Bei einer Bevölkerung von 3000 Personen würde die Straße noch wirtschaftlichen Nutzen bringen, wenn man auf den Kopf der Bevölkerung einen jährlichen Güterverkehr von nur 1 t rechnet.

§ 73. Der Übersichtsplan (Straßenraffie).

Die preußische „Instruktion“ schreibt vor: Die Übersichtskarte ist in einem Maßstab 1 : 20 000 bis 1 : 200 000 zu geben und sind hierzu entweder gute vorhandene Karten, soweit sie im Handel zu haben sind, zu verwenden oder gesonderte Auszüge in entsprechender Ausdehnung zu fertigen. In dieser Karte sind alle konkurrierenden Linien, die Stationierung des Straßenzuges nach Hauptstationen und die Anschlußpunkte oder bestehende Verbindungen mit bereits ausgebauten Straßen einzutragen.

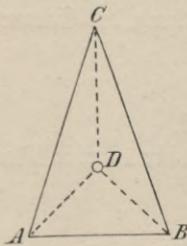


Fig. 90. Verkehrsstraße.

In dem Übersichtsplan wird hauptsächlich die Richtungslinie der Straße oder die Straßenraffie angegeben. Bei der Festlegung dieser Linie sind besonders folgende Punkte zu beachten:

Jede Straße soll in erster Linie den Verkehr erleichtern. Dieses Ziel soll mit möglichst wenig Kosten erreicht und erhalten werden. Bei der Aufstellung von Entwürfen zu Straßenneubauten ist daher zu beachten:

1. die Verkehrserleichterung soll möglichst groß und
2. die Verkehrskosten sollen möglichst klein werden.

Unter Verkehrskosten versteht man die Summe der Transport-, Neubau- und Unterhaltungskosten.

Die Verkehrskosten werden im allgemeinen um so kleiner, je kürzer die Straße wird. Die gerade Linie ist der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten. Handelt es sich um die Verbindung zweier Orte miteinander, so wird man dem Wege eine möglichst gerade Linie geben. Sind drei Punkte ABC (Fig. 90) miteinander zu verbinden, so wird der Transport auf den Wegen AB, BC, CA am billigsten. Zieht man aber die Verkehrskosten, also die Transport-, Neubau- und Unterhaltungskosten in Betracht, so wird man besser die Wege AD, BD, CD bauen und wird die Lage des Punktes D so wählen, daß die Gesamtkosten am geringsten

werden. Man nennt die so ermittelte Linie kommerzielle Traße oder Verkehrsstraße.

Bei der Festlegung der wirklichen Baulinie muß den örtlichen Verhältnissen entsprechend oft von der Verkehrsstraße abgewichen werden, weil bei der Festlegung nicht nur die Verkehrsverhältnisse, sondern auch das Gelände und das Wasser bestimmend wirken.

Bei dem Gelände kommen nicht nur die topographischen, sondern auch die geognostischen Verhältnisse in Betracht, d. h. es sind nicht nur die Bodengestaltung und Bodenbenutzung, sondern es ist auch die Bodenbeschaffenheit zu beachten.

Im allgemeinen soll sich die Straße dem Gelände möglichst anschmiegen, weil hierdurch an Erdarbeiten und Bauwerken gespart werden kann. Die Straße soll nicht nur den Verkehr von Ortschaft zu Ortschaft vermitteln, sondern sie soll auch die Bewirtschaftung der Ländereien erleichtern. Man wird häufig die erhöhten Kosten für den Grunderwerb der wertvolleren Ländereien nicht scheuen und die Straßen durch Felder und Wiesen hindurchführen, weil solche Straßen die besten Wirtschaftswege abgeben. Besonders wertvolle Grundstücke wird man allerdings zu umgehen suchen.

Die Bodenbeschaffenheit kann den Bau einer Straße sowohl fördern als auch ungünstig beeinflussen. Ersteres ist der Fall, wenn beim Bau der Straße zugleich Baumaterialien gewonnen werden, letzteres hingegen tritt ein, wenn ausgedehnte Felsarbeiten den Bau erschweren oder Geländerutschungen und Erderweichungen denselben gefährden.

Das Wasser greift die Straße stets an, sei es als fließendes, stehendes oder zu Eis erstarrtes Wasser. Das fließende Wasser spült den Straßenkörper weg; das stehende Wasser weicht den Straßenkörper auf und vermindert dessen Festigkeit; das Eis lockert das Gefüge der Steinbahn befördert die Verwitterung der Materialien und erschwert daher den Verkehr. Auch werden durch Brücken, Durchlässe, Ufer- und Böschungsbefestigungen und durch andere Wasserbauten die Neubau- und Unterhaltungskosten der Straße vermehrt. Je mehr daher die Straße den Einflüssen des Wassers entzogen werden kann, desto besser.

Bei Straßen in der Ebene wird man von der geraden Linie abweichen, wenn Flüsse, bewohnte Orte usw. dieses bedingen, ferner, wenn man dadurch an Erdarbeiten sparen, Hindernissen, wie Senkungen, Sümpfen, Anhöhen usw. ausweichen oder die Straße möglichst trocken legen kann. Man sucht die Straße auf Rücken, die eine Art Wasserscheide bilden, oder, wo diese nicht vorhanden sind, auf den trockenen Boden, z. B. lehmigen

Sand, grobkörnigen Sand oder sandigen Lehm zu legen. Stellen mit Kieselagern, Feldsteinen oder Steinbrüchen sucht man sich zu nähern.

Strassen im Gebirge. Liegt eine Strasse im Thal, so heisst sie Thalstrasse, folgt sie dem Zuge der Wasserscheide eines Gebirges, so wird sie Hochstrasse genannt, steigt sie einen Berghang empor, um ein Thal mit dem Nachbartal zu verbinden, so wird sie mit Steige bezeichnet.

Thalstrassen haben gegenüber den Hochstrassen folgende Vorzüge:

a) In den Thälern befinden sich die grössten und bewohntesten Ortschaften, Fabriken und Hüttenwerke. Thalstrassen geben bequeme Wirtschaftswegen. Das Reisen in den fruchtbaren und geschützten Thälern ist meist angenehmer.

b) Thalstrassen steigen unmerklich; sie sind daher bequemer zu befahren als die oft auf und ab gehenden Hochstrassen.

c) Das Material zum Bau und zur Unterhaltung befindet sich meist an den Talwänden in der Nähe des Talweges, während es für Hochstrassen große Anfuhrkosten erfordert.

Dagegen haben Thalstrassen folgende Nachteile:

a) Thalstrassen erfordern mehr Kunstbauten wie Brücken, Durchlässe, Futtermauern, Schutzwerke gegen Wasser.

b) Thalstrassen sind den Sonnenstrahlen und Winden weniger ausgesetzt, trocknen daher schwerer und kosten mehr Unterhaltung.

c) Die Täler sind oft stark gekrümmt, dadurch wird die Strasse lang. Der Grunderwerb kostet im Thale mehr.

Aus Vorstehendem ergibt sich: Thalstrassen sind vorteilhafter und bequemer für Zugkraft und Reisende, aber teurer als Hochstrassen.

Thalstrassen. Beim Auffuchen der Wegelinie sind folgende Regeln zu beachten:

a) Die Strasse ist möglichst weit ab von dem das Tal durchziehenden Wasserlauf zu legen, damit teure Schutzmittel gegen Strom und Eis vermieden werden. Muß ein größerer Wasserlauf überbrückt werden, so sucht man für die Übergangsstelle eine möglichst regelmäßige Flußstrecke auf, so daß starke Krümmungen oberhalb und unterhalb der Brücke vermieden werden; dann führt man die Strasse möglichst rechtwinklig über den Fluß, um die Brücke kurz zu halten.

b) Die Strasse soll leicht austrocknen; sie soll daher für Sonnenschein und trocknende Winde möglichst zugänglich sein. Man legt sie zu dem Ende, wenn thunlich, auf die von Norden nach Süden oder von Osten nach Westen fallenden Hänge, weil dort der Schnee am ersten schmilzt und der Ostwind die Strasse austrocknet. Es ist dieses besonders bei

engen Tälern wichtig, wo wenig Sonnenschein hinkommt und zuweilen auch wenig Längengefälle vorhanden ist. Man sucht die Straße möglichst frei zu legen, indem man die den Luftzug hemmenden Gegenstände beseitigt. In Wäldern werden mitunter die Bäume beiderseits der Straße entsprechend entfernt; den Sommerweg legt man auf die südliche und östliche, die Steinbahn auf die nördliche und westliche Seite.

c) Zur Annäherung an Plätze der Materialgewinnung und zur Umgehung teurer Grundstücke und ungünstiger Baustellen sind oft Umwege gestattet.

Hochstraßen sind so zu führen, daß sie möglichst viele Ortschaften berühren, daß sie Steinbrüchen und Kieslagern möglichst nahe kommen, weil diese Material zum Bau und zur Unterhaltung der Straßen liefern.

Steigen dürfen mit Rücksicht auf den Verkehr ein gewisses Steigungsverhältnis $1:n$ nicht überschreiten. Soll eine Straße vom Punkte A bis zum Punkte B um die Höhe h steigen, so muß die horizontale Entfernung l beider Punkte beim Steigungsverhältnis $1:n$ betragen

$$l = n h. \quad (44)$$

Ist $l < n h$, so muß man die Straßenlinie entwickeln, d. h. man muß unter Benutzung der Geländeformen eine der obigen Gleichung entsprechend lange Linie mit dem Gefällverhältnisse $1:n$ zwischen den zu verbindenden Punkten auffuchen. Die gebräuchlichsten Entwicklungsformen im Straßenbaue sind die Talkehren und die Serpentinien.

Sind Seitentäler vorhanden, so wird man im Seitentale aufwärts gehen, bis ein Übergang ohne Schwierigkeit möglich ist (Talkehre); sodann kehrt man an der anderen Seite des Seitentales zurück und kommt um so viel höher am Hang des Haupttales heraus, als es dem Umwege entspricht.

Fehlen solche Seitentäler, so kann man die Straße auf einem Talhange entwickeln, indem man im Zickzack auf demselben aufsteigt und die dadurch sich bildenden Spitzkehren durch Kurven mit dem kleinsten zulässigen Halbmesser abrundet, Plattformen oder Serpentinien einschaltet. Plattformen und Serpentinien sollen möglichst an solche Stellen des Hanges gelegt werden, die weniger steil sind, damit an Erdarbeit erspart wird.

Die Zahl der in der Straßenlinie vorkommenden Serpentinien, Plattformen oder Kehren ist theoretisch gleichgültig, für die praktische Ausführung der Straße jedoch nicht, weil diese Wendungen in mäßigerem Gefälle gehalten werden müssen, daher durch dieselben nur eine geringe Höhe gewonnen wird und sie überdies viele Erdarbeiten erfordern, auch für den Verkehr lästig sind. Die Zahl der Kehren ist daher möglichst zu beschränken.

§ 74. Der Lageplan (Krümmungshalbmesser).

Die preußische „Instruktion“ von 1871 schreibt vor:

„In dem besonderen Lageplane ist alles Bestehende schwarz, alles auf das Projekt Bezügliche zinnoberrot einzutragen und ebenso zu beschreiben. Die Gelände sind in den gebräuchlichen Farben, insbesondere aber die alten Wege blaßbraun und die neue Straße, sofern sie in voller Breite aufgetragen ist, blaßrot anzulegen. In der Regel wird es genügen, den projektierten Straßenzug in seiner Mittellinie darzustellen.“

„Diese Mittellinie ist in Stationen von je 100 m Länge zu teilen, die mit 0 am Anfangspunkt beginnend, mit nach rechts fortlaufenden Zahlen bezeichnet werden. Außerdem ist bei je 50 m ein Zwischenpunkt einzuschalten. Jede zehnte Zahl wird durch Beschreibung einer ebenso beginnenden fortlaufenden römischen Zahl als Hauptstation hervorgehoben. Straßenzüge von mehr als 5000 m Länge sind in Sektionen zu teilen, welche mit ganzen Stationen oder mit den Grenzen der einzeln bauenden Gemeinden abschneiden. Die Stationen laufen jedoch durch.“

„Die Situation ist in genügender Breite von wenigstens 100 m zu jeder Seite des Straßenzuges anzugeben.“

Der Lageplan bildet den Grundriß der Straße. In ihm ist namentlich die Richtung der Straße mit all ihren Krümmungen genau festzulegen. Hierbei sind folgende Regeln zu beachten:

Die gerade Linie ist zwar der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten, doch wird man für die Straßenrichtung nicht immer die gerade Linie einhalten. Einmal sind lange gerade Strecken für den Reisenden sehr ermüdend und zum andern werden oft Hindernisse eintreten, wie Berge, Flüsse, Sümpfe usw., denen man ausweichen muß, oder man will durch die Abweichung von der geraden Linie Vorteile erlangen. Eine kleine Abweichung von der geraden Linie bewirkt außerdem auch nur eine geringe Verlängerung der Straße; eine Abweichung von 15° z. B. nur eine solche von $3,5\%$.

Man wird daher die Straße aus verschiedenen gerichteten geraden Strecken zusammensetzen und diese durch berührende Kreisbögen untereinander verbinden. Die Größe der Halbmesser für diese Verbindungsbögen wird je nach den besonderen Umständen sehr verschieden sein; man wird den Halbmesser möglichst groß zu gestalten suchen. Es kommen jedoch auch Fälle vor, namentlich bei Gebirgsstraßen, wo der Krümmungshalbmesser mit Rücksicht auf das Gelände möglichst klein genommen werden muß.

Der kleinste Krümmungshalbmesser richtet sich im allgemeinen nach den längsten dort verkehrenden Fuhrwerken. Er ist ab-

hängig von der Länge des Fuhrwerks, von dem Achsstande, der Spurweite und Drehbarkeit des Wagens, auch von der mehr oder weniger freien Lage der Straße. Sind Vorder- und Hinterachse eines Wagens vollkommen drehbar, und ist die Straße nicht durch Häuser, Bäume usw. eingengt, so daß die Last nach jeder Seite über die Straße hinausragen kann, so kann man mit der längsten Last einen rechten, ja sogar einen spitzen Winkel fahren. Sind die Achsen nicht drehbar und soll das Fuhrwerk nicht über die Fahrbahn hinausragen, so ergibt sich aus Fig. 91:

$$(R + B)^2 = (R + B_1)^2 + L^2$$

$$R = \frac{L^2 + B_1^2 - B^2}{2(B - B_1)}. \quad (45)$$

In dieser Formel bedeuten R den kleinsten Krümmungshalbmesser, B die Breite der Fahrbahn, B_1 die Breite des Wagens und L die Länge des Fuhrwerks einschließlich der Bespannung. Weil an langen Fuhr-

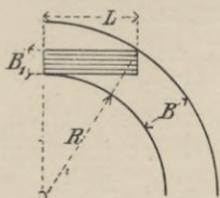


Fig. 91. Krümmungshalbmesser.

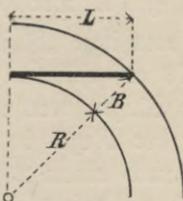


Fig. 92. Krümmungshalbmesser.

werken wenigstens die Vorderachse drehbar ist, so findet man den kleinsten Krümmungshalbmesser hierfür auch aus folgender Annäherungsformel:

$$R = \frac{L^2}{2B}. \quad (46)$$

Nach Fig. 92 ist:

$$(R + B)^2 = L^2 + R^2$$

$$2RB + B^2 = L^2 \text{ oder annähernd } R + \frac{L^2}{2B}.$$

Die von den verschiedenen Behörden erlassenen Bestimmungen über die Größe des anzuwendenden Krümmungshalbmessers weichen sehr voneinander ab. Die hannoversche technische Anweisung setzt fest, daß der Krümmungshalbmesser nach der Formel 46 bestimmt werden soll, doch sollten Halbmesser unter 9,4 m nur in außergewöhnlichen Fällen in Anwendung kommen. In der preussischen Instruktion von 1871 ist kein Mindestmaß für den Krümmungshalbmesser angegeben, doch ist bestimmt, daß bei Halbmessern unter 7,4 m auf eine angemessene Verbreiterung der Steinbahn Bedacht genommen werden soll. Für die sog. Prämienstraßen

in Westfalen (die unter Beihilfe der Provinz gebaut werden) gilt als Vorschrift: „In Krümmungen darf der der Mittellinie zugehörige Krümmungshalbmesser nicht unter 50 m lang sein. Nur in Ausnahmefällen darf ein Halbmesser von 30 m angewendet werden, doch ist in diesem Falle die Steinbahn und das Planum angemessen zu verbreitern.“

In Württemberg betragen die kleinsten Krümmungshalbmesser gewöhnlich bei Wendungsplatten 13 m, sonst 25 m. In Sachsen ist als kleinster Halbmesser 25 m für Kommunalwege, 30 m für Feldwege, auf denen Langholz gefahren wird, und 12 m für gewöhnliche Feldwege anzunehmen.

Krümmungen legt man mit Vorliebe in die Brechpunkte des Gefälles, weil alsdann die Gefälländerungen weniger hervortreten. Auch wird man die Krümmungen so zu legen suchen, daß die Erdarbeiten möglichst gering werden.

§ 75. Der Höhenplan (Steigungsverhältnisse).

Die preussische „Instruktion“ von 1871 enthält darüber — außer den in § 73 aufgeführten Bestimmungen — folgendes:

„Die Längen werden nach dem Maßstabe des zugehörigen Lageplanes, in der Regel im Verhältnis 1 : 5000 der natürlichen Größe; die Höhen nach einem 25mal größeren Maßstabe, also im Verhältnisse von 1 : 200, so daß 5 mm einen Meter darstellen, aufgetragen. Mehr als zwei Dezimalstellen sind nicht zu vermerken.“

„Die Stationierung erfolgt von links nach rechts, wie bei der Mittellinie des Straßenzuges im Lageplane.“

„Die zwischen den ganzen und halben Stationspunkten durch die Unebenheiten des Geländes bedingten Nivellementsunkte erhalten keine besondere Nummer, sondern werden nach ihrer Entfernung vom vorhergehenden Stationspunkte bezeichnet.“

„Die Ordinaten der Hauptstationen sind mit stärkeren, die der anderen Stationen und Zwischenpunkte mit schwächeren schwarzen Linien auszuziehen. Die Geländelinie ist in kräftiger schwarzer, die Planumlinie (Gradiente) der Straße in kräftiger zinnoberroter Linie anzugeben. Über den Normalhorizontalen sind in besonderen Reihen die Beschaffenheit des Bodens mit Farbe und Schrift, sowie die Gefällverhältnisse mit roten Ziffern anzugeben. Nahe über den Normalhorizontalen sind die Entfernungen der Stationen und Zwischenpunkte und darüber längs den Ordinatenlinien die Geländeordinaten in Schwarz, über diesen die Planumsordinaten in Zinnoberrot in regelmäßiger und übersichtlicher Anordnung einzutragen.“

„Die über der projektierten Planumslinie liegenden Abträge sind schwärzlich, die unter derselben liegenden Aufträge rot anzulegen.“

„Die Sohlen der Seitengräben werden nur da eingetragen, wo ihr Gefälle von dem der Straße abweicht, und zwar die auf der rechten Seite der Straße in blauer Linie, die auf der linken Seite blau punktiert.“

„Die absolute Höhe des Abtrages ist unter der Planumslinie mit schwarzen und die des Auftrages über dieser Linie mit zinnoberroten Zahlen einzuschreiben. Dieselbe ist auf zwei Dezimalstellen abzurunden.“

„Alle in der Straßenlinie zu errichtenden Bauwerke, als: Brücken, Durchlässe usw., sind in charakteristischer Weise mit zinnoberroten Linien einzutragen und über der Planumslinie unter Angabe ihrer Weiten mit der gleichen Schrift zu benennen.“

„Die Ausdehnung und Benennung der durchschnittenen Ortschaften ist unter der Planumslinie anzugeben.“

Bei der Festlegung der Höhenlinie (Gradiente) sind folgende Regeln zu beachten:

1. Höhenlage. In der Regel legt man die Straßen, um die Steinbahn möglichst trocken zu halten, etwas höher als die anliegenden Ländereien. Man gewinnt den dazu erforderlichen Boden durch Vergrößerung der Seitengräben. Jedenfalls muß die Unterkante der Besteigung über dem mittleren Wasserstande des Grabens liegen.

Nach der preußischen Instruktion vom 17. Mai 1871 soll die Straßenkrone wenigstens 0,6 m über den bekannten höchsten Wasserstand, welcher die Straße erreicht, gelegt werden. Straßen, welche dem Hochwasser ausgesetzte Niederungen durchschneiden, müssen mit der Kronenkante in die Höhe des anliegenden Geländes gelegt werden, wenn das Hochwasser durch Mulden und Brücken nicht genügenden Abfluß hat. Im andern Falle kann der Aufstau für die oberhalb belegenen Ländereien und für den Straßendamm schädlich werden.

Bei Feststellung der Straßenhöhe ist auch darauf zu achten, daß hohe Auf- und Abträge vermieden werden, und daß die Auf- und Abträge sich möglichst ausgleichen, wobei zu berücksichtigen ist, daß der Boden im Auftrage sich um etwa 5% gegenüber dem im Abtrage lockert.

2. Steigungen. Will man die Steigung einer Straße festlegen, so kann man davon ausgehen, daß man eine gleichwertige Länge einer horizontalen Bahn ermittelt, welche einem Meter Steigung, also der Hebung der Last um 1 m entspricht. Bezeichnet man diese Länge mit x , den

Widerstandskoeffizienten mit μ und das Verhältnis des Gewichtes eines Zugtieres zu seiner Zugkraft mit a , so ist:

$$x = \frac{1}{\mu} + a,$$

denn es ist:

$$x z = (P + P_1) 1; P_1 = a z; z = \mu P;$$

$$x z = P + a z; x = \frac{P}{z} + \frac{a z}{z};$$

$$x = \frac{P}{\mu P} + a = \frac{1}{\mu} + a, \quad (47)$$

wenn P das Gewicht des Wagens, P_1 das Gewicht des Zugtieres und z die Zugkraft bedeutet.¹⁾ Es schwankt a zwischen 4 und 5.

Beispiel: Bei einer guten, trockenen Chaussee beträgt nach Tabelle 41 $\mu = 0,03$; setzt man $a = 5$, so wird

$$x = \frac{1}{0,03} + 5 = 35 \text{ m,}$$

d. h. es erfordert dieselbe Arbeit, wenn eine Last 1 m hoch gehoben oder auf dieser Straße 35 m weit horizontal bewegt wird. Bei einer Steigung 1 : 200 hat man z. B. auf 200 m Länge 1 m Steigung; es ist daher gleichwertig, ob die Last auf einer 1 : 200 geneigten Straße 200 m weit oder auf einer horizontalen Straße 235 m weit fortbewegt wird, ob man die Last auf einer horizontalen Straße 1 m oder auf der 1 : 200 geneigten Straße $\frac{200}{235} = 0,85$ m weit fährt. Auf diese Weise ist nachstehende Tabelle berechnet worden:

Tabelle für $\mu = 0,03$
1 m horizontal ist gleichwertig mit

Neigung	Geneigte Länge m	Neigung	Geneigte Länge m
1 : 200	0,85	1 : 50	0,59
1 : 100	0,74	1 : 25	0,42
1 : 80	0,70	1 : 20	0,36

Vorstehende Tabelle gewährt einen guten Anhalt für den Vergleich der Transportkosten bei den verschiedenen Steigungen. Es erfordert z. B. die gleiche Arbeit, wenn eine Last auf einer guten, trockenen Steinbahn

¹⁾ Vergl. Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau 1903, S. 261.

horizontal 1 m weit, in einer 1 : 200 geneigten Strecke 0,85 m weit oder in einer 1 : 20 geneigten Strecke 0,36 m weit gefahren wird.

Der Widerstandskoeffizient μ ist für die verschiedenen Straßen und Wege ermittelt, von deren Beschaffenheit er wesentlich abhängt. Nach Laible hat derselbe die in nachstehender Tabelle angegebenen Mittelwerte.

Tabelle 41.

Fahrbahnbefestigungen	μ
Erdbahnen.	
Lofer Sand	0,15
Schlechter Erdweg	0,1
Trockener, fester Erdweg	0,05
Steinbahnen.	
Frisch aufgeworfene Steinbahn	0,157
Rotige Steinbahn	0,04
Trockene gute Chaussee	0,03
Pflasterstraßen.	
Schlechtes Steinpflaster	0,04
Gutes ebenes Steinpflaster	0,02
Desgl. im günstigsten Falle	0,013
Gutes Holzpflaster	0,018
Asphaltstraße	0,0075
Festgefahrene Schneebahn (Schlitten)	0,033

Bezeichnet P das Gewicht eines beladenen Wagens und μ den Widerstandskoeffizient, so ist die Zugkraft auf wagerechter Bahn:

$$W_1 = \mu P. \quad (48)$$

Bezeichnet ferner P_1 das Gewicht der Bespannung, l die Länge der geneigten Fahrbahn und h die Gesamtsteigung, so ist die zur Überwindung der Steigung erforderliche Zugkraft:

$$W_2 = (P + P_1) \frac{h}{l}. \quad (49)$$

Weil bei Straßen AB nicht wesentlich größer als AC ist (Fig. 93), so kann man AC für AB setzen, und es ist annähernd:

$$\frac{h}{l} = \frac{h}{AC} = \frac{1}{n},$$

$$W_2 = (P + P_1) \frac{1}{n}. \quad (50)$$

Der Gesamtwiderstand auf geneigter Bahn beträgt bei der Bergfahrt:

$$W_3 = \mu P + (P + P_1) \frac{1}{n} \quad (51)$$

und bei der Talfahrt:

$$W_3 = \mu P - (P + P_1) \frac{1}{n} \quad (52)$$

Die genaue Formel für die Bergfahrt lautet:

$$W_3 = \mu P \cos \alpha + (P + P_1) \sin \alpha, \quad (53)$$

wenn α den Neigungswinkel bedeutet.

Bei Festlegung der Straßenlinie sind jedoch nicht nur die Transportkosten, sondern auch die Neubau- und Unterhaltungskosten in Rechnung zu ziehen, wie in § 73 näher angegeben ist.

Über Höhenlage und Steigung sind verschiedene Vorschriften erlassen. Die preussische Instruktion von 1871 sagt z. B. hierüber:

„§ 11. Die Kronenlinie ist in Verbindung mit der Richtung der Straße so zu legen, daß hohe Auf- und Abträge vermieden werden und

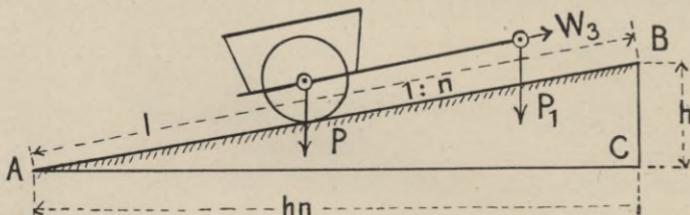


Fig. 93. Bergfahrt.

übermäßige Steigungen ohne dringende Notwendigkeit nicht vorkommen. Dabei ist ein häufiger Wechsel des Steigens und Fallens zu vermeiden, und bei Überschreitungen von Bergen und Wasserscheiden die Verteilung des Gefälles derart anzustreben, daß, bevor die größte Höhe nicht erreicht ist, die einmal gewonnene Höhe ohne besondere Umstände nicht aufgegeben werde.“

„§ 12. Als Maximalsteigungen gelten in der Regel:

in gebirgigen Gegenden	1 : 20 = 5 ‰
im Hügellande	1 : 25 = 4 ‰
im Flachlande	1 : 40 = 2,5 ‰

Die Verwaltung der Provinz Westfalen knüpft ihre Beisteuer für den Neubau der sog. Prämienstraßen an die Bedingung, daß das stärkste Längengefälle dieser Straßen höchstens betrage:

im Gebirge	1 : 16 = 6 1/4 ‰
im Hügellande	1 : 20 = 5 ‰
in der Ebene	1 : 30 = 3 1/3 ‰

Die hannoversche technische Anweisung von 1860 schreibt folgende Maximalsteigungen vor:

im Gebirge	1 : 24 = 4,1 ‰
im Hügellande	1 : 30 = 3,3 ‰
in der Ebene	1 : 40 = 2,5 ‰

Abweichend hiervon bestimmen die „Regeln über die allgemeine Bauart der Landstraßen und Chausséen in der Provinz Hannover“ vom 25. April 1873 die größte Steigung im Gebirge zu 1 : 20 = 5 ‰.

Ob eine Ermäßigung des Steigungsverhältnisses nach dem oberen Ende langer, ansteigender Strecken zu empfehlen ist, darüber gehen die Ansichten auseinander.

Die preussische Instruktion von 1871 bestimmt hierüber: „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 je $\frac{1}{2}$ ‰ zu vermindern, was so lange fortzusetzen ist, bis dieselbe 4 ‰ erreicht hat. Können die Maximalsteigungen von mehr als 4 ‰ auf längere 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.“

Nach den hannoverschen Vorschriften, die ähnliche Bestimmungen über die Verminderung der Steigungen auf langen Strecken enthalten, soll von dieser Verminderung abgesehen werden, wenn den Gelände-Verhältnissen die Einschiebung geeigneter Zwischenstrecken von geringerer Steigung besser entspricht.

Professor Launhardt faßt dagegen seine Untersuchungen über diesen Gegenstand in dem Satze zusammen: „Um die Transportkosten auf einer Straße möglichst klein zu gestalten, ist der höchste und tiefste Punkt derselben durch eine gleichmäßig ansteigende Linie zu verbinden. Jede Senkung und Erhebung des Längenprofils unter oder über diese Linie ist so gut ein verlorenes Gefälle, wie eine unnütz überschrittene Höhe.“

3. Horizontale und wellenförmige Strecken. Die preussische Instruktion von 1871 bestimmt in § 15: „Horizontale Strecken sind nur dann zulässig, wenn die Straße eine freie Lage hat und eine besonders gute Entwässerung stattfindet.“

Weil eine horizontale Strecke im allgemeinen schlechter entwässert als eine solche mit Längsgefälle, so sucht man mitunter die Horizontale dadurch zu vermeiden, daß man der Straße einen wellenförmigen Längenschnitt gibt. Einen solchen Längenschnitt sollte man jedoch nur in Aus-

nahmefällen zur Anwendung bringen, weil jede Welle eine Ershwernis für den Verkehr bildet. Die Entwässerung der Straße kann man bei horizontaler Bahn und horizontalem Gelände oft dadurch verbessern, daß man den Seitengräben wellenförmiges Sohlengefälle gibt, so daß dieselben mit schwachem Gefälle das Tagewasser den die Straße durchschneidenden Wasserzügen zuführen. Das Gefälle soll nach von Raven mindestens 1 : 700, nach der hannoverschen technischen Anweisung mindestens 1 : 800 betragen.

§ 76. Querprofile.

1. Die einzelnen Teile einer Straße. Man nennt die wagerechte Entfernung von B nach C (Fig. 94) die Breite der Straße oder die Planumsbreite; die gebogene Linie BC bildet die Straßenkrone und die Kanten in B und C heißen Kronenkanten. AB ist eine Dammböschung, DE eine Abtragsböschung. Zeigt ein Straßenquerschnitt gleichzeitig Damm- und Abtragsböschung, so sagt man, „die Straße liegt im Anschnitt“; liegt die Straßenkrone höher als das Gelände, so bildet der

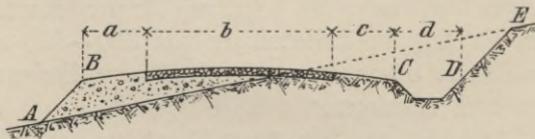


Fig. 94. Straßenquerschnitt.

Straßenkörper einen Damm; wird die Straßenkrone unter die Geländehöhe gelegt, so entsteht ein Einschnitt oder ein Tunnel. Der befestigte Teil b der Straßenkrone heißt Fahrbahn oder Steinbahn. Neben der Fahrbahn liegen zwei Bänke a und c oder ein Bankett a und ein Sommerweg c. Sind zwei Bänke vorhanden, so dient das eine als Fußweg (Fußgängerbankett), das andere zur Ablagerung der Materialien (Materialienbankett). Statt der Materialienbanketts wird mitunter ein Sommerweg angelegt, der in erster Linie für Reitsperde und unbeschlagene Zugtiere dienen soll, aber in ausgedehntem Maße von dem landwirtschaftlichen Verkehr gebraucht wird. d ist die Grabenbreite. Am oberen Rande der Abtragsböschung und am Fuße der Dammböschung befinden sich in der Regel sog. Schutzstreifen oder Stellwannen.

2. Die Straßenbreiten. Die Breite der Landstraßen richtet sich in erster Linie nach dem Verkehr, dem sie dienen soll. Die Straße muß mindestens eine solche Breite haben, daß zwei Fuhrwerke sich gegenseitig ausweichen können. Zu schmale Steinbahnen sind unvorteilhaft. Bei 3,0—3,5 m Breite bleiben die Fuhrwerke notgedrungen in der Mitte,

und es werden infolgedessen nur die Stellen der Fahrbahn angegriffen, die der Lage der Räder entsprechen, der übrige Teil der Fahrbahn bleibt unbenutzt. Ist die Breite aber 3,5—4 m, so ändern die Fuhrwerke schon mehr ihre Fahrlinie und die Abnutzung wird gleichmäßiger, die Unterhaltungskosten werden mithin geringer. Daß durch zu große Breite die Kosten wieder erhöht werden, ist selbstverständlich. Eine Breite der Fahrbahn von 4,5 m wird für mittleren Verkehr häufig als die billigste angesehen.

In Preußen gilt für öffentliche Wege nach der Instruktion von 1871 im allgemeinen 7 m als geringste, 12 m als größte Planumsbreite. Für Abweichungen soll die ministerielle Genehmigung eingeholt werden. Die gebräuchlichsten Abmessungen gibt folgende der Instruktion beigefügte Tabelle.

Tabelle 42.

	Breite in Metern										
Steinbahn	5,0	4,5	4,5	4,5	4,0	5,6	5,0	5,0	4,5	4,5	4,5
Sommerweg	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	—	—	—	—	—	—
Materialbankett	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	1,8	1,5	1,8	1,5	1,5
Fußweg	1,5	1,0	1,0	0,5	1,0	1,4	1,2	1,0	1,2	1,5	1,0
Zusammen:	11,5	10,0	9,5	9,0	9,0	9,0	8,0	7,5	7,5	7,5	7,0

Die hannoversche technische Anweisung von 1860 gibt für die Gesamtbreite keine Maße an. Sie bestimmt nur, daß die Breite der Steinbahn mindestens 3,5 m, höchstens 5,8 m betragen soll; dieselbe darf nicht größer sein, als nach Größe und Beschaffenheit des Verkehrs, nach der Beschaffenheit des Materials und dem Grundriß des Weges erforderlich ist. Nach den „Regeln über die allgemeine Bauart der Landstraßen und Chausséen in der Provinz Hannover“ vom 25. April 1873 sollen die einzelnen Teile mindestens folgende Breiten erhalten.

Tabelle 43.

	Fahrbahn	Sommerweg	Fußweg	Materialbankett	Planum
Straßen mit Sommerweg .	3,5	3,0	1,75	—	8,25
„ ohne Sommerweg .	4,0	—	2,0	2,0	8,0
„ mit Klinkerbahnen .	3,5	2,5	1,5	—	7,5

Für die Prämienstraße in der Provinz Westfalen sind folgende Breiten vorgeschrieben:

„Die Breite des Planums muß mindestens 7,5 m betragen. Wird in geschlossenen Ortschaften diese Breite durch örtliche Verhältnisse erheblich erschwert, so kann eine entsprechende Verringerung der Planumbreite eintreten. Die Breite der Steinbahn muß aber auch an solchen Stellen mindestens 4 m betragen. Bei einer Höhe des Straßendamms von 2 m und darüber kann die Kronenbreite desselben um 0,50 m verringert und durch Lagerplätze, die in je 150 m Entfernung voneinander anzulegen sind, für die Ablagerung der Unterhaltungsmaterialien gesorgt werden.“

Professor Laisle empfiehlt im Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften (I. Band, 4. Abt., 3. Aufl., S. 81) folgende Planumbreiten für Straßen, die neben der Steinbahn nur zwei schmale Bankette oder auf einer Seite einen erhöhten Fußweg enthalten:

- a) Hauptstraßen (Staatsstraßen, Poststraßen) = 6—10 m, und zwar:
- | | |
|--|-------|
| bei einem täglichen Verkehr von über 300 Zugtieren | 10 m, |
| " " " " " 100—300 | 8 " |
| " " " " " 50—100 | 6 " |
- b) Buzinalstraßen 4,5—5,5 "

Nach der preußischen Instruktion von 1871 sollen die Straßen-gräben mindestens 0,5 m Sohlenbreite und 0,5 m Tiefe haben. Die Schutzstreifen längs des äußeren Grabenrandes oder am Böschungsrande sollen eine Breite von je 0,5—0,6 m erhalten.

3. Das Quergefälle. Um das Regenwasser möglichst schnell von der Straße abzuführen und das Aufweichen der Fahrbahn oder das Versumpfen der Straße zu verhindern, gibt man der Straße Quergefälle. Der angestrebte Zweck wird um so besser erreicht, je steiler man die Querneigung anordnet, dabei ist jedoch zu beachten, daß zu starke Querneigung den Verkehr erschwert, unter Umständen, z. B. bei Glätteis, ernstlich gefährdet. Je glatter die Fahrbahn ist, und je mehr Längsgefälle die Straße hat, um so leichter kann das Wasser abfließen, um so schwächer wird man die Querneigung machen können.

Die preußische Instruktion von 1871 sagt hierüber: „Das Quergefälle der Steinbahn richtet sich zum Teil nach dem Längengefälle der Straße, so daß bei starkem Längengefälle ein geringes Quergefälle angewendet wird. Außerdem wird dasselbe durch die größere oder geringere Härte des Materials bedingt. Nach erfolgter Befestigung der Steindecke muß dieselbe bei festem Material ein Quergefälle von 3—5 cm, bei mäßig festem ein solches von 5—6 cm für ein Meter der halben Breite der Steinbahn nachweisen. Der Sommerweg und die Bankette erhalten ein

Quergefälle von 4—5 cm für ein Meter Breite.“ Das Quergefälle soll demnach betragen:

bei festem Material	1 : 33 ¹ / ₃ bis 1 : 20	= 0,03—0,05,
bei mäßig festem Material . .	1 : 20 bis 1 : 16 ² / ₃	= 0,05—0,06,
für Sommerwege und Bankette .	1 : 25 bis 1 : 20	= 0,04—0,05.

Für die sog. Prämienstraßen in Westfalen ist ein Gefälle von 4—6 ‰ vorgeschrieben.

In der Regel gibt man der Straßenoberfläche von der Mitte aus eine Neigung nach beiden Seiten und fängt das Wasser in seitlichen Gräben oder Rinnen auf. Nur in Ausnahmefällen, etwa bei steilen Bergstraßen oder bei Gleiseinbettungen, kommt eine einseitige Neigung der Straße, nach dem bergseitigen Graben hin, vor. Man will durch diese Anordnung bei den Bergstraßen ein Abgleiten der Wagen gegen den Abhang hin vermeiden.

Man kann nun das Regenwasser von der Straßenmitte aus mittels einer bogenförmigen Fläche nach beiden Seiten abführen oder der Straße von der Mitte aus nach beiden Seiten geneigte Ebenen geben; man kann die Kronenbreite bogenförmig oder dachförmig gestalten. Beide Formen haben ihre Vorzüge und ihre Nachteile.

Bei der Dachform setzt sich die Kronenlinie des Querschnitts aus zwei von der Seite her nach der Mitte hin ansteigenden Geraden zusammen, welche man jedoch gewöhnlich durch einen kurzen Kreisbogen vereinigt. Das Profil ist leicht herzustellen, Fahrbahn und Fußweg erhalten im allgemeinen die gleiche, für den Verkehr bequeme Neigung, aber die ebene Fläche fährt sich bald hohl, der Wasserabfluß wird dadurch bedeutend verschlechtert, und die hohle Stelle zeigt sich in der ebenen Fläche viel schärfer als in einer etwas gewölbten Bahn.

Für die Bogenform wählt man häufig die Kreislinie, mitunter auch die Parabel. Im allgemeinen ist die Bogenform wegen des nach den Seiten zunehmenden Gefälles weniger bequem für den Verkehr, die Fußwege müssen entweder stark geneigt werden, oder es entsteht zwischen Fußweg und Fahrbahn ein Wasserfack. In einer gewölbten Fahrbahn macht sich aber die Abnutzung weniger bemerkbar, auch wird wegen des nach der Seite stärker werdenden Gefälles der Wasserabfluß aus flachen Mulden weniger gehindert als bei dachförmigen Fahrbahnen. Will man die Vorzüge der Bogen- und Dachform möglichst vereinigen, die Nachteile beider Formen aber nach Tunlichkeit vermeiden, so gibt man dem Querschnitt der Straße die in Fig. 95 dargestellte „überhöhte Dachform“. Das Gefälle nimmt von der Mitte aus nach den Seiten hin gleichmäßig

aber wenig zu, der Wassersack zwischen Fahrbahn und Bankett wird möglichst flach, die Abnutzung der Fahrbahn macht sich wenig bemerkbar, die Entwässerung der unregelmäßig abgenutzten Fahrbahn bleibt günstig.

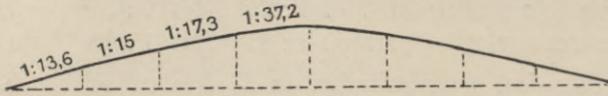


Fig. 95. Überhöhte Dachform.

Weil das Gefälle von der Mitte nach der Seite hin zunimmt, so wird auch die Geschwindigkeit des seitlich fließenden Tagewassers zunehmen,

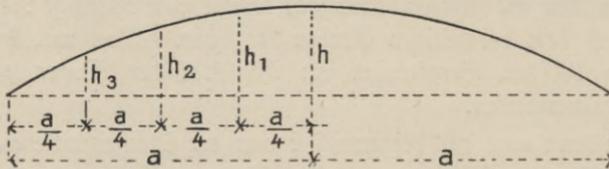


Fig. 96. Wölbung der Fahrbahn.

und die etwa mitgeführten Schlammteilchen können nicht so leicht auf der Fahrbahn ablagern. Man findet die in Fig. 96 bezeichneten Ordinaten der Profile aus nachstehender Tabelle.

Tabelle 44.

Profilform	h_1	h_2	h_3
Parabel	0,94 h	0,75 h	0,44 h
Kreis	0,94 h	0,71 h	0,43 h
Überhöhte Dachform	0,88 h	0,63 h	0,33 h
Dachform	0,86 h	0,60 h	0,30 h

Aus der Tabelle ergibt sich, daß das Gefälle an den Rändern der Steinbahn bei der Parabel am größten, bei der Dachform am kleinsten, bei der überhöhten Dachform gering ist.

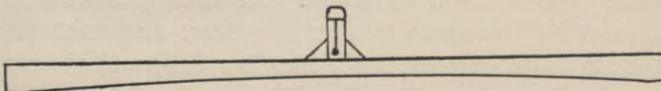


Fig. 97. Profils Brett.

Bei der Herstellung der Fahrbahn benutzt man zur Formgebung mit Vorteil Profils Bretter nach Fig. 97, die mit Lot oder Libelle versehen sind.

Aufgabe: Ein Profilbrett für eine Steinschlagbahn mit mäßig festem Material und 5,0 m Breite ist zu berechnen. Die Fahrbahn soll überhöhte Dachform erhalten.

Auflösung: Es ist $h = 0,055 \cdot \frac{5,0}{2} = 0,138$ m.

Aus Tabelle 44 folgt:

$$h_1 = 0,88 \cdot 0,138 = 0,121 \text{ m,}$$

$$h_2 = 0,63 \cdot 0,138 = 0,087 \text{ „}$$

$$h_3 = 0,33 \cdot 0,138 = 0,046 \text{ „.}$$

B. Ausführung der Arbeiten.

a) Unterbau der Straßen (Erd- und Planumsarbeiten).

Mit Straßenunterbau bezeichnen wir den Erdkörper der Straßen und die zur Sicherung desselben erforderlichen Anlagen. Der Unterbau hat den Zweck, die Verkehrsbahn (den Oberbau) sicher und dauernd zu tragen.

§ 77. Herrichtung des Baugrundes.

Roden. Mutterboden. Rasen. Bevor mit der Herstellung des Erdkörpers begonnen wird, muß die Baustelle von allen Bäumen und Sträuchern befreit werden. Die etwa vorhandene Ackerkrume wird je nach ihrer Stärke 15—50 cm tief abgehoben und seitwärts ausgelegt; sie soll zur späteren Deckung der Straßenböschungen verwendet werden. Findet sich Rasen vor, so wird dieser mit Hilfe eines Wiesenbeils oder eines Spatens abgeschält, und zwar in annähernd quadratischen Stücken von 30—40 cm Seitenlänge oder in etwa 30 cm breiten Streifen von 2—3 m Länge. Erstere werden in Haufen gesetzt, letztere in Walzen zusammengerollt aufbewahrt, so daß die einzelnen Stücke der Luft zugänglich bleiben. Bei trockener Witterung sind die Haufen und Walzen zu begießen. Die Dicke der Rasen beträgt 5—8 cm, bei Moorrasen bis 10 cm. Der Rasen bildet ein wertvolles Mittel zur Befestigung der Böschungen.

In der hannoverschen technischen Anweisung heißt es: „Führt die Straße über ein Terrain, in welchem Baumwurzeln stehen, so sind die in der Fläche der Steinbahn befindlichen Wurzelstöcke zu beseitigen, wenn sie nicht durch Aufschüttung des Erddammes mindestens zwei Fuß (63 cm) hoch mit Erde bedeckt werden. Im Bereiche des Banketts und Sommerweges ist die Beseitigung der Baumwurzeln nur so weit erforderlich, als dieselben der Benutzung dieser Straßenteile nachteilig sind (§ 23).“ „Auf sandigem Terrain ist bei Beginn der Planumsarbeit die Muttererde zu-

vörderst abzuräumen und demnächst zur Befestigung der Oberfläche der Straße, der Böschungen, Gräben usw. zu verwenden.“

Formular V Nr. 3 d der Rheinischen Provinzial-Straßenverwaltung enthält folgende Vorschrift: „Über die Notwendigkeit des Rodens, das in Auftragsstrecken in der Regel nicht mehr stattfindet, wenn die Dämme 1 m Höhe überschreiten, entscheidet in jedem einzelnen Falle der leitende Baubeamte. Mit Ausnahme der im Anschlage besonders vorgesehenen Rodungsarbeiten hat der Unternehmer alle vorkommenden Baum- und Gesträuchwurzeln, welche in die zu bearbeitende Fläche fallen, auf seine Kosten sorgfältig herauszunehmen und beiseite zu schaffen.“

„Die obere fruchtbare Erdschicht aller Flächen, welche vergraben oder beschüttet werden, muß stets abgegraben und beiseite geschafft werden, wenn nicht vom bauleitenden Baubeamten eine Ausnahme angeordnet ist. Der leitende Baubeamte wird die Tiefe der Abgrabung und die Ablagerungsstellen bestimmen. Auf Wiesen und Weiden, wo sich geeigneter Rasen findet, muß derselbe in regelmäßigen Platten von etwa 10 cm

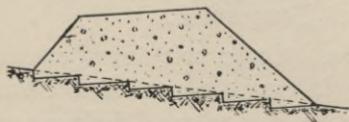


Fig. 98. Bermen.

Stärke abgestochen werden. Boden und Rasen ist in tunlichst schmalen und hohen regelmäßigen Haufen auf den Schutzstreifen usw. abzulagern und zur Bekleidung der Böschungen usw. zu verwenden oder nach Vorschrift aufzubewahren. Ohne Erlaubnis des

leitenden Baubeamten verschütteter Mutterboden kann auf Kosten des Unternehmers anderweit ersetzt werden.“

Baugrund mit Querneigung. Hat der zu beschüttende Baugrund in der Querrichtung der Straße starkes Gefälle (steiler als 1:10), so müssen, namentlich bei wasserundurchlässigem Boden, wagerechte Flächen (Terrassen oder Bermen) in den Baugrund eingegraben werden, um ein seitliches Abrutschen des Dammes zu verhüten. Die Dammschüttung ruht alsdann auf treppenförmig ansteigenden Stufen (Fig. 98). Sollen diese Terrassen oder Bermen ihren Zweck erfüllen, so müssen sie in den festen Untergrund einschneiden und nicht nur in eine aufgeschlämmte oder Humusschicht eingreifen, welche selbst wieder auf einer schiefen Ebene liegt, von der sie mit der Anschüttung abrutschen würde.

Bei ganz undurchlässigem, schlüpfrigem Boden sind die Bermen lediglich durch Einschnitt, nicht halb durch diesen und halb durch Auftrag herzustellen, weil bei letzterem Verfahren die natürliche Gleitfläche halb erhalten bleibt. Die ausgehobene Erde muß bei Beginn der Arbeit, soweit nötig ist, durch Längsförderung oder Seitenausatz entfernt werden;

später wirft man die Erde neuer Bermen in die schon fertiggestellten. Bei weniger ungünstigem Boden kann man die Bermen halb in Anschnitt, halb in Auftrag ausbilden.

Steht zu befürchten, daß auf den Bermen sich Wasser sammeln und den Boden erweichen würde, so kann man in der Längsrichtung des Dammes die Bermen neigen und in den tiefsten Stellen Entwässerungsschlitze anlegen und letztere mit Steinen auspacken.

In der hannoverschen technischen Anweisung heißt es in § 19: „An Abhängen, welche nach dem Grade der Neigung ein Abgleiten des Auftrages befürchten lassen, sind vor dem Auftrage des Erddammes horizontale oder bergwärts etwas geneigte Terrassen zu bilden; auch kann, wenn besondere Umstände dieses erfordern und billiges Material vorhanden, der Fuß des Dammes durch mauerartig aufgesetzte Steine gesichert werden.“

Auch bei Verbreiterung bestehender Dämme muß die Böschung, an die der Auftrag angeschlossen werden soll, abgestuft werden. Die unmittelbare Anschüttung an ebene Böschungsflächen würde zur Folge haben, daß beim Setzen der neuen Anschüttung Risse in der Anschüttung entstehen; dringt Wasser in diese Risse ein, so kann die Anschüttung abrutschen.

Nasser Baugrund. Soll auf nassen Untergrund ein Damm geschüttet werden, so ist der Boden erst zu entwässern, um einem Ansaugen des Wassers durch die Dammschüttung vorzubeugen und dadurch Rutschungen zu vermeiden. Die Entwässerung ist namentlich in tonigem, nicht wasserdurchlassendem Boden durchaus geboten. Die Entwässerungen werden am einfachsten durch Sickerkanäle oder Drainrohre bewirkt, welche die Wasseradern fassen und auf kürzestem Wege (senkrecht zur Straßenachse) abführen.

Einen quelligen Boden kann man daran erkennen, daß dort der Schnee im Frühjahr am ersten schmilzt, daß Pflanzen und Kräuter im Sommer frisch stehen, während die Sonne sie an anderen Stellen verdorrt, daß das Getreide im ganzen nicht gut fortkommt und daß zur Herbstzeit weder Tau noch Reif dort liegen.

Auch Gräben oberhalb des Dammes können zweckmäßig sein, vorausgesetzt, daß das Gelände nicht zum Rutschen geneigt ist. Am oberen bergseitigen Rande eines anzulegenden Einschnittes werden ebenfalls häufig Gräben zum Abfangen des Tagewassers angelegt.

Über die Entwässerung des Moorbodens wird später näheres angegeben.

§ 78. Einschnitte.

1. **Gestalt der Einschnitte.** Die Einschnitte müssen so gestaltet werden, daß eine genügende Entwässerung der Straße stattfinden kann;

außerdem ist die Gestaltung von den Eigenschaften der zu durchschneidenden Bodenarten abhängig.

Im allgemeinen sind die Böschungen nach Tabelle 29 zu gestalten. Bei Fels können die Böschungen je nach Richtung, Festigkeit und Dauerhaftigkeit des Gesteins mehr oder weniger steil, ja senkrecht ausgeführt werden. Bei schrägem Einfallen der Schichten können die Einschnittswände unsymmetrisch gestaltet werden (Fig. 99). Liegen verschiedene Bodenarten übereinander, so ergibt sich eine gebrochene Böschungslinie, oben im loseren Boden flach, unten im festen steil. Im Brechpunkt wird dabei nicht selten eine 30—50 cm breite Berme angeordnet, um zu verhindern, daß oben sich etwa lösende kleinere Massen unmittelbar über den Rand der steileren Böschung abstürzen. Solche Schutzbermen versteht man auch wohl mit kleinen Längsgräben, um das von oben kommende Wasser schon hier abzufangen.

Bei Fels mit verschiedenen widerstandsfähigen Schichten läßt man die festeren zum Schutze der loseren mitunter etwas vorspringen, höhlt die loseren aus und setzt Mauerwerk (Verkleidungsmauern) ein.

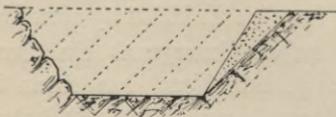


Fig. 99. Felsböschungen.

Bermen in gewöhnlichen ebenen Böschungen haben sich wenig bewährt. Sie tragen zur Haltbarkeit der Böschung nicht wesentlich bei, erleichtern aber das Eindringen des Tagewassers in diese. Dagegen wird eine solche in Sohlenhöhe außerhalb des Rand-

grabens in 50 cm Breite häufig ausgeführt, damit von der Böschung sich lösende Teile beim Herunterrollen den Graben nicht sofort abdämmen.

2. Lösung des Abtrages. a) Die wichtigsten Regeln für die Ausschachtung sind:

a) Der Boden ist möglichst am Fuße einer Böschung zu entnehmen, damit die über der Angriffsstelle lagernde Bodenmasse selbsttätig nachstürzen, mithin Lösungskosten gespart werden. Höhe und Neigung der Angriffswand sind von der Standfestigkeit des Bodens abhängig. Um die am Fuße der Wand arbeitenden Leute nicht zu gefährden, soll die Höhe nicht mehr als 3—4 m betragen; eine so hohe Angriffswand können die Arbeiter noch sehr gut übersehen. Bei festem Felsboden und bei sehr lockeren Bodenarten kann jedoch die Angriffswand beliebig hoch gewählt werden.

b) Es ist bei Beginn der Erdarbeit danach zu streben, möglichst bald viele Angriffspunkte zur Entnahme des Bodens zu erhalten. Man hat also lange Angriffswände zu schaffen oder mehrere Absätze (Stufen, Terrassen) anzulegen, um viele Fördergefäße gleichzeitig beladen zu können.

c) Es ist darauf zu halten, daß der Einschnitt möglichst trocken gelegt wird, weil Nässe die Lösung und Verladung der Bodenmassen erschwert und den Boden selbst erheblich verschlechtert. Man muß daher den Boden stets mit Neigung anschneiden, zutage tretende Quellen und fremde Zuflüsse abfangen und nasse Stellen des Abtragbodens vor der Inangriffnahme des Abbaues entwässern.

β) Ausschachtungsarten. Die Art der Ausschachtung wird hauptsächlich durch den Umfang der Arbeit und die Geländegegestaltung bedingt. Die wichtigsten Ausschachtungsarten sind:

a) Der Kopfbau (Fig. 100). Die Einschnittsarbeiten werden am neutralen Punkte, wo der Einschnitt in den Auftrag übergeht, begonnen.

Die Lösung des Bodens erfolgt in der Höhe des Planums in der ganzen Breite des Einschnittes. Der Kopfbau ist nur für kleinere Einschnittsarbeiten geeignet, denn es können wegen der beschränkten Arbeitsstelle nur wenige Arbeiter gleichzeitig beschäftigt werden. Der Erdtransport erfolgt mittels Schiefkarren.

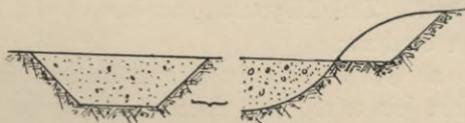


Fig. 100. Kopfbau.

b) Der Lagenbau (Fig. 101). Der Einschnitt wird in einzelnen Lagen ausgeschachtet. Bei langgestreckten Abträgen wird zweckmäßig über dem Einschnitt eine möglichst lange Förderbahn angelegt und neben dieser

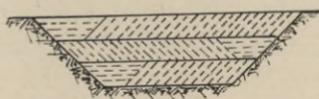


Fig. 101. Lagenbau.



Fig. 102. Seitenbau.

der Abtrag der Länge nach aufgeschlicht; der gelöste Boden wird in die auf der Bahn stehenden Fördergefäße verladen. Ist der Graben so tief ausgehoben, daß das Beladen der Fördergefäße unbequem wird, und ist er breit genug zur Aufnahme der Förderbahn, so wird letztere in den Graben verlegt. Der Boden (die erste Schicht) wird nunmehr auf einer Seite der Fahrt abgegraben und verladen, wobei man die Bahn dem Fortschreiten der Arbeit entsprechend von Zeit zu Zeit zu verschieben hat. Ist die Breite des Einschnittes erreicht, so wird das Verfahren so lange wiederholt, bis man durch schichtenweises Abarbeiten auf die Einschnittssohle gelangt ist.

c) Der Seitenbau (Fig. 102). Bei Anschnitten wird die Förderbahn für Längsförderung ungefähr an die Stelle gelegt, wo der Einschnitt in den Damm übergeht. Bei tiefen Anschnitten werden in Höhenabständen, die der beabsichtigten Höhe der Angriffswand entsprechen, zu dieser Bahn parallele Fahrten angeordnet, so daß man gleichzeitig mehrere Stufen des Abtrages in Angriff nehmen kann.

Dieselbe Anordnung trifft man zweckmäßig auch bei einem Einschnitte, der in einem stark geneigten Gelände auszuführen ist.

γ) Einschnitte in verschiedene Bodenarten. Auf die Einschnittsarbeiten übt auch die Bodenbeschaffenheit einen wesentlichen Einfluß aus. Das Allgemeine hierüber ist in § 78 angegeben; im besonderen ist zu beachten:

a) Einschnitte in Moor kommen sehr selten vor, da man stets bestrebt sein wird, das Planum so hoch zu legen, daß die wasserreichen Moore nicht durchschnitten werden. Wo aber solche Einschnitte vorkommen, da ist durch Anlage breiter Gräben zu beiden Seiten des Planums für eine durchaus hinreichende Entwässerung und Trockenlegung des Unterbaues zu sorgen.

Torfbildungen, welche sich nicht selten auf hochgelegenen Punkten finden, sind meist auf künstlichem Wege oder durch ihre allmähliche Erhebung entwässert. Die Einschnitte in diesem Material halten, insbesondere wenn die Torflage nicht ganz durchschnitten werden kann, die Form nicht. Oft ist die Erfahrung gemacht worden, daß eine planmäßig angelegte Sohle sich immer wieder hebt, daß sie durch den Druck der umliegenden höheren Bodenschichten zur Erlangung des gestörten Gleichgewichts stets von neuem emporgetrieben wird. Wenn es nicht tunlich ist, das Torflager bei Gestaltung eines Einschnittes in daselbe ganz zu durchstechen, so muß man zur Herstellung des Gleichgewichts die Einschnittssohle mit genügend schwerem Material belasten.

b) Einschnitte in Sand und Kies. Diese beiden Bodenarten können, mit Ausnahme des allzuleichten Dünenandes, als die günstigsten bezeichnet werden. Die Materialien sind leicht zu gewinnen, sind im Wasser unauflöslich, also sehr leicht durch einfache Gräben zu entwässern und gestatten den festesten und sichersten Unterbau. In den Einschnitten bilden sich niemals Quellen, und aus diesem Grunde halten sich die Böschungen besonders gut, wenn sie in einer dem Material entsprechenden Neigung (mindestens $1 : 1\frac{1}{2}$) angelegt werden. Bei Einschnitten in feinem Sande kann zwar die Oberfläche der Böschungen durch heftigen Wind oder starken Regen angegriffen werden, dagegen schützt aber ein Überzug von fruchtbarem Boden, welcher überhaupt niemals fehlen sollte.

Da Sand- und Kieslagen, welche noch unter der Sohle der Einschnitte hinstreichen, sich auch in größerer Tiefe entwässern, so äußert auch der Frost keinen schädlichen Einfluß, weder auf die Sohle, noch auf die Böschungen.

c) Einschnitte in Lehm. Der Lehm löst sich im Wasser auf, wenn derselbe einige Zeit mit diesem in Berührung bleibt. Derselbe spaltet in senkrechten Wänden ab und bleibt so stehen. Das Regenwasser wäscht tiefe Furchen in den Lehm. In geschlossenem Zustande ist der reine Lehm wasserdicht und quellenfrei, und dann hat man nur für eine sehr gute Abwässerung des Einschnittes zu sorgen und zu verhüten, daß die Böschungen vom Regenwasser zerrissen werden. Infolgedessen wählt man auf der Einschnittssohle tiefe Gräben; außerdem legt man über der bergseitigen Einschnittsböschung einen Graben an, in welchem das Regenwasser abfließt, bevor es die Einschnittsböschung berührt. Am besten ist es, die Böschungen so lange senkrecht stehen zu lassen, bis man sie mit Humus bedecken und ansäen will.

Ist der Lehm mit Sandboden durchzogen, so gehört dieser sandige Lehm zu den ungünstigsten Einschnittsmaterialien, weil derselbe fortwährend Wasseradern zeigt, welche den Lehm auflösen und den Einschnitt mit einer breiartigen Masse zuschlammern. Solche Einschnitte sind sorgfältig auf feuchte Stellen zu untersuchen und mit einer ausgedehnten und vorzüglichen Entwässerung zu versehen. Dabei ist jede kleinste Wasserader abzufangen und durch Drainrohre oder Sickerschläge (siehe Entwässerung) unschädlich zu machen.

d) Einschnitte in Letten und Ton. Der Letten verhält sich ähnlich wie der Lehm. Oft jedoch geht derselbe in eine steinige Masse über, welche nur mit der Spitzhacke oder durch Sprengmittel zu gewinnen ist, aber unter Einwirkung des Frostes in die kleinsten Teile zerfällt und im Wasser um so löslicher ist, je mehr feine Sandbestandteile darin enthalten sind. Auch beim Letten ist daher, wie beim Lehm, für die ausgiebigste Entwässerung Sorge zu tragen. Es ist von großem Vorteile, solche Einschnitte gleich von vornherein mit starkem Gefälle zu trassieren.

Der Ton ist wasserundurchlässig, löst sich aber im Wasser langsam auf. Gewöhnlich liegt derselbe nicht zutage, sondern hat über sich eine mehr oder minder mächtige Schicht von Wasser durchlassendem Material. Dann ist nötig, die Oberfläche des Tons, auf welcher sich Wasser sammelt, durch Sickerschläge usw. gründlich zu entwässern.

e) Einschnitte in Gerölle und Felsen bedürfen selten großer Aufmerksamkeit und gewöhnlich nur dann, wenn der Felsen geschichtet oder mit Ton- oder Lettenadern durchzogen ist und die Schichten parallel

zur Einschnittsmasse streichen und unter einem spitzen Winkel einfallen. Dann muß die Böschung entsprechend abgeflacht werden. Bei solchen Schichten erfolgt der erste Ausbruch auf

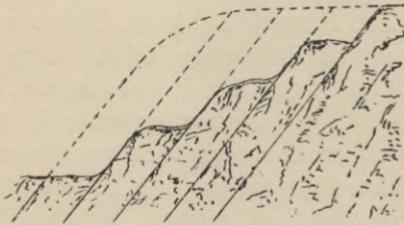


Fig. 103. Stufenweiser Abbau.

derjenigen Einschnittsseite, nach welcher die Schichten einfallen (im Liegenden), weil die Lösung der oberen Felschichten sehr erleichtert wird, wenn man zuerst die Bänke am unteren Teile absprengt. Streichen die Schichten schräg oder quer zur Längsrichtung des Einschnittes, so kann, besonders bei breiten Abträgen, ein stufenweises Ab-

§ 79. Förderung des Bodens.

Die Förderung des Bodens erfolgt meist in Schiebkarren, in Rippkarren oder in Kollwagen auf Schienengleisen.

Die Schiebkarrenförderung findet gewöhnlich nur dort Anwendung, wo es sich um Bewegung von Massen auf sehr geringe Entfernungen handelt, oder wo die Steigungsverhältnisse des Transportweges sehr ungünstig sind, so daß andere Förderungsarten nicht angewandt werden können. Die Schiebkarrenbeförderung erfordert nur geringe An-

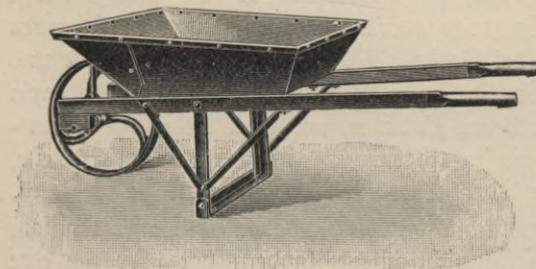


Fig. 104. Schiebkarre.

lagelosten, sie gestattet eine große Beweglichkeit in der Arbeitsführung, und sie verursacht nur wenig Störungen im Betrieb.

Die Lösung des Bodens erfolgt in der Regel durch die Karrenschieber. Die Förderung erfolgt am besten in geschlossenen Karrenreihen

an langen Ladestellen, wie sie sich z. B. beim „Lagenbau“ oder beim „Seitenbau“ ergeben. Die Karren (Fig. 104) bewegen sich auf Laufdielen aus Nadelholz von etwa 30 cm Breite und 5 cm Stärke. Für jede Karrenreihe ist nur eine Dielenbahn erforderlich, weil der Einschnittsboden fest genug ist, um das Ausweichen der leeren Karren auch ohne

Fahrt zu gestatten. Die Fahrt kann eine Steigung bis 1 : 10 erhalten. Beträgt das Gefälle des Geländes in der Richtung der Straßenachse weniger als 1 : 10, so legt man die Förderbahn annähernd in diese Richtung. Bei einem größeren Längengefälle kann man das Gefälle dadurch ermäßigen, daß man die Förderbahn in geeigneten Umwegen außerhalb der Ab- und Auftragsfläche verlegt, die Bahn also teilweise schräg oder rechtwinklig zur Straßenachse anbringt.

Bei größeren Erdbauten bildet die Schubkarrenförderung gewöhnlich nur die Einleitung zur Kippkarren- oder Rollwagenförderung.

Die Kippkarrenförderung. Unter Kippkarren versteht man zweirädrige Karren, welche nach hinten auskippen und vorne eine Deichsel haben. An letzterer ziehen in der Regel 2, selten 3 Mann. Pferdekippkarren kommen in neuerer Zeit selten mehr vor. Weil die Förderbahn bei Kippkarren nicht über 1 : 15 geneigt sein darf, so sind hier oft größere Umwege nötig. Meistens beginnt man daher bei steilem Gelände die Förderung der Bodenmassen mit Schiebekarren, bis man eine Fahrt erhalten hat, deren Gefälle die Kippkarrenförderung zuläßt. Kippkarren verlangen gegen Schiebekarren insofern einen veränderten Angriff, als sie nicht in geschlossenen Reihen, sondern in tunlichst gleichen Zwischenräumen einzeln fahren. An die Angriffswände führt man daher eine Reihe von Zweighbahnen, welche sich in einiger Entfernung von der Wand zur eigentlichen Förderbahn vereinigen. Nur wenn die Einschnittssohle eben und sehr fest ist, etwa in festem Ton, kann man die Karren ohne Zweighbahnen zur Wand ausbiegen lassen.

Förderung in Rollwagen auf Schienengleisen (Fig. 105). Auch hier sind bei steileren Hängen die Bodenmassen mittels Schiebekarren so lange abzufahren, bis das für Schienengleise zulässige Gefälle von weniger als 1 : 30 erreicht ist.

Während der Abgrabung der Wand rückt man die Gleise bei leichteren Bodenarten von Zeit zu Zeit näher an den Böschungsfuß heran, um die Bodenmassen unmittelbar in den Rollwagen schaffen zu können. Bei schwereren Bodenarten sowie bei Felsboden läßt man dagegen am Böschungsfuße eine Ladebühne von der Höhe der Förderwagen stehen, von welcher aus der in höheren Lagen gelöste Boden mit Gefälle in den Wagen verladen wird. Sobald diese Bühne eine solche Breite erlangt hat, daß die Verladung unbequem wird, beseitigt man dieselbe, schiebt das Gleis näher an die Angriffswand heran, stellt eine neue Bühne her, und so fort.

Bei größeren Erdbauten zerfällt die Bahnstrecke in 3 Teile: das Abtragsgleis (Ladestelle), die eigentliche Transportstrecke und das Auftrags-

gleis (Abladestelle). Wenn irgend möglich, werden die Erdmassen höher gelegenen Stellen entnommen und in tiefere abgestürzt; es ist dieses von Vorteil, weil dann die beladenen Wagen im Gefälle oder in wagerechter Bahn laufen und höchstens die leeren Wagen Steigung zu überwinden haben.

Das Abtragsgleis ist ein bewegliches, d. h. es muß dem Fortschreiten der Arbeit folgen und dementsprechend konstruiert sein. Tragfähigkeit, Leichtigkeit und Dauerhaftigkeit sind die Hauptfordernisse desselben.



Fig. 105. Rollwagen.

65 mm hohe Stahlschienen mit fünf 105 mm breiten Stahlschwellen zu 5 m langen Rahmen fest verbunden, haben sich gut bewährt. Das Gewicht dieses Rahmens beträgt ungefähr 90 kg; zwei Arbeiter sind daher imstande, denselben zu heben und weiter zu tragen. Für die eigentliche Transportstrecke verwendet man ein halb bewegliches Gleis. Dieses unterscheidet sich vom beweglichen hauptsächlich durch die festere und weniger leicht lösbare Stoßverbindung. Das Auftragsgleis ist wieder beweglich.

§ 80. Dämme.

1. Allgemeines. Die Gestalt, welche der fertige Damm erhalten soll, ist in den Querprofilen gezeichnet. Das Böschungsverhältnis

richtet sich nach dem Schüttungsmaterial; es ist in Tabelle 29 für die verschiedenen Erdarbeiten angegeben. Vermen werden in neuerer Zeit seltener in Dämme gelegt; sie erhöhen bei einem sonst richtig angelegten Dämme wenig dessen Festigkeit, erleichtern aber das Eindringen des Regenwassers. Man verwendet Vermen vorteilhaft: a) bei sehr hohen Dämmen, etwa 1 m unter der Dammkrone, um den Damm nachträglich verbreitern zu können, wenn er infolge des Sackens in der Krone zu schmal werden sollte; b) bei Wasserangriff in der Wasserlinie zur Verstärkung des dem Wasser ausgesetzten Teiles; c) bei moorigem Untergrund, um den Dammfuß zu verbreitern.

Die Querprofile können durch Holzgerippe (Zehren), welche man auf der Baustelle rechtwinklig zur Straßenachse anbringt, festgelegt werden. Niedrige Dämme profiliert man in voller Höhe; bei höheren Dämmen ist dieses nicht notwendig. Statt der Lattengestelle oder Holzgerippe benutzt man häufig auch einen „Böschungswinkel“, ein aus Latten gezimmertes

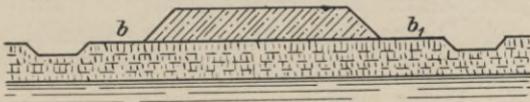


Fig. 106. Damm auf Sumpfboden.

Dreieck, dessen Hypotenuse die Richtung der Böschung annimmt, wenn eine Kathete senkrecht ist, was durch ein angehängtes Lot bestimmt wird.

Bei der Schüttung hoher Dämme muß besonders auf das Setzen des Dammmaterials Rücksicht genommen werden. Die dem Damm deshalb zu gebende Erbreiterung und Erhöhung ist für die verschiedenen Bodenarten in Tabelle 30 näher angegeben.

2. Einfluß des Baugrundes. Nachdem der Baugrund dem § 77 entsprechend hergerichtet worden ist, kann guter Baugrund ohne weiteres beschüttet werden.

Auf einem Sumpfboden, dessen Decke eine mehr oder weniger mächtige, tragfähige und verhältnismäßig trockene Erdschicht bildet, kann man nach Fig. 106 einen niedrigen Damm aus steiniger Erde herstellen. Man ordnet hierfür 2—4 m breite Bankette b, b_1 mit seichten, dafür etwas breiteren Seitengräben an.

Ist die Tragfähigkeit der Decke gering und der aufzuschüttende Damm verhältnismäßig hoch, so wird die Schüttung aus unlöslichem Material (Sand, Gerölle, Stein usw.) anfänglich möglichst gleichmäßig über die ganze Schüttfläche verteilt und die Schüttung so lange fort-

gesetzt, bis die Sumpfschicht unter dem Damme nicht mehr einsinkt und die angrenzenden Teile sich nicht mehr heben.

Bei Dämmen auf Moorboden sucht man zunächst den Baugrund wenig zu belasten, indem man niedrige Dämme aus leichtem Material schüttet, dann sucht man den Moorboden tragfähiger zu gestalten, indem man ihn entwässert, die vorhandene Rasendecke schützt oder durch weitere Rasenlagen, Faschinen oder Reifiglagen verstärkt, endlich sucht man den Druck auf eine möglichst große Fläche zu verteilen durch Bermen oder flache Dossierung. Bei hohen Dämmen wird die tragende Rasendecke absichtlich durchbrochen, damit ein Teil des Schüttmaterials den tiefer liegenden festen Untergrund erreiche. Hieraus ergeben sich folgende Bauweisen:

a) Dämme auf Rasenunterlage. Es werden seitlich breite und entsprechend tiefe Gräben ausgehoben, deren Aushubmaterial die Dammschüttung bildet. Diese Gräben entwässern den Untergrund und den Damm. Zwischen Damm und Gräben werden Bermen von 1—2 m Breite angebracht. Ist der Damm hoch und das Gewicht desselben groß, so werden manchmal die Gräben eingedrückt, der Mooruntergrund bläht sich auf und der Damm sinkt ein. In diesem Falle sind die Gräben weit vom Damme zu legen und die Böschungen des Dammes nach den Gräben hin flacher zu gestalten, um eine allmähliche Druckübertragung zu erreichen.

b) Dämme mit Senkfaschinen. Ein anderes Mittel, den Druck auf eine größere Fläche zu verteilen, besteht in der Anwendung von Senkfaschinen. Die Senkfaschinen werden aneinanderschließend quer durch den Damm gelegt und durch Wippen angepflöckt. Die alten Römer bauten in den holländischen und Oldenburger Moor Gegenden solche Faschinenstraßen für ihre Heerzüge, welche heute noch wohl erhalten sind.

c) Dämme mit Buschbett. Werden an Stelle der Senkfaschinen Reifiglagen verwendet, so entsteht das sog. Buschbett. Hierbei breitet man gewöhnliche Reifigbündel in Schichten von 0,30—0,50 m Stärke aus, pflöckt dieselben mit Wippen an und beschwert jede Lage mit steinigem Material.

d) Dämme auf durchbrochener Moordecke. Bei hohen Dämmen läßt man vorher auf 1,5—2,0 m Tiefe das Moor etwas vom Fuß der Böschungen entfernt und in der Mitte regelmäßig einschneiden und schüttet so lange nach, bis der Damm nicht mehr sackt. Ein solcher Damm wird häufig das in Fig. 107 gezeichnete Profil annehmen, wenn ein Teil der Schüttung bis auf den festen Boden dringt.

Die hannoversche „Technische Anweisung“ enthält über den Bau der Dämme auf Moorgrund folgende Vorschrift: „Beim Bau auf Moorgrund ist für möglichste Austrocknung und Komprimierung des Moores durch angemessene Entwässerung zu sorgen; den zu diesem Zwecke anzulegenden Gräben ist ausreichende Breite und Tiefe zu geben. Neben dem Damme sind Bermen anzulegen, deren Breite in angemessenen Verhältnissen zur Tiefe und Festigkeit des Moores stehen muß.“

Der Straßendamm soll, wo dies erforderlich, eine Unterlage von Plaggen erhalten, welche in einer oder mehreren Schichten in gutem Verbande zu legen sind.

In tiefen und weichen Moorstrecken ist zur Auffüllung Moorboden zu verwenden. Der Damm ist so hoch herzustellen, daß auch nach den zu erwartenden Senkungen das aufsteigende Grundwasser die Unterbettung des Steinbahnkörpers nicht erreicht. Die Tragfähigkeit des Moores darf jedoch nicht überschritten werden.

Zur Abführung des Wassers aus dem Wegekörper und aus dem Untergrunde sind in Abständen von 2—3 Ruten (etwa 10—15 m) Killen durch die Bermen nach den Seitengräben zu ziehen.

Für festere und weniger tiefe Moorstrecken genügt eine gehörige Abwässerung, um ohne weiteres schwere tragbare Erdmassen aufzubringen.“

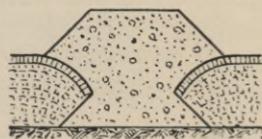


Fig. 107. Damm auf Moorbede.

3. Einfluß des Schüttmaterials.

Bodenarten mit vielen Pflanzenteilen, wie Moor, Torf, Schluff, Schlamm, sind wenig widerstandsfähig gegen Wetter und Belastung und sollten zu Dämmen nicht verwendet werden. Torf und trockener Moorboden werden wohl verwendet, wenn es sich um die Herstellung möglichst leichter „schwimmender“ Dämme in Mooren handelt.

Demnächst ist Lehm am wenigsten geeignet zur Dammbildung, weil er unter Einwirkung des Wassers breiartig zerfließt. Muß Lehm verwendet werden, so ist der Damm mit großer Sorgfalt vor den Einwirkungen des Wassers zu schützen. Steht gleichzeitig ein Schüttungsstoff zur Verfügung, der wasserdurchlässig ist und neben dem Lehm benutzt werden kann, so empfiehlt es sich, den Damm aus abwechselnden Lehm- und Sandschichten in möglichst gleichmäßiger Verteilung und wagerechter Lagerung zu bilden, damit ein möglichst gleichmäßiges Setzen stattfindet. Mitunter wird auch ein Material zum Kern, das andere zur Umhüllung verwandt.

Ton gehört zu den zuverlässigeren Bodenarten. Er hat die Eigenschaft, nur in schwer zu zerkleinernden Schollen zu brechen. Zwischen den aufgeschütteten Schollen bilden sich viele Hohlräume, die ein oft jahrelang währendes Sezen des Dammes hervorrufen und dem Regenwasser den Zutritt zum Damminneren gestatten. Das einsickernde Wasser macht die Oberfläche der Schollen weich und schlüpfrig und veranlaßt, daß die Schollen aufeinandergleiten. Auch hier lassen sich durch eingelegte Sandschichten Sackung und Rutschgefahr ermäßigen. — Die Krone der Tondämme wird leicht feucht, weil Tonboden vermöge seiner Undurchdringlichkeit das Wasser zurückhält.

Sand und Kies geben in jeder Beziehung ausgezeichnete, feste und trockene Dämme. Kies noch mehr als Sand; jedoch ist der Kies meist für die Verwendung zu Dämmen zu wertvoll.

Fels kann je nach seiner Art gute und schlechte Dämme geben. Leicht verwitterndes Gestein, wie Mergel, lose Tonschiefer, schlechter Sandstein, erzeugen meist starkes und langandauerndes Sezen des Dammes, weil die Stücke sich sperrig schütten, durch das in die Hohlräume eindringende Wasser und durch die Luft zum Zerfall gebracht und bei weicher Beschaffenheit leicht zerdrückt werden. Man muß also solche Dämme gegen die Einwirkung der Atmosphäre durch eine gute Bekleidung (Begrünung) schützen.

Bei festem Gestein erhält man sehr trockene, sich nur wenig sezende, feste Dämme besonders dann, wenn dasselbe genügend große und lagerhafte Stücke aufweist, die man an den Böschungen in regelrechten Schichten verpacken kann; hierdurch spart man auch an Masse, weil die Böschungen steiler angelegt werden können.

Sehr gefährlich ist das Verbauen von Erdmassen, welche durch Wasser erweicht sind, weil diese niemals ganz austrocknen und sehr hygroskopisch sind, sowie von gefrorener Erde (namentlich Sand und Lehm), weil sich solche Frostballen sehr sperrig schütten und deshalb eine oft jahrelange Sackung des Dammes hervorrufen, und weil sie bei ihrem Auftauen zum Auseinanderfließen des Dammes Veranlassung geben.

Über die Mischung schlechten Bodens mit gutem heißt es in V Formular Nr. 3 d der Rheinischen Provinzialstraßen-Verwaltung: „Bestehen die Abtragsmassen nach dem Urteil des leitenden Baubeamten aus einem zur Bildung des Chausseekörpers minder brauchbarem (tonigem, verwitterbarem oder fließendem) Boden, so ist dieser, wenn nicht das vollständige seitliche Aussetzen desselben seitens des Baubeamten bestimmt wird, mit dem guten Boden ohne besondere Vergütung bei der Schüttung

zu vermischen oder nach besonderer Vorschrift nur im Innern der Dämme zu verwenden.“

4. Schüttungsarten. Bei der Dammschüttung auf festem Boden unterscheidet man drei Arten, nämlich:

- a) die Lagenschüttung,
- b) die Kopfschüttung,
- c) die Seitenschüttung,

die je nach den örtlichen Verhältnissen, nach den zur Schüttung zu benutzenden Bodenmassen, nach den zur Verfügung stehenden Fördergefäßen und nach den Anforderungen, die man an den Damm stellt, zur Anwendung kommen, und zwar einzeln und vereint.

a) Die Lagenschüttung. Diese bietet die größte Gewähr für die Standfestigkeit des Dammes, weil die den Damm in seiner ganzen Breite wagerecht oder nahezu wagerecht durchsetzenden, dünnen Schichten keine Veranlassung zu Rutschungen geben. Die Lagenschüttung gibt auch die festesten Dämme, einerseits schon durch das Gefüge, andererseits weil fast jede Schicht vor ihrer Verschüttung in allen

Teilen als Unterstüzung der Fahrbahn zu dienen hat und daher gut gedichtet ist. Die einzelnen Lagen werden je nach der Beschaffenheit der Schüttmassen in der Regel 0,5—1,0 m hoch gewählt. Man beginnt mit der Anlage eines kleinen

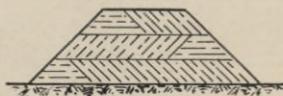


Fig. 108. Lagenschüttung.

Walles an dem Dammsfuß entlang und verlegt, sobald dieser Wall die vorgeschriebene Höhe der ersten Lage und eine genügende Breite erreicht hat, auf ihm die Förderbahn. Nachdem schüttet man unter wiederholter Verschiebung der Förderbahn seitwärts die Schicht bis zum gegenüberliegenden Dammsfuß durch. Auf dieser ersten Schicht wiederholte sich der Vorgang, bis die Höhe des Dammes erreicht ist (Fig. 108).

Mit besonderer Vorsicht sind die in der Dammlinie liegenden Bauwerke (Brücken, Durchlässe usw.) anzuschütten. Die Anschüttung darf nicht einseitig erfolgen, weil das Bauwerk einem einseitigen Erddrucke gewöhnlich nicht zu widerstehen vermag. Die Schüttung muß gleichzeitig und gleichmäßig an den beiden Enden des Bauwerks erfolgen, und zwar in dünnen, wagerechten Lagen, die sorgfältig zu stampfen sind. Sobald die Krone des Bauwerks erreicht ist, werden die einzelnen Lagen über dem Bauwerk in gleicher Weise aufgebracht wie im übrigen Damme.

b) Kopfschüttung. Bei der Kopfschüttung wird der Damm vom neutralen Punkte aus, von einer oder von beiden Seiten her in voller

Breite und Höhe dadurch hergestellt, daß das Schüttungsmaterial über die Vorderkante des fertigen Dammes gefippt wird und sich hier unter dem natürlichen Böschungswinkel in der Längsrichtung des Dammes ablagert. Wenn auch in seinem Innengefüge nicht so standhaft wie der mit Lagenschüttung erbaute Damm, so ist doch auch der durch Kopfschüttung hergestellte Damm immerhin standfest genug, weil sein Bestreben, in der Längsrichtung abzurutschen, an den gewachsenen Wänden der neutralen Punkte dauernden Widerstand findet. Bei sehr hohen Dämmen wird die Kopfschüttung mit der Lagenschüttung verbunden, indem man den Damm in zwei oder drei übereinanderliegenden Absätzen durch Kopfschüttung herstellt.

Große Anschüttungsmassen werden am raschesten mit Hilfe von Schütt- oder Stützgerüsten bewirkt. Feste Schüttgerüste sind Holzbrücken, die das ganze vom Damm zu überspannende Tal überspannen; die Stützen und Verstrebungen verbleiben in der Anschüttung, während die Kapp- und Endbäume entfernt werden. Die Erfahrungen haben gezeigt, daß es für den Zusammenhalt der Dämme eher vorteilhaft als nachteilig ist, wenn das Gerüst in der Anschüttung stehen bleibt. Bewegliche Schüttgerüste bestehen aus Holzträgern, die an einem Ende von einer in den Dammkopf gelagerten Schwelle, am anderen von einem beweglichen Bock gestützt werden. Die Schüttung erfolgt gewöhnlich in der Weise, daß die Vorderkipper sofort am Anfang des Gerüstes gefippt und dann auf letzteren vorgeschoben werden; wenn alle Wagen geleert sind, wird der ganze Wagenzug zurückgezogen. Bei Verwendung von Seitentkippern fährt der Wagenzug auf das Gerüst, und es werden alle Wagen gleichzeitig — aber abwechselnd nach rechts und links — entladen.

Die Kopfschüttung empfiehlt sich bei unmittelbarer Entnahme des Schüttungstoffes aus den nächsten Einschnitten und bei großer Dammhöhe. Bauwerke werden mit Hilfe von Gerüsten überschritten oder es wird zu beiden Seiten derselben Lagenschüttung mit Schiefarrenförderung ausgeführt.

c) Seitenschüttung. Auch hier wird der Damm meistens in voller Höhe, seltener in einzelnen Geschossen in Angriff genommen und aus einzelnen, unter dem Böschungswinkel parallel zur Dammachse geneigten Schichten gebildet, die, falls sie nicht aus bestem Schüttboden (Sand, Kies usw.) bestehen, leicht abrutschen können. Die Seitenschüttung liefert daher die am wenigsten standfesten Dämme. Trotzdem wird sie sehr häufig angewandt, weil sie den Vorteil bietet, sehr lange Wagenzüge auf einmal entleeren zu können, ohne die einzelnen Wagen abkuppeln und verschieben zu müssen. Die Seitenschüttung sollte man nur bei günstigsten Bodenarten zur Dammbildung benutzen.

Die vorteilhafteste Förderart bei Seitenschüttung ist die Anwendung von Seitenkippern auf Schienengleisen. Um den Auftrag sogleich in voller Höhe ausführen zu können, ist ein schmaler, zur Aufstellung der beladenen Rollwagen dienender Damm in voller Höhe anzuschütten. Man kann aber auch die Seitenschüttung mit der Kopfschüttung in der Weise vereinigen, daß man den schmalen Damm mittels Kopfschüttung vortreibt und dann durch Seitenschüttung verbreitert. Erfolgt die Seitenschüttung nicht in der ganzen Höhe des Dammes, sondern in mehreren Lagen übereinander, so geht die Seitenschüttung in die Lagenschüttung über.

§ 81. Entwässerung der Straße.

Das Wasser übt auf die Straße fast stets einen schädlichen Einfluß aus. Dringt es in den Straßenkörper, so wird dessen Standfähigkeit verringert, denn das Wasser vermindert die Zusammenhangskraft der Bodenteilchen und hebt sie zuletzt bei einigen Bodenarten fast gänzlich auf. Am meisten ändert sich die Zusammenhangskraft bei tonigen und kalkigen Erdarten, denn im Wasser werden die einzelnen Teilchen erweicht und gelöst; stetiger bleibt die Kohäsion beim Sande. Zu Eis erstarrtes Wasser lockert den Boden, der dann vom fließenden Wasser weggespült und vom Winde verweht wird. Daher bedarf die Straße der Entwässerungsanlagen, die das Wasser von der Straße möglichst fernhalten oder das zur Straße gelangte Wasser ableiten.

Wir können die Entwässerungsanlagen einteilen in offene und in verdeckte Leitungen; erstere entziehen meist der Oberfläche und den oberen Schichten das Wasser, letztere wirken mehr in der Tiefe. Zu den offenen Leitungen gehören die Gräben, Rinnen und Mulden; zu den verdeckten die Sickerinnen, Sickerkanäle, Drainrohre und Sickerschlitze.

1. Straßengräben und gepflasterte Rinnen. Die Straßengräben dienen:

- a) zur Aufnahme des von der Oberfläche abfließenden Tagewassers und zur Abführung desselben nach den nächsten Wasserläufen;
- b) zur Trockenlegung des Untergrundes der Steinbahn;
- c) zur seitlichen Begrenzung des Straßenkörpers.

Die Gräben, die bei Einschnitten und sehr niedrigen Dämmen stets auf beiden Seiten der Straße, bei Aufträgen auf geneigtem Gelände, sowie bei Anschnitten nur auf der Bergseite nötig sind, können bei geringer Tiefe mit einfachen Böschungen angelegt werden, erhalten aber sonst Ufer mit dem natürlichen Böschungswinkel des betreffenden Erdreiches.

In der preussischen Verordnung vom 17. Mai 1871 heißt es:

„Liegt das Planum nicht mindestens 0,6 m über dem Gelände oder ist dasselbe ganz oder teilweise in das Gelände eingeschnitten, so sind auf beiden Seiten, bezw. auf einer Seite Gräben anzulegen. Außerdem sind überall da, wo durch die Anlage der Straße der natürliche Abfluß des Wassers behindert oder konzentriert wird, Vorflutgräben anzulegen. Die Abmessungen der Gräben richten sich nach der abzuführenden Wassermenge und nach dem Gefälle. Einige derselben sind in nachstehender Tabelle aufgeführt.“

	Abmessungen in Metern				
Obere Breite	4,0	3,6	2,4	2,1	2,0
Sohlenbreite	1,0	0,6	0,6	0,6	0,5
Böschungsbreite	1,5	1,5	0,9	0,75	0,75
Tiefe	1,0	1,0	0,6	0,5	0,5

In der hannoverschen Anweisung von 1860 heißt es bezüglich der Seitengräben:

§ 181. Dient der Seitengraben zur Austrocknung des Straßenkörpers oder zur Ableitung und Fortführung des Wassers, so soll die Grabensohle mindestens einige Zoll (5—10 cm) tiefer als die Sohle des Erdkastens liegen.

§ 182. Die Breite der Grabensohle soll nicht größer sein, als die Umstände es erfordern, mindestens jedoch einen Fuß (30 cm) betragen.

§ 183. Ist ein natürliches Längengefälle nicht vorhanden, die Herstellung eines künstlichen Gefälles aber erforderlich, so soll das Gefälle der Grabensohle mindestens 1 : 800 betragen.

§ 184. Der Anlauf der Grabenränder muß dem natürlichen Böschungswinkel des betreffenden Erdreiches entsprechen. Gestattet es die Örtlichkeit, und werden die Kosten nicht dadurch vermehrt, so soll der Anlauf nach innen 1 : 1 $\frac{1}{2}$, nach außen 1 : 1 mindestens betragen, sofern nicht besondere Bodenarten eine steilere Böschung zulassen und erfordern. Flachere Böschungen sind notwendig für Gräben von starkem Längengefälle, welche zur Abführung des Wassers dienen.

§ 185. Haben Seitengräben nur den Zweck der Begrenzung, so dürfen die obigen Maße für Breite, Tiefe und Längengefälle den Umständen nach eingeschränkt werden, namentlich, wenn Fahren oder Viehtreiben durch die Gräben unvermeidlich ist.

§ 186. Liegen die Seitengräben in starkem Gefälle, ist das Erdreich steril, trocken oder sonst unzuverlässig, so ist eine künstliche Befestigung, je nach der Stärke der Angriffe des Wassers, des Windes, der Verwitterung usw., durch folgende Maßregeln herzustellen:

1. Bepflanzung der Grabenufer;
2. Bekleidung derselben mit fruchtbarer Dammerde und Bepflanzung;
3. Einlegung von Rasenstreifen durch die bekleidete und bepflanzte Grabenfläche in entsprechenden Abständen von mehreren Ruten bis zu 8 Fuß;
4. Belegung der Grabensohle und des anschließenden Fußes beider Ufer, nach Umständen auch der Kronenkante, mit Rasen oder Pflagen;
5. Bekleidung der ganzen Grabenfläche mit Rasen oder Pflagen;
6. Einschüttung von Steingerölle oder Steinschlag in den Graben;
7. muldenförmige Pflasterung der Grabensohle, event. der ganzen Grabenfläche, entweder
 - a) mit plattgelegten Steinen, oder
 - b) hochkantig mit Pflastersteinen, oder
 - c) hochkantig mit größeren lagerhaften, in gutem Verband, im Querschnitt normal zur Muldenkurve, dicht nebeneinander gestellten Bruchsteinen, unter Einbringung von gehackten Queckenwurzeln in die dicht ausgestopften Fugen, behufs Bildung einer Grasdecke;
8. bei außerordentlich starkem Gefälle die unter 7 c bezeichnete Pflasterung, mit Befestigung der Seiten der Mulde durch höher zu stellende Bordsteine, unter Anschluß des Geländes.

Die in den Ziffern 7 und 8 bezeichneten Pflasterungen sind stets von unten nach oben fortschreitend anzulegen.

§ 187. Die Anlage von Querräumen oder Dämmen zur terrassenförmigen Bildung der Grabensohle ist nur unter ganz besonderen Verhältnissen gestattet.

Über gepflasterte Rinnen heißt es in der preussischen Verordnung vom 17. Mai 1871:

„In gebirgigem Gelände und bei seitlichem, tiefem Einschnitt ist es zulässig, anstatt des Grabens eine gepflasterte Rinne von 1—1,5 m Breite anzulegen. Hierbei ist es indessen geboten, das Wasser häufig seitwärts unter der Straße hindurch abzuführen.“

Gepflasterte Rinnen gewähren den Vorteil, daß bei ihrer Anlage an Planumbreite und demgemäß auch an Erdarbeiten usw. gespart wird; sie haben den Nachteil, daß sie bei der Austrocknung des Untergrundes der Steinbahn nicht mitwirken. Bei Gebirgsstraßen kommt dieser Nachteil jedoch weniger in Betracht, weil solche Straßen in der Regel einen festen Untergrund besitzen.

Gepflasterte Rinnen sind auch bei Straßen im Flach- und Hügellande an denjenigen Stellen notwendig, an denen es an Raum für die Anlage von Gräben fehlt, oft auch an den durch geschlossene Ortschaften führenden Strecken und endlich überall da, wo erhöhte und durch Bordsteine begrenzte Fußwege vorkommen.

2. Abfangegräben werden sowohl über den Einschnitten als am Fuße der Dämme, stets an der Bergseite angewendet. Über den Einschnitten, damit das auf der Bergseite sich sammelnde Regenwasser nicht die Einschnittsböschung zerreißt. Am Fuße der Dämme, damit das bergseitig herabfließende Wasser nicht den Damm zerwühlt oder aufweicht, sondern bis zum nächsten Durchlaß am Damm weiter fließen kann. Ein solcher Graben wird 0,3—0,5 m tief, bei 0,3—0,5 m Sohlenbreite.

Die Anlage eines derartigen Sammelgrabens, welche bei nicht durchlässigem Tonboden unbedenklich ist, kann für das Bauwerk gefährlich werden, wenn der Graben in durchlässigen Boden eingeschnitten wird. Das Wasser kann durch die Grabensohle in den Boden eindringen, denselben erweichen und somit den Erdkörper angreifen statt schützen. Soll dieses vermieden werden, so muß man Pflasterinnen statt der Gräben anbringen. Solche Rinnen, die in wasserdichtes Material gesetzt werden müssen, bringt man jedoch nur in Ausnahmefällen zur Anwendung. Wird das Wasser die Böschung hinabgeführt, so müssen ebenfalls Rinnen angebracht werden, entweder mit gleichmäßigem Gefälle oder kaskadenartig gestaltet.

3. Abfallrinnen. Diese haben den Zweck, das Wasser aus den Hintergräben oder Quellwasser quer über die Böschungen nach den Einschnittsgräben oder den Durchlässen zu führen. Bei ihrem starken Gefälle können sie einen ziemlich kleinen, gewöhnlich muldenartigen Querschnitt erhalten, müssen aber stark befestigt und gegen Abrutschungen geschützt werden. Dementsprechend stellt man das Gerinne aus Pflasterung oder aus Mauerwerk her, welchem man durch treppenförmige Bildung seiner Fundamente Stützpunkte zu verschaffen sucht. Das Gerinne erhält meist Sohlenabstürze oder Kaskaden.

4. Mulden. Soll das Wasser von einer Seite der Straße auf die andere geführt werden, so geschieht dieses in der Regel unter der Straße hindurch mittels Durchlässen und Brücken. Nur in Ausnahmefällen kann bei Wegen untergeordneter Bedeutung das Wasser über die Fahrbahn durch „Mulden“ geleitet werden. Diese Überlaufmulden sollen dann entweder die Durchlässe gänzlich ersetzen, oder sie sollen neben den Brücken zur Abführung des Hochwassers Verwendung finden.

Mulden statt der Durchlässe wendet man an, wenn es an Höhe für einen Durchlaß fehlt, oder wenn eine häufige Verstopfung des Durchlasses zu befürchten ist. Solche Überlaufmulden können gebildet werden:

- a) aus einer etwa 3,0 m breiten Pflasterrinne von 15—20 cm Sohlentiefe und einer Seitenneigung bis 1:12, welche quer über die Straße führt;
- β) aus einer entsprechend langen, horizontalen Straßenstrecke (Muldensohle) und aus den in schwachen Steigungen sich auf die Dammhöhe erhebenden Strecken. Ist die Geschwindigkeit des überströmenden Wassers gering, so kann die Straße in der Mulde ohne jede Befestigung bleiben. Bei einer größeren Wassergeschwindigkeit dagegen muß nicht allein die Sohle, sondern es müssen auch die angrenzenden Steigen und deren Böschungen mit gutem Pflaster befestigt werden.

Mulden neben Brücken kommen dann zur Anwendung, wenn es zu kostspielig ist, eine Brücke von solcher Größe zu bauen, daß sie auch das Hochwasser eines Flusses abzuführen vermag. Man stellt alsdann zur Überschreitung des Flusses eine Brücke her, welche bei dem gewöhnlichen Wasserstande zur Abführung des Wassers ausreicht, und zugleich daneben eine Mulde, welche nur bei Hochwasser — also kurze Zeit — in Wirksamkeit tritt. Ob die Herstellung der Steinbahn an den Überlaufstellen besser aus Steinpflaster oder Steinschlag erfolgt, ist im einzelnen Falle nach den örtlichen Verhältnissen zu entscheiden. Jedenfalls ist es notwendig, die Steinbahn gegen die Angriffe der Strömung möglichst zu schützen. Es kann dieses geschehen durch einen in gleicher Höhe mit der Wölbung der Straße oder etwas höher stromabwärts angelegten Fußweg, welcher zweckmäßig mit einer doppelten Bordsteinreihe mit guter Fugendichtung versehen wird. Man erreicht dadurch, daß der Überlauf des Wassers über die Fahrbahn erst beginnt, nachdem dieselbe ganz unter Wasser gekommen ist. Die stromabwärts belegene Böschung muß hinreichend flach angenommen und zum Schutz gegen Abspülung gepflastert oder mit Weiden und ähnlichem Gesträuch bepflanzt werden.

In der hannoverschen Anweisung von 1860 heißt es über Mulden:

§ 197. Bei größeren Mulden oder Überläufen ist die Steinbahn in der Regel aus Steinschlag, wenn jedoch eine besonders starke Strömung stattfindet, aus gutem Reihenspflaster herzustellen.

§ 198. Bei solchen Mulden oder Überläufen ist an der Talseite stets ein erhöhter Fußweg in gleicher Horizontale mit dem Rücken der Steinbahn anzulegen und an der Steinbahnseite mit einem erhöhten

Bordstein einzufassen. Die untere Kante der Straße ist mit Erd- oder Korbweiden zu bepflanzen.

§ 199. Kleinere Mulden sind möglichst zu vermeiden, und wo sie unentbehrlich, rechtwinklig durch die Straße zu legen.

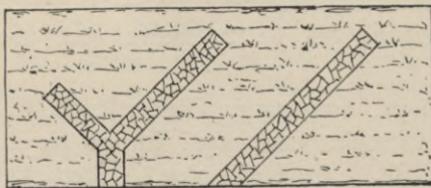


Fig. 109. Sickerinnen.

§ 200. Die Sohle kleiner Mulden ist stets aus Pflaster herzustellen. Die Seitenneigungen der Mulden können auf Steinschlagbahnen auch aus Steinschlag gebildet werden.

§ 201. Die Sohle der Mulden soll eine ausgerundete Form erhalten; die Seitenneigungen sollen möglichst flach sein und außerhalb geschlossener Orte mindestens 1 : 12 betragen.

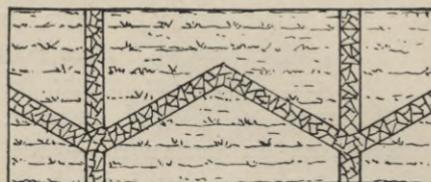


Fig. 110. Sickerinnen.

§ 202. Die Sickerinnen werden häufig nach Fig. 109 gelegt, so daß sie bei geringer Länge eine große Böschungsfäche ent-

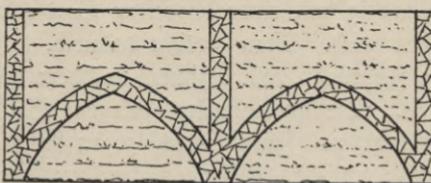


Fig. 111. Sickerinnen.

wässern, indem sie sämtliche von oben herablaufende Wasserteile aufnehmen. Bei sattelartiger Gestalt nach Fig. 110 oder noch mehr bei bogenartiger Anordnung nach Fig. 111 stützen sie, wenn in ausreichenden Ab-

messungen und sorgfältig wie trockenes Mauerwerk ausgeführt, außerdem den über ihnen liegenden Boden.

Sickerinnen sind geeignet, Rutschungen vorzubeugen, wie sie mitunter nach anhaltendem, schwerem Froste, der wohl 0,6—0,8 m tief in den Boden eindringt, vorkommen. Wenn nämlich Schnee und Regen

5. Sickerinnen.

Diese dienen besonders zur Entwässerung der Böschungen. Es sind etwa 0,3—0,5 m tiefe Rinnen, die mit trockenen Steinen oder grobem Kies gefüllt werden, zum Durch-

die oberen Schichten der Böschung durchweichen, während die tiefer liegenden Schichten noch gefroren sind, dann rutschen die durchweichten, schlammig gewordenen oberen Schichten auf dem gefrorenen Boden leicht ab, wenn sie nicht besonders gestützt werden.

6. Drainrohre werden in der Regel in einer Tiefe von 0,9—1,4 m verlegt. Eine Mindesttiefe von 0,9 m hat man gewählt, damit die Rohre vollkommen frostfrei liegen, die Wurzeln der Pflanzen nicht in die Rohre gelangen können und das Wirkungsgebiet eines Drainstranges nicht zu schmal wird.

Handelt es sich um die Entwässerung von einzelnen nassen Stellen, so werden einzelne Rohrstränge — „Einzeldrains“ — verlegt; soll dagegen eine größere Fläche entwässert werden, so vereinigt man die Rohrstränge zu einem „Drainssystem“. Eine zu entwässernde Fläche erhält gleichgerichtete Drains von kleinem Durchmesser — die Sauger oder Sauge-drains —, welche das Wasser dem Boden entziehen und in Drains von größerem Durchmesser — den Sammlern oder Sammeldrains — leiten. Der letzte Teil des Sammlers heißt die Ausmündung. Alle diejenigen Drains, welche zu einer Mündung gehören, nennt man ein System.

Die Sauger können in der Richtung des stärksten Gefälles oder quer gegen dasselbe angeordnet werden. Erstere nennt man Längs-, letztere Querdrainage. Am günstigsten wirkt in der Regel die Querdrainage; sie erfordert weniger Rohre und verstopft sich weniger leicht, weil die Wassergeschwindigkeit in den Sammlern des stärkeren Gefälles wegen größer ist, als in den Saugern. — Bei gleichartigem Boden entwässert jede Drainfuge über sich einen Keil, dessen Achse senkrecht steht, und dessen Spitze die Fuge ist (Fig. 112). Dieser Keil wird von der schrägen Geländefläche 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 Reihe und nicht in der Richtung des stärksten Gefälles verlegen, daß man Quer- und keine Längsdrainage anwenden muß.

Bei ungleichartigem Boden legt man die Sauger vorteilhaft quer zur Richtung des Hauptgefälles der wasserführenden Schichten. Man kann alsdann die wasserführenden Schichten mitwirken lassen zur Entwässerung des Bodens, sie gleichsam als Zuführer zu den Saugern be-

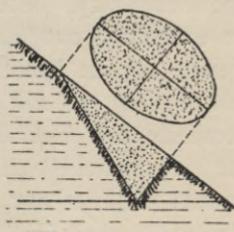


Fig. 112. Drain.

nugen. In der Regel folgen die wasserführenden Schichten dem stärksten Gefälle des Geländes.

Nach Herstellung der Draingraben werden die Rohre verlegt. Das Legen geschieht von oben nach unten. Das erste Rohr am oberen Ende eines jeden Stranges wird durch einen Pfropfen verschlossen. Die Rohre werden so dicht wie möglich aneinander gestoßen; etwaige Krümmungen müssen stets nach rechts oder links, niemals nach oben oder unten gelegt werden. Sind die Rohre verlegt, so werden sie sofort 0,3 m hoch mit Erde sorgfältig überdeckt; später erfolgt das gänzliche Befüllen der Gräben.

7. Sickerkanäle dienen demselben Zweck wie Drainrohre; auch können sie durch mauerwerkartige Anordnung wie Sickergräben den Boden stützen. In Sickerkanälen werden die Steinpackungen usw. mit Erde überdeckt.

8. Sickerschlize. Stollen und Schächte finden bei größerer Tiefenlage Anwendung. Sickerschlize werden zutage unter sorgfältiger Sicherung der Erdwände ausgehoben und meist mit Steinen gefüllt. Sie unterscheiden sich in der Wirkung von den bergmännisch getriebenen Stollen dadurch, daß sie alle Wasseradern treffen, welche den Boden von der Oberfläche des Geländes bis zur Sohle durchziehen, während Stollen nur die unteren Adern treffen. In Verbindung mit Entwässerungsstollen kommen Schächte zur Ausführung, die ähnlich wie Sickerschlize wirken. Meistens werden Stollen und Schächte mit Steinen oder Kies ausgefüllt, nur ein Wasserabzug im Stollen bleibt offen.

§ 82. Böschungen.

Viele roh geschüttete Böschungen können, dem Wind und Wetter ausgesetzt, sich nicht lange halten; sie werden vom Froste gelockert, vom Winde verweht, vom Wasser weggespült. Das Wasser dringt in das Innere der Erdkörper, erweicht denselben und bringt Rutschungen hervor; das Wasser muß entfernt oder abgehalten, die Böschungen müssen geschützt und gestützt werden. Die Entwässerungsanlagen sind bereits beschrieben, das Schützen und Stützen der Böschungen kann wie folgt ausgeführt werden.

1. Ebnen der Böschungen. Nachdem die Auf- und Abtragsböschungen im Rohen hergestellt worden sind, müssen dieselben planmäßig geebnet und in ihrer Oberfläche befestigt werden. Es muß zu dem Zweck zunächst die planmäßige Höhe und Richtung durch eine ausreichende Zahl von Festpunkten angegeben werden. Bei den Aufträgen ist darauf zu achten, daß der Damm seinem Material entsprechend sich setzen wird.

Einschnittsböschungen im Felsen werden meist nicht nach einem bestimmten Böschungsverhältnis eingeebnet, sondern stufenförmig gestaltet. Es ist oft vorteilhafter, die Wände steil stehen zu lassen und nur an den Stellen, wo der Felsen natürliche Schichtungen zeigt, Absätze zu bilden. Das Tagewasser kann alsdann weniger leicht eindringen. Bei allen anderen, weicheeren Bodenarten werden die Böschungen planmäßig entweder nach Lattenprofilen oder nach bloßen Absteckungen bearbeitet. Ersteres geschieht, wenn wenig geübte Arbeiter dazu verwendet werden müssen. Letzteres genügt aber, wenn tüchtige Vorarbeiter vorhanden sind, welche in gewissen kurzen Entfernungen schmale Streifen der Böschungen profilmäßig einebnen, worauf dann die zwischenliegenden Flächen von den gewöhnlichen Erdarbeitern ausgeglichen werden.

Diese eingeebneten Böschungen müssen nun vor den zerstörenden Einflüssen der Witterung und des Regenwassers durch eine wasserdichte Decke geschützt werden. Man erreicht dieses meist durch eine Begrünung (Besamung, Verasung, Bepflanzung) oder durch eine Böschungspflasterung.

2. Begrünung. Vor der Begrünung muß in der Regel eine Schicht guter Erde auf die Böschung gebracht werden, weil nur selten das Einschnitt- und Dammaterial an sich fruchtbar genug ist. Die Dicke der aufzubringenden Erdschichte beträgt mindestens 10 cm. Bei $1\frac{1}{2}$ - oder $1\frac{1}{4}$ -facher Böschung hält sich die aufgetragene Erde ziemlich gut, doch ist es immerhin empfehlenswert, treppenförmige Einschnitte anzubringen oder Stützpunkte durch Annageln von Rasenstücken mittels Holzpflocken zu schaffen. Steindämme werden gewöhnlich nur dann begrünt, wenn das Steinmaterial verwitterbar ist. Man kann an guter Erde sparen, wenn man zunächst feineres Abtragsmaterial auf solche Böschungen bringt, welches dann die Hohlräume zwischen den Steinen ausfüllt.

Besamung. Eine feste Schutzdecke kann durch Gras und kurze Kleearten (Steinklee) erzielt werden. Weil aber die Böschungen sehr verschieden sind in ihrer Bodenart, ihrer Himmelsrichtung und ihrem Feuchtigkeitsgrade, so wird auch das Fortkommen ein und derselben Pflanze sehr verschieden sein; aus diesem Grunde pflegt man mehrere Samenarten durcheinander zu säen. Die dem Boden und der Lage entsprechendsten Pflanzen erlangen dann bald das Übergewicht und verdrängen die anderen, schwächeren größtenteils. Bei der Aussaat im Sommer ist es geboten, Hafer mit unter zu mischen, damit der andere aufkeimende Samen im Schatten des Hafers sich vor den verbrennenden Sonnenstrahlen verbergen kann. Reinen Sand- und Kiesböschungen gibt man gern eine dünne Lage Lehm unter den Humus, damit der letztere länger feucht bleibt.

Beräufung. Besser noch als die Befamung ist eine Decke aus Rasenstücken, weil man hierdurch in kurzer Zeit eine dichte Grasnarbe erhält. Man unterscheidet die Bekleidung mit Deck- oder Flachrasen und mit Kopfrasen.

Beim Flachrasen werden die einzelnen Stücke in regelmäßigem Verbande und nach der Schnur flach aufgelegt und mit einem Schlägel festgeklopft. Bei steilerer Böschung werden einige Rasenstücke mit hölzernen Pflöckchen festgenagelt. Reicht der Rasen nicht aus, um sämtliche Böschungsf lächen damit zu bekleiden, so wird man zunächst die Grabenböschungen, Bankettabsätze und Wasserabfuhrungsrinnen mit Rasenstücken belegen, weil diese Stellen der Beschädigung durch Regenwasser am meisten ausgesetzt sind. Den Rest der Rasen kann man schachbrettartig in die Böschungen verlegen und die verbleibenden Zwischenräume besäen.

Eine recht widerstandsfähige Decke liefert Kopfrasen. Es werden die etwa 30 cm großen Rasenstücke schief oder rechtwinklig zur Böschungslinie so aufeinander gelegt, daß Wurzelseite und Narbe sich decken. Die Dicke der Decke wird mithin gleich der Seitenlänge der einzelnen Rasenstücke. Eine solche Decke ist zwar sehr widerstandsfähig, aber sie erfordert sehr viel Rasen. Man beschränkt sich daher meist darauf, besonders gefährdete Stellen (z. B. Böschungskegel an Brücken) oder steile Böschungen mit Kopfrasen zu befestigen.

Bepflanzung. Fehlt es an Mutterboden und Rasen, so kann man die Böschungen mitunter auch dadurch befestigen, daß man sie mit Bäumen oder Sträuchern bepflanzt. Bei trockenen Bodenarten und in sonnigen Lagen werden Akazien, Birken, Ahorn, Eichen, Fichten, Rot-tannen und Obstbäume, bei feuchtem Boden vorzugsweise Weiden, Erlen, Hainbuchen und Ulmen zur Anpflanzung empfohlen. Die tief in den Boden eindringenden Wurzeln dieser Bäume und Sträucher bilden unter der Böschungsoberfläche ein festes, schützendes Geflecht. Über den Nutzen solcher Anpflanzungen gehen die Ansichten der Fachmänner auseinander. Während einerseits durch Bäume und Sträucher die Böschung befestigt wird, wird andererseits das Austrocknen der Straße durch solche Anpflanzungen sehr behindert.

3. Böschungspflaster. Wo Anschüttungen ganz oder größtenteils aus Steinen bestehen, oder wo überhaupt Steine in großen Mengen zu haben sind, wie es im Gebirge häufig der Fall ist, können die Böschungen auch durch Pflasterung befestigt werden. Man setzt die etwa 20—30 cm hohen Steine reihenweise und füllt die Pflasterfugen mit Moos und kleinen Steinchen aus. In den verbleibenden Öffnungen sammelt sich bald so

viel fruchtbarer Boden an, daß sich eine Vegetation gestaltet, die allmählich selbst die Oberfläche der Steine überdeckt.

4. Verkleidungsmauern. Einschnittswände aus leicht verwitterbaren Felsen werden mit einer Mauer verkleidet. Solche „Verkleidungsmauern“ haben keinen Erddruck auszuhalten, sie haben nur den Felsen vor den Witterungseinflüssen zu schützen. Ihre Dicke kann deshalb gering sein. Nach von Kaven erhalten diese Mauern bei einer Höhe bis 2 m eine Stärke von 0,40 m, bei 2—6 m Höhe eine gleichmäßige Stärke von 0,6 m und bei noch größeren Höhen eine obere Stärke von 0,7 und eine untere von $0,70 + \frac{h}{10}$ Meter.

§ 83. Uferbefestigungen.

Bei Schüttungen am Wasser ist darauf zu achten, daß das dem Wasser zugekehrte Dammaterial nicht aufgeweicht und auch nicht vom Wasser fortgespült wird. Der Damm muß demnach gegen die Angriffe des stehenden und des fließenden Wassers geschützt werden. Man sucht das stehende Wasser vom Damminnern fernzuhalten, oder man schüttet den Damm mit unlöslichem Material. Der Angriff des fließenden Wassers ist um so größer, je größer die Strömung oder die Geschwindigkeit des Wassers ist. Daher ist in erster Linie die Geschwindigkeit des Wassers zu vermindern, in zweiter der Damm zu befestigen. Häufig wird beides ausgeführt.

Die Geschwindigkeit des Wassers am Ufer wird vermindert durch Vergrößerung der Widerstände. Die Widerstände werden groß, wenn man die Ufer rauh gestaltet oder abflacht und somit die Reibungsflächen vergrößert. Senkrechte Ufer, etwa Bollwerke, sollten nur in Ausnahmefällen ausgeführt werden, weil sie den Strom anziehen statt ablenken, und eine Vertiefung des Bettes leicht den Absturz des Ufers und somit eine Zerstörung des letzteren bewirken kann. Besser ist es, bei steilen Ufern die Uferdeckung so einzurichten, daß sie bei zunehmender Vertiefung des Bettes an ihrem Fuße nicht leidet, sondern von selbst herabsinkt und dadurch eine Beschädigung in der Tiefe, die immer am gefährlichsten ist, verhindert. Eine schräge Decke aus geschütteten Steinen ist für die Befestigung am besten geeignet. Eine solche Uferdeckung nennt man einen

Steinwurf. Die Steine müssen größer als die größten Geschlebestücke der Flußstrecke sein, damit sie von dem Wasser nicht fortbewegt werden. Am besten eignen sich spezifisch schwere Steine mit guten Lagerflächen. Die größten und schwersten Steine wählt man für die obere Lage, weil diese am stärksten angegriffen wird. Häufig wird der Stein-

wurf mit einer Pflasterung oder mit einem Steinsatz in Verbindung gebracht (Fig. 113).

Fehlt es an Steinmaterial, so kann zur Sicherung des Dammsfußes und der Dammböschung auch Holz verwendet werden. Man gebraucht Bollwerke, Raubbäume, Flechtwerk, Faschinen, Spreutlagen, Anpflanzungen usw. aus Holz.

Bollwerke nennt man Pfahl-, Bohl- und Schrottwände. Die Pfahlwand ist eine Wand aus Pfählen. Es wird Pfahl an Pfahl gerammt; die Köpfe der Pfähle werden durch einen Holm oder durch Zangen miteinander verbunden. Bei der Bohlwand werden die Pfähle in weiteren Entfernungen voneinander gerammt und nur zum Stützen einer Wand aus Holz, Stein oder Eisen benutzt. Eine Schrottwand ist eine Wand aus kreuzweise übereinandergelegten Hölzern, die mit Steinen ausgepakt sind.

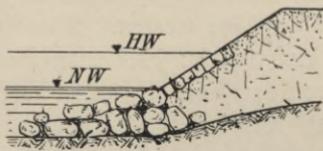


Fig. 113. Uferbefestigung.

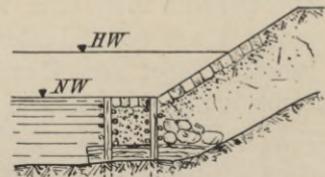


Fig. 114. Ufer mit Flechtzaun.

Eisenbetonplatten von verschiedener Größe und Dicke verwendet man zu Schutzbekleidungen der Ufer. Manchmal werden diese Platten noch durch Erdanker befestigt.

Raubbäume sind rauhe, mit Ästen versehene Bäume, die mit der Kronenspitze nach dem Stromstrich eingelegt, an Pfähle angebunden werden. Sie sollen die Geschwindigkeit des Wassers mindern, die Strömung also vom Ufer ablenken. Raubbäume haben geringe Dauer, gewähren deshalb nur vorübergehend Schutz.

Flechtwerk. Dieses dient einmal zur Sicherung des Dammsfußes, zum anderen zur Befestigung der Böschungen. Im ersten Falle wird am Dammsfuße ein einreihiger oder mehrreihiger Flechtzaun geschlagen (Fig. 114). Unter diesem Flechtzaun befindet sich häufig eine Buschlage, zwischen die Flechtzäune kommt Kies, hierauf Pflaster. Von Oberkante Flechtzaun bis zum Hochwasserspiegel kann die Böschung mit Pflaster oder auch mit weiteren Flechtzäunen befestigt werden. In den Böschungen werden die Flechtzäune gleichlaufend oder maschenartig (rautenförmig) angeordnet.

Faschinenbauten. Faschinen sind Bündel aus Strauchwerk, welche mit Weiden oder Draht mindestens zweimal fest verschnürt sind. Wir unterscheiden:

Senkfaschinen (Sinkwalzen), 0,5—1,0 m dicke und beliebig lange Faschinen, welche mit Schotter oder Steinen gefüllt werden, damit sie im Wasser unter sinken; sie dienen zur Sicherung des Dammfußes. Eine 1 m dicke Walze von 1 m Länge wiegt etwa 300 kg. Infolge dieses bedeutenden Gewichtes muß die Sinkwalze auf der Dammkrone unmittelbar oberhalb der Verwendungsstelle gebunden werden. Nachdem werden die Walzen die Böschung hinabgerollt; am Fuße der Böschung werden sie durch früher eingeschlagene Pfähle aufgefangen und festgehalten (Fig. 115). Die Senkfaschinen begrünen sich später.

Kommt der Damm auf eine längere Strecke in ein Gebirgsbachbett zu liegen, dessen Sohle sich mit der Zeit stark vertiefen kann, so stellt man als Dammschutz ein Parallelwerk aus Senkfaschinen dar, indem man zwischen Pfahlreihen parallel zum Wasserlauf Senkfaschinen übereinanderlegt, die bei eintretender Unterspülung durch ihr Eigengewicht nachsinken können.

Deckfaschinen, 0,25—0,30 m stark und 2,5—4,0 m lang, dienen hauptsächlich zur Abdeckung der Uferwände. Zur Verbindung der Deckfaschinen dienen:

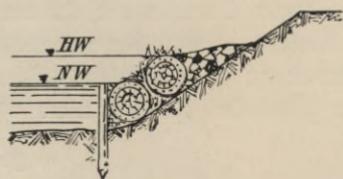


Fig. 115. Senkfaschinen.

Würste oder Wippen, das sind 10—15 cm starke und bis zu 20 m lange Reißigbündel.

Das Binden der Faschinen geschieht auf Böcken oder Bänken. In diese Faschinenbänke wird das höchstens 4 cm starke Strauchwerk eingelegt, mittels Würgekette zusammengedrückt, dann festgebunden und schließlich auf die vorgesehene Länge abgeschnitten. Die Faschinen müssen fest und gleich fein, damit man gerade und gleichmäßig mit ihnen bauen kann.

Spreutlagen oder Spreitlagen werden aus frisch geschnittenen, 3—4-jährigen Weidenreisern von 2,5 m Länge hergestellt. Man zieht zunächst in 2 m Abstand kleine, etwa 0,2 m tiefe, wagerechte Gräben von dreieckiger Form (Gruppen) und befestigt in diesen Würste aus Weidenholz mittels Pfählen von 1,0 m Länge, die man in 0,60 m Entfernung voneinander einschlägt. Unter diese Würste schiebt man die Stämmenden der Reiser, von oben beginnend. Die Wipjenden der tieferen Lage sollen immer über die Gruppenwurft und die Stoppelenden der höheren Lage reichen. Die Reiser werden alsdann mit Würsten und

Pfählen so befestigt, daß die Würste 0,6—0,8 m Abstand voneinander erhalten und alle 0,6 m genagelt werden. In der Höhe des Wasserspiegels sind 2 Würste nebeneinander zu stecken. Die Lage wird schließlich mit fruchtbarer Erde überdeckt.

Werden die Gruppen rechtwinklig zum Stromstrich und die Wipfel der Weidenruten stromabwärts gelegt, so nennt man die Uferdeckung *Rauhwehr*.

Bepflanzung. Flache Ufer sucht man bisweilen zu schützen durch Bepflanzung mittels Stecklingen oder Setzlingen aus Korbweide, Erle, Afazie usw. Zu diesem Zwecke werden $\frac{1}{2}$ —2 cm starke und 1 m lange Ruten abgeschnitten und mittels Sekeisens gesetzt. Die Setzlinge werden je 15 cm voneinander entfernt in 1 m breiten Reihen gesetzt. Das Setzen kann auch in 0,3 m tiefen Gräben erfolgen. Auch mit Flach- und Kopfrasen können die flachen Ufer über dem Niedrigwasserstand befestigt werden.

b) Oberbau der Straßen.

Unter Oberbau versteht man den Teil der Straße, der die Angriffe des Verkehrs unmittelbar aufzunehmen und die Belastung auf den Straßenunterbau zu verteilen hat. Je nach der Art des Verkehrs unterscheidet man *Fahrbahn*, *Fußweg* usw.

a) Fahrbahnen.

§ 84. Wahl der Befestigungsart.

Eine Landstraße soll in erster Linie dem Verkehre dienen. Die Fahrbahn derselben muß daher jederzeit leicht und sicher zu befahren sein, dabei soll sie nicht gesundheitschädlich wirken. Dieses Ziel soll mit tunlichst geringen Kosten erreicht werden. Die Fahrbahn muß demnach technischen, gesundheitlichen und wirtschaftlichen Anforderungen genügen.

1. Technische Anforderungen. Die Fahrbahn soll jederzeit dem Fuhrwerk einen geringen Reibungswiderstand entgegensetzen, damit wenig Zugkraft erforderlich wird, die Fahrbahn muß deshalb eben, fest und hart sein und beiben. Andererseits erheischt die Verkehrssicherheit, daß die Fahrbahn nicht zu glatt ist, namentlich dann, wenn die Straße starkes Gefälle hat. Übrigens wird bei stark geneigter Bahn durch Glätte und Ebenheit auch verhältnismäßig nicht soviel an Zugkraft gespart als dieses bei wenig geneigten oder wagerechten Bahnen der Fall ist. Nach Tabelle 41 beträgt z. B. der Widerstandskoeffizient μ bei einem schlechten Erdweg 0,1 und bei einer guten Chaussee (Steinbahn) 0,03; mithin kann auf einer wagerechten Steinbahn 1 Pferd so viel bewegen wie $0,1 : 0,03 = 3,3$ Pferde auf einem wagerechten Erdwege. Hat aber die

Straße eine Steigung 1:10, so tritt für das Heben der Last (wenn das Gewicht der Bespannung unbeachtet bleibt) noch annähernd $\frac{1}{10}$ hinzu. Mithin wird der Koeffizient bei der Erdbahn $0,1 + 0,1 = 0,2$ und bei der Steinbahn $0,1 + 0,03 = 0,13$, das heißt, es kann nunmehr auf der Steinbahn 1 Pferd eine Last bewegen, die auf dem Erdweg von $0,20 : 0,13 = 1,54$ Pferden gezogen werden muß. Von der Glätte und Ebenheit ist auch die Querneigung der Steinbahn abhängig. Je glatter und ebener die Bahn, um so größer die Rutschgefahr, um so besser aber auch der seitliche Wasserabfluß. Glatte Fahrbahnen erhalten daher eine schwächere Querneigung als rauhe. — Schließlich soll die Fahrbahnbefestigung noch möglichst dauerhaft sein und die Ausbesserungs- und Erneuerungsarbeiten sollen in kurzer Zeit bewirkt werden können, damit der Verkehr keine Störung erleidet, vielmehr die Straße jederzeit befahren werden kann.

2. Gesundheitliche Anforderungen. Bei dem gemischten Verkehr, dem die heutigen Straßen dienen müssen, ist es namentlich die Staubplage, welche hier in Frage kommt. Der Staub ist besonders nachteilig für die Atmungsorgane, außerdem bringt er materiellen Schaden an Häusern, Lebensmitteln, Gärten usw. und erschwert die Unterhaltung der Straßen. Die Fahrbahn soll so beschaffen sein, daß sich möglichst wenig Staub bildet.

3. Wirtschaftliche Anforderungen. Den unter 1. und 2. aufgeführten technischen und gesundheitlichen Anforderungen soll mit möglichst geringen Kosten genügt werden können. Bezeichnet man mit

k den Betrag für die erste Herstellung der Fahrbahn,

n die Dauer der Fahrbahn in Jahren,

k_1 ein Kapital, das zur Zeit der Neuherstellung auf Zins gelegt, genügt, um aus dessen Zinsezinsen nach n Jahren die Fahrbahn wieder erneuern zu können,

z den Zinsfuß,

b die jährlichen Ausbesserungs- und Unterhaltungskosten,

A die durchschnittlichen jährlichen Gesamtkosten für die Fahrbahn,

so ist:

$$k_1 = \frac{k}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n}. \quad (54)$$

$$A = \frac{z}{100} \left[k + \frac{k}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n} \right] + b,$$

$$A = \frac{z}{100} k \left[1 + \frac{1}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n} \right] + b. \quad (55)$$

Je kleiner A , um so wirtschaftlicher ist die Fahrbahn.¹⁾ Volkswirtschaftlich ist diejenige Fahrbahn die beste, welche den meisten Nutzen bringt im Verhältnis zu A , bei der demnach der Ausdruck

$$x = \frac{\beta C l}{A}$$

am größten wird, wenn β die Frachtermäßigung für 1 t/km nach erfolgter Herstellung der Fahrbahn, C die jährliche Frachtmenge in t, l die Länge der Fahrbahn in km und A den in Formel 55 angegebenen Wert bedeutet.

Beispiel: Wie groß werden die durchschnittlichen jährlichen Kosten A für eine Kleinschlagdecke von 1 km Länge, wenn die Decke 6500 M. kostet, 10 Jahre hält, die jährlichen Ausbesserungskosten 40 M. betragen und der Zinsfuß $z = 4$ angenommen wird?

$$A = 0,04 \cdot 6500 \left[1 = \frac{1}{(1 + 0,04)^{10}} \right] + 40,$$

$$\log 1,04 = 0,01703,$$

$$\log 1,04^{10} = 0,17033,$$

$$1,04^{10} = 1,48,$$

$$A = 0,04 \cdot 6500 \left[1 + \frac{1}{1,48} \right] + 40 = 475,76 \text{ M.}$$

Beträgt die Fracht für 1 t/km auf unbefestigtem Wege 0,25 M. und auf der bestellten Straße 0,10 M., dann ist die Frachtermäßigung $\beta = 0,15$ M. Werden nun jährlich 4000 t Güter befördert, so ist für 1 km Straßenlänge:

$$x = \frac{0,15 \cdot 4000}{475,76} = 1,26.$$

Die wichtigsten Fahrbahnbefestigungen bei Landstraßen sind:

Steinschlagbahnen,

Riesbahnen,

Klein- und Mittelpflaster,

Klinkerpflaster,

Fahrbahnen aus verschiedenen Baustoffen.

Großpflaster, Holzpflaster, Asphaltbahnen u. dergl. kommen mehr in städtischen Straßen vor und sollen dort besprochen werden.

¹⁾ Soll die Verpflichtung der Fahrbahnunterhaltung auf einen anderen übertragen werden, so ist A zu kapitalisieren. Das Ablösungskapital ist dann $B = \frac{100}{z} A$. Man vergleiche auch Ministerialerlaß vom 7. November 1907: „Anweisung zur Ablösung von Wegebaupflichtungen der preussischen Staatsbaubehörde“ (Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau 1908, S. 11 u. 33).

Die Steinschlagbahnen haben meist nur eine Decke mit Kleinschlag; ihr Unterbau besteht aus Packlage, Grobschlag oder Kies. Fahrbahnen, die ganz aus Kleinschlag gebildet werden, nennt man nach ihrem Erfinder Mat Adam, makadamisierte Bahnen, den Kleinschlag selbst Makadam.

Kiesbahnen verwendet man für Straßen mit leichtem Verkehr dort, wo Kies sich vorfindet und anderes Steinmaterial seltener vorkommt.

Kleinpflaster findet hauptsächlich Anwendung bei schwererem Verkehr, wo die Kleinschlagstücke durch den Druck der Wagenräder zertrümmert werden, Mittelpflaster bei noch schwereren Lastwagen.

Klinkerpflaster hat namentlich in der norddeutschen Tiefebene, wo es an natürlichem Steinmaterial fehlt, weite Verbreitung gefunden.

Fahrbahnen aus verschiedenen Baustoffen baut man, um sie haltbarer oder staubfreier zu machen oder aus wirtschaftlichen Gründen. Hier kommen namentlich in Frage, die Fahrbahnen mit besonderen Fahrstreifen (Zuhrwerksgleisen) und solche, bei denen die Kleinschlagstücke durch Zement oder asphaltähnliche Stoffe miteinander verbunden werden.

§ 85. Steinschlagbahnen.

Die Querneigung dieser Fahrbahnen richtet sich besonders nach der größeren oder geringeren Festigkeit des Materials und nach dem Längenprofile. In der hannoverschen Anweisung von 1860 heißt es (§ 56): Die Oberfläche der Steinschlagbahn erhält eine Wölbung nach der Kreislinie:

in horizontaler Lage von $\frac{5}{12}$ Zoll (1 cm),

in wenig geneigter Lage von $\frac{1}{3}$ Zoll (0,8 cm),

in einer Neigung von 1 : 36 und darüber $\frac{1}{4}$ Zoll (0,6 cm)

auf jeden Fuß (29,2 cm) der ganzen Breite. Auf Steinbahnen von weniger als 12 Fuß (3,5 m) ist eine größere Wölbung zulässig. Für Straßen mit verschiedener Steigung sind Mittelwerte des Quergefälles in Tabelle 50 gegeben. In der Anweisung der rheinischen Verwaltung heißt es: „Das Quergefälle der Steinbahn richtet sich nach der größeren oder geringeren Festigkeit des Materials und soll dasselbe 4—5 cm auf den laufenden Meter betragen.“ Bei einer 5 m breiten Steinbahn aus mittelhartem Gestein und wenig geneigter Lage würde mithin die Mitte der Fahrbahn höher als die Kante liegen:

$$\text{nach der hannoverschen Anweisung } h = 5,0 \cdot \frac{0,8}{29,2} = 13,7 \text{ cm,}$$

$$\text{„ „ rheinischen „ } h = \frac{5,0}{2} \cdot 4,5 = 11,3 \text{ cm.}$$

Eine Steinschlagbahn besteht aus dem Unterbau und der Decklage, mitunter befindet sich zwischen beiden noch eine besondere Mittellage.

Die Decklage hat den Verkehr unmittelbar aufzunehmen und hat ihn dann, im Verein mit dem Unterbau, auf eine größere Fläche des Erdkörpers zu verteilen. Der Steinbahnunterbau kann gebildet werden: aus gepflasterten Steinen (Packlage), aus geschütteten Steinen oder Kies.

Der Packlagenunterbau (Fig. 116) wird wie folgt hergestellt. Zunächst wird der Erdkasten (Bettungskoffer), in dem die Packlage ruhen soll, ausgehoben, und es werden die Kantensteine verlegt. Die Tiefe des Bettungskoffers ist so zu bemessen, daß der ausgehobene Boden zur Aufhöhung der Bankette ausreicht. Die Sohle des Erdkoffers wird der Wölbung der Straße entsprechend gestaltet, oder sie erhält eine schwächere Wölbung, oder sie wird wagerecht ausgeführt, je nachdem die Steinbahn überall gleiche Stärke erhalten oder in der Mitte dicker als an den Enden ausgeführt werden soll. Es ist darauf zu achten, daß in den Erdkasten vorher keine Gleise gefahren werden, in denen sich Wasser sammeln kann; wenn nötig, muß der Erdkasten entwässert und besandet werden. Nach Fertigstellung des Erdkoffers werden die Packlagesteine rechtwinklig zur



Fig. 116. Fahrbahn mit Packlage.

Fahrrichtung, reihenweise in Verband mit der Spitze nach oben stehend — nicht liegend — dicht nebeneinander eingesetzt. In keinem Fall dürfen die Steine auf das breite, ebene Lager gelegt werden, weil sonst die Decklage

sich nicht mit dem Steinbahnunterbau verbindet. Zu breite Steine müssen zerschlagen oder gespalten werden. Nach den bestehenden Bestimmungen erhalten die Packlagesteine (in Rheinland, Hannover, Österreich) eine Stärke von 6—10 cm und eine Höhe von 11—15 cm. Für nachgiebigen Untergrund sind in Österreich Packlagesteine von 18—20 cm Höhe und 10—12 cm Stärke vorgeschrieben.

Bei der gefestigten Packlage werden die Spitzen der zu hohen Steine abgeschlagen und die Zwischenräume sorgfältig mit kleinen Steinen gefüllt, so daß schließlich die Oberfläche der Packlage eine raue Ebene bildet. Ein Abwalzen der Packlage erfolgt in der Regel nicht.

Die Packlagesteine erhalten am besten Pyramidenform. Zur Packlage ist jedes Steinmaterial geeignet, welches nicht zerfriert; auch feste Hochofenschlacke kommt in Anwendung.

Mitunter wird die Packlage seitlich durch besondere Kantensteine begrenzt. Die Kantensteine erhalten nach den Bestimmungen der Rheinischen Provinzialverwaltung eine Länge von 10—15 cm, eine Stärke von 6—10 cm und eine Höhe von 20—25 cm. Sie werden bei Lehmboden zweckmäßig in Sandbettung gesetzt, um ein Auffrieren der Steine

zu verhindern. Ihre äußere Seite wird nach der Schnur gerichtet; ihre obere Fläche soll etwa 10 cm unter der Steinbahnoberfläche liegen, damit die Steine bei Abnutzung der Steinbahn oder bei schlechtem Zustand des Banketts nicht hervortreten und für den Verkehr lästig werden. Auch würde eine zu hohe Lage die Bildung einer Rinne längs den Kantensteinen begünstigen und den Wasserabfluß behindern. Manchmal werden die Kantensteine auch gänzlich weggelassen.

Der Steinschlagunterbau. Eine Fahrbahn mit solchem Unterbau besteht aus einer Unterlage von größeren, regelmäßig geschlagenen Steinen (sog. Grobschlag) und aus ein oder zwei Schüttlagen von feinerem Steinschlag. Der Grobschlag erhält eine Stärke auf den Straßen:

in Rheinland von 6—8 cm.

„ Hannover „ 5—7,3 „

Die Stärke der Grobschlagsschicht wird gleich derjenigen der Packlage. Für den Grobschlag kann ebenfalls, wie für die Packlage, weiches Material verwendet werden.

Wird die Steinbahn durchweg aus gleich großen, regelmäßig geschlagenen Steinen gebildet, welche in einzelnen Lagen von 10—13 cm Stärke aufgebracht werden, so nennt man die Straßen makadamisierte Straßen und das Steinmaterial Makadam.

Jede Steinlage einer ganz aus Steinschlag hergestellten Bahn (Grundlage, Mittellage, Decklage) wird für sich gewalzt. Der Steinschlagunterbau wird mit einer leichten Walze ohne Bindematerial so lange eingewalzt, bis der Steinschlag anfängt, sich festzulegen, nicht bis zur Glättung der Oberfläche.

Der Grand- oder Kiesunterbau. Der Kostenersparnis wegen kann, wenn die Haltbarkeit der Steinbahn dadurch nicht wesentlich verringert wird, unter Umständen der Unterbau der Steinbahnen aus Kies oder Grand (Kiessand) hergestellt werden, doch ist der Steinschlagunterbau besser, weil er weniger vom Froste aufgelockert wird. In der hannoverschen Anweisung von 1860 heißt es: Die Stärke des Grandunterbaues soll $\frac{5}{12}$ — $\frac{7}{12}$ der ganzen Stärke der Steinbahn betragen. Das Korn des zum Unterbau dienendes Grades muß mindestens $\frac{1}{4}$ Zoll (6 mm) Durchmesser haben. Stücke, welche so stark sind, daß Steinschlag zum Deckenbau daraus gebildet werden kann, sind auszusondern. Der Grandunterbau ist zu walzen, wenn ein mit den Kosten im Verhältnis stehender Vorteil davon zu erwarten ist.

Wahl der Unterbauart. Bei der Wahl hat man zunächst die Beschaffenheit des Untergrundes zu beachten. Bei lehmigem, fettigem

Untergrunde widersteht die dichtgestellte Packlage besser als Steinschlag. Sodan wird die Wahl durch das zur Verfügung stehende Steinmaterial beeinflusst. Lassen sich die Steine nicht in würfelförmige Stücke schlagen, dann ist Packlage zu verwenden. Schließlich ist zu beachten, daß Steinbahnen mit Steinschlagunterbau elastischer sein und weniger abnutzen sollen, dagegen soll beim Packlagenunterbau die Last der Räder sich auf eine größere Fläche verteilen.

Decklage. Über das zur Decklage zu verwendende Steinmaterial heißt es in der hannoverschen Anweisung: Für den Kleinschlag, namentlich

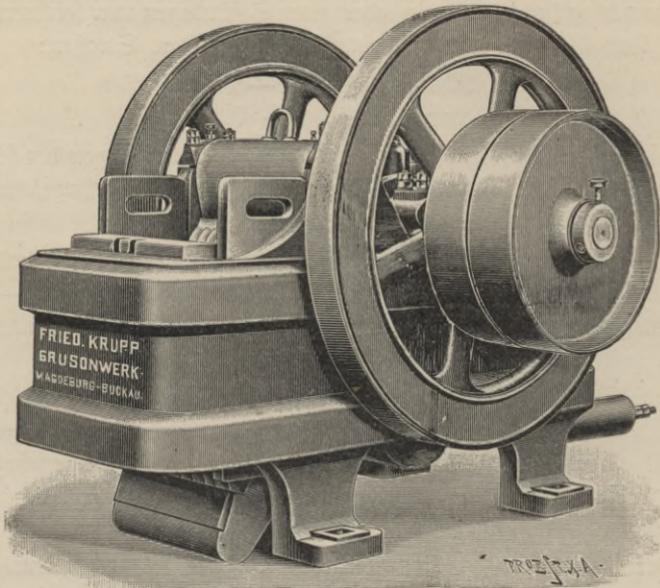


Fig. 117. Steinbrecher.

zur Bildung der Decklage, ist dasjenige Material vorzugsweise zu benutzen, welches

die größte und gleichmäßigste Festigkeit, Härte und Dauerhaftigkeit besitzt; keine Poren und Risse hat, welche das Eindringen des Wassers zulassen; einen würfelförmigen und körnigen Steinschlag liefert; sich am vollkommensten verbindet und in der Oberfläche abglättet; im zerriebenen, zerdrückten oder zersetzten Zustande weder einen klebrigen, noch einen sandigen, sondern einen kittenden, erhärtenden und abglättenden Stoff bildet.

Diese Steine werden je nach ihrer Festigkeit in möglichst würfelförmige Stücke von 4 oder 5 cm Seitenlänge zerschlagen oder mit der

Steinbrechmaschine zerkleinert. Eine solche Brechmaschine (Fig. 117) arbeitet wie ein Nußknacker. Die großen Stücke werden in das „Brechmaul“ geworfen, dieses schließt sich, zerdrückt die Steine, öffnet sich dann nach abwärts und speit die zerkleinerten Steine, den „Maschinenschrott“, aus. Nach dem Zerkleinern werden die Steine gesiebt, um die splitterigen und erdigen Bestandteile auszufondern. Später wird der gesiebte Kleinschlag mittels Steingabeln auf den Unterbau ausgebreitet, nach einer Schablone abgeglichen und demnächst festgewalzt. Durch das Walzen soll vor allem eine tunlichst dichte Lagerung der einzelnen Steinstücke erstrebt werden. Die Steinstücke werden während des Walzens so lange hin und her gedreht, bis sie möglichst fest neben- und übereinander lagern, d. h. bis die größeren Stücke mit den Flächen sich aneinander passen, während die kleineren Stücke die Zwischenräume füllen. Erst wenn die Decke „steht“, d. h. wenn die Steine beim Walzen zwar noch bewegt, aber nicht mehr verschoben werden, darf das Bindematerial (zunächst der ausgefiebte Steinsplitt) aufgebracht werden. Das Bindematerial soll nur die Vertiefungen zwischen den einzelnen Steinen an der Fahrbahnoberfläche ausfüllen; es darf aber nicht in das Innere der Steinbahn gelangen. Bei trockener Witterung wird die Steindecke während des Walzens mit Wasser begossen. Schließlich wird zum Schutze der Decke eine Sandschicht von etwa 1 cm Stärke aufgebracht. Zum Einwalzen der Decklage benutzt man zurzeit in den meisten Fällen die Dampfwalze.

§ 86. Kiesbahnen.

Kiesbahnen bestehen aus Kies, welcher entweder in Gruben gewonnen wird und dann meistens mit sandigen, lehmigen oder mergeligen Teilen mehr oder weniger gemischt ist, oder aber in Flußläufen sich vorfindet und dann von erdigen Beimengungen frei ist. Die Fahrbahn kann entweder durchweg aus gereinigtem Kies bestehen und es kann eine besondere Packlage oder Unterlage gebildet werden dadurch, daß man die größten Kiesel zerschlägt und geschlossen einbaut.

Der Kies ist von dem Steinschlag sehr verschieden. Während die Steinschlagstücke sämtlich aus demselben Material bestehen und dieselbe Festigkeit besitzen, ist der Kies ein buntes Gemenge der verschiedenartigsten, in der Festigkeit wesentlich voneinander abweichenden Steinarten. Die scharfkantigen Steinschlagstücke sind meist würfelförmig gestaltet, die einzelnen Kiesel dagegen haben eine glatte, abgerundete Form. Dieser eigenartigen Natur des Kiesels muß aber bei Verwendung desselben als Steindeckmaterial Rechnung getragen werden. Während Steinschlagstücke beim Walzen so lange hin und her gedreht werden, bis sie sich mit ihren

Flächen dicht aneinanderlegen und somit gegenseitig stützen, daß die Decke „steht“, werden die glatten, abgerundeten Kiesel einer lose aufgeschütteten Kiesdecke sich stetig wie eine Welle vor der Walze verschieben, ohne daß eine merklich festere Lagerung eintritt. Durch zusammenpressenden Druck allein ist ein Ineinandergreifen der Kiesel wie bei den Steinschlagdecken nicht zu erreichen; es bedarf zur Bindung eines besonderen Bindemittels. Das Bindematerial ist aber gewöhnlich das Material, welches die geringste Dauerhaftigkeit aufweist; je weniger man also hiervon nehmen kann, desto besser. Hieraus ergibt sich, daß Kies mit gemischter Korngröße am besten ist, denn solcher Kies hat die wenigsten Hohlräume, und das Bindematerial muß die Hohlräume füllen. Guter Kies soll Stücke von verschiedener Größe enthalten in einer Mischung, daß höchstens 15 % Hohlräume verbleiben; der Durchmesser der einzelnen Kiesstücke soll jedoch 3 cm nicht überschreiten, weil sonst die Fahrbahn zu rauh wird.

Das Bindemittel soll möglichst feinkörnig sein, damit es die zu verbindenden Stücke allseitig umhüllt. Die Bindekraft beruht auf der Adhäsion, und diese ist um so größer, je größer die sich berührenden Flächen sind, je feiner der Stoff verteilt ist. Daher können als Bindematerial nur sehr feinkörnige Stoffe Verwendung finden, wie Ton, Lehm, Steinstaub u. dergl.

Beim Einbauen müssen Kies und Bindematerial gründlich durcheinander gemischt werden. Man kann das Bindematerial auf die Kiesdecke auftragen und mit Harken oder Eggen durch die Kieszüttung mengen, oder man kann zuerst das Bindematerial auftragen und darüber die Kiesdecke ausbreiten. Durch das Abwalzen wird dann das Bindematerial an die Oberfläche der Kieszüttung hinaufgepreßt. Es ist zweckmäßig, eine Kiesdecke aus zwei aufeinanderliegenden Schüttungen von etwa je 4 cm Stärke zu bilden und jede Schüttung für sich zu walzen, weil dann die Kiesstücke sich besser miteinander verbinden. Schließlich wird die neue Decke mit einer Schichte von trockenem und gepulvertem Lehm überdeckt.

§ 87. Kleinpflaster (Fig. 118).

Der Erfinder des Kleinpflasters — Geh. Baurat Gravenhorst in Stade — schreibt darüber: „Als ich im Jahre 1885 mit der Fortsetzung der im Jahre 1880 begonnenen Verschleißmessungen auf Steinschlagdecken mich beschäftigte, fand ich auf einer aus recht grobem Steinschlag hergestellten, 4 Jahre alten Probestrecke im ganzen geringere Abnutzung, aber eine sehr unebene Oberfläche. Einzelne Steinstücke und Gruppen von Steinstücken ragten aus der Decke hervor; es waren dieses

die größeren und widerstandsfähigeren Stücke. Die Wahrnehmung brachte mich auf den Gedanken, aus ausgewählten größeren und festeren Steinschlagstücken Steinschlagpflaster, später „Kleinpflaster“ genannt, herzustellen.“ Dieses Kleinpflaster, bei dem der Vorteil größerer Steinstücke — vermehrte Widerstandsfähigkeit — ausgenützt, der Nachteil solcher Stücke — rauhe Fahrbahn bei Schüttungen — aber vermieden wird, hat inzwischen die weiteste Verbreitung gefunden. Kleinpflaster wird man überall dort mit besonderem Vorteil anwenden, wo durch den Druck der Wagenräder einzelne Steinstücke einer Schotterdecke zertrümmert werden.

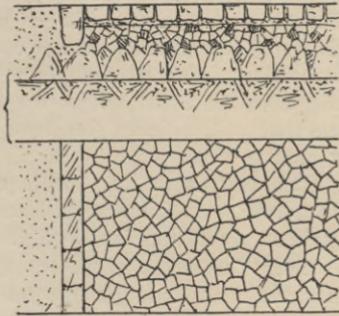


Fig. 118. Kleinpflaster.

Kleinpflaster kann zweckmäßig ausgeführt werden nach folgenden, von seinem Erfinder gegebenen

Vorschriften für die Herstellung des Kleinpflasters auf Landstraßen.¹⁾

1. Der Unterbau muß genau dem Quersprofil gleichen, welches der Oberfläche des Pflasters gegeben werden soll, und dabei eben sein. Es ist fehlerhaft, etwaige Unebenheiten des Steinschlag-Unterbaues durch Kies auszugleichen. Die Unebenheiten des Steinschlag-Unterbaues machen sich doch, ungeachtet der Kiesausfüllung, im Kleinpflaster bemerkbar. Der Unterbau muß überall gleich fest sein und darf z. B. sog. Kiesnester nicht enthalten.

2. Die Kleinpflastersteine sollen möglichst würfelförmig sein. Klinker, die auf Sandunterbettung verfest werden, haben eine der Kopffläche gleiche Fußfläche 5:22 gleich 110 qcm. Würfelförmige Pflastersteine von 10—11 cm Seite, also ebenfalls 110 qcm Fußfläche bedürfen daher eines Steinschlagunterbaues nicht, es genügt für dieselben feste Sand- oder Kiesunterbettung. Die Kleinsteine, die auf Steinschlagunterbau zur Verfestung gelangen, brauchen daher höchstens 10 cm Seite zu erhalten. Für leichteren Verkehr genügen bei jeder Steinart schon Steine von 6—8 cm Seite. In der Regel wird man den Steinen 7—9 cm Seite geben, so, daß 1 cbm nahezu 10 qm Pflaster liefert. Kleinpflaster aus großen Kleinsteinen von 8—10 cm Seite erreicht voraussichtlich eine größere Dauer, aber es ist geräuschvoller und weniger angenehm zu befahren, auch erfordert es mehr Zugkraft und größere Herstellungskosten.

Ohne zwingende Gründe muß man daher nicht das größere Steinformat bevorzugen.

3. Vor der Pflasterherstellung sind die Kleinsteine nach der Höhe genau zu sortieren, so daß zwischen den Sorten höchstens ein Höhenunterschied von 1 cm verbleibt. In der Regel genügen 3 Sorten. Der Unterbau ist 1, höchstens 2 cm hoch mit Sand, besser mit Kies zu bedecken. In diese Sand- oder Kiesunterbettung sind die Klein-

¹⁾ Krüger, Prof., Das Kleinpflaster 1910.

steine hochkant hineinzusetzen; sie sollen nicht darauf stehen, und, wie bei dem Großpflaster, ist auf möglichst enge Fugen und guten Verband zu halten.

Die Steine sind mosaikartig, jedoch dem Reihenpflaster sich nähernd, zu versetzen, wobei ein Verband in der Längen-, sowie in der Querrichtung zu erstreben bleibt. Ein Versetzen in konzentrischen Bogen empfiehlt sich weniger, weil dann die Diagonale der Steinköpfe mehr oder weniger mit der Straßenrichtung zusammenfällt. Die rollenden Räder sollen möglichst kurze Zeit mit dem einzelnen Stein in Berührung bleiben. Längliche Steine müssen mit der längeren Seite rechtwinklig zur Straßenrichtung stehen. Sie halten sich dann länger und zerbrechen unter dem Druck der Räder nicht so leicht.

Nach dem Setzen sind die Fugen mit Kies einzuschlämmen, worauf die Abbrammung mit einer einmännigen Kamme erfolgt. Bei dem Abrammen etwa zerspringende mürbe Steine sind durch gesunde zu ersetzen.

Unter Umständen, z. B. auf Brücken, kann es sich empfehlen, dem einzuschlämmanden Kies etwas Zement trocken beizumischen. Solche Zementbeimischung würde überall empfehlenswert sein, wäre sie nicht zu teuer.

Nach der Abbrammung wird das Pflaster 1 cm hoch mit Sand bedeckt und dem Verkehr übergeben. Sperrsteine müssen zunächst verlegt werden, je nach Umständen 4—8 Wochen.

4. Der Steinschlagunterbau läßt sich unter Leitung eines sachkundigen, verständigen Wegewärterers in Alford durch Gelegenheitsarbeiter herstellen. Zunächst werden die Bordsteine gerichtet (aufgezogen), wenn nicht deren Umsetzung durch einen in Pflasterarbeiten geübten Mann erforderlich erscheint. Niedrigbordsteine müssen die Oberfläche des wieder festgewalzten Unterbaues um 7—9 cm überragen. Es schadet nicht, wenn die Kleinpflasteroberfläche zunächst 1—2 cm höher wie die Bordsteinkante zu liegen kommt. Die alte Steinschlagdecke muß in ihrer ganzen Fläche durch Aufhacken so weit gelockert werden, daß sich nach dem Regulieren des gelockerten Steinschlags überall eine gleichmäßig starke Lage Steinschlag befindet. Zur Ausgleichung etwa sich vorfindender größerer Unebenheiten ist ein Zuschuß von feinem Steinschlag zu verwenden, die Verwendung eines solchen Zuschusses indessen der Kosten wegen auf das wirklich notwendige Maß zu beschränken. Übrigens muß nach dem Regulieren des gelockerten Steinschlages Steinstück an Steinstück liegen, wie bei Deckschüttungen, da andernfalls der wieder festgewalzte Unterbau für das Kleinpflaster an seiner Oberfläche nicht überall gleiche Festigkeit erlangt.

5. Bei der Neuherstellung von Landstraßen mit Kleinpflaster genügt ein Makadam-Unterbau; die Herstellung einer Seppacklage ist nicht nötig. Bei lehmigem Unterboden muß indessen auch der Makadam-Unterbau eine Sandbettung erhalten. Ein ausreichendes Festwalzen des neuen Unterbaues wird unter allen Umständen erforderlich, damit im Unterbau nicht Senkungen eintreten, die sich in der Kleinpflasteroberfläche bemerkbar machen würden.

§ 88. Mittelpflaster (Fig. 119).

Genügt das Kleinpflaster den Anforderungen nicht mehr, will man der Fahrbahn eine noch größere Tragfähigkeit oder ein besseres Aussehen geben, so wählt man größere Steine von regelmäßiger Form. Diese Steine, etwa 10—12 cm hoch mit rechteckigem Kopf von 8—10 cm Breite und 14—16 cm Länge, versetzt man wie die Kleinpflastersteine in

eine dünne Sandschichte auf eine feste Unterbahn. Man erhält dann ein „Mittelpflaster“. Das Mittelpflaster hat das Aussehen eines gewöhnlichen Reihen- oder Großpflasters. Es unterscheidet sich von letzterem besonders dadurch, daß es niedrigere Steine hat, die nicht wie beim Großpflaster in eine starke Sandschichte, sondern in eine dünne Schichte Sand, welche aber auf einem unnachgiebigen Untergrunde ruht, verlegt werden. Die Herrichtung der Unterbahn, das Setzen und Rammen der Steine erfolgt genau wie beim Kleinpflaster.

Solche Mittelpflaster sind z. B. im Bezirk der hiesigen Landes-Bauinspektion mit gutem Erfolg auf solchen Strecken zur Ausführung gekommen, auf denen durch die stark belasteten Wagen Kleinpflastersteine zerdrückt worden sind.

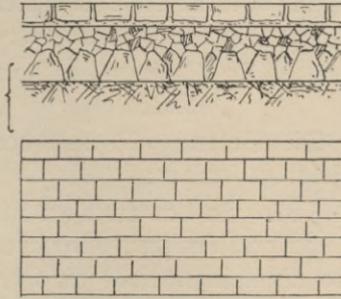


Fig. 119. Mittelpflaster.

§ 89. Klinkerpflaster (Fig. 120).

Klinkerbahnen sind wegen der zu geringen Widerstandsfähigkeit des Steines gegen Zerdrücken für schweren Verkehr nicht geeignet, für leichten, schnellen Verkehr dagegen angenehm. In den Küstengegenden Norddeutschlands, wo die natürlichen Steine fehlen, sind die Klinkerbahnen sehr verbreitet. Ostfriesland z. B. besitzt über 500 km Klinkerstraßen. In der hannoverschen Anweisung heißt es: (§ 142) Klinkerbahnen sind herzustellen, wo sie mit Rücksicht auf die Annehmlichkeit des Verkehrs den Vorzug verdienen, und die Kosten des Neubaus wie die Unterhaltung den für andere Bahnen aufzuwendenden Kosten annähernd gleichstehen.

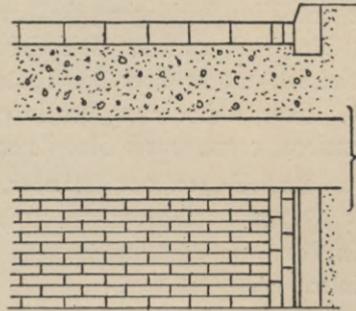


Fig. 120. Klinkerpflaster.

Der Klinker unterscheidet sich von den gewöhnlichen Backsteinen dadurch, daß er bis zum Sintern gebrannt und deshalb fester und wetterbeständiger ist. Zur Herstellung von Klinkern eignet sich eisenoxydhaltiger und kalkhaltiger Ton, weil solches Material leichter zum Sintern gelangt. Gute Klinker geben beim Zusammenschlagen einen hellen, metallischen

Klang. Man hat gelbe, rote, bläulich-rote und blaue Klinker. Die aus Klaierde und Sand hergestellten Steine (holländische) haben gelbe Farbe. Klinker aus Tonerde und Kiesel-erde (Oldenburger) sind blaurot; letztere bewähren sich beim Straßenbau am besten. Die Abmessungen sind je nach dem Herstellungsorte verschieden; laut Ministerialerlaß vom 24. Januar 1898 sind folgende Formate zu verwenden:

das Oldenburger Format $22 \times 10,5 \times 5$ cm,

„ Kieler „ $23 \times 11 \times 5,5$ „.

Die Bettung ist nach der hannoverschen Anweisung von 1860 wie folgt zu fertigen:

§ 87. In den Erdkasten ist eine Unterbettung von feinem Grande, Kies oder grobkörnigem, durchlassendem, die Feuchtigkeit nicht anziehendem Sande einzubringen, falls nicht der natürliche oder künstliche Untergrund aus solchem Material besteht.

§ 88. Die Unterbettung soll über die Breite des zu legenden Pflasters nach beiden Seiten 6 Zoll (15 cm) hinausreichen und je nach der Beschaffenheit des Untergrundes wie des Unterbettungsmaterials 9—18 Zoll (22—44 cm) stark sein.

§ 122. Die Unterbettung darf keine fremdartigen Bestandteile und an der Oberfläche keine grobkörnigen Geschiebe enthalten. Sie ist mit besonderer Sorgfalt und in genäßigtem Zustande zu dichten.

§ 123. Vor dem Einsetzen der Klinker ist die Unterbettung durch eine mit Eisen beschlagene, stellbare, konkave Schablone nach der Wölbung der Straße abzuziehen. Die Schablone wird zu dem Zwecke auf Latten fortbewegt, welche über die Bordsteine oder über die Läufer-schicht gelegt sind. Jede Auflockerung der so geregelten Unterbettung ist sorgfältig zu vermeiden, event. durch Nachstampfen wieder zu befestigen.

Das Setzen der Klinker. Hierüber heißt es:

§ 124. Klinkerbahnen sind stets mit Borden einzufassen. Diese sollen aus natürlichen Steinen und nur in deren Ermangelung aus Klinkern hergestellt werden.

§ 128. Klinkerbahnen erhalten $\frac{1}{5}$ — $\frac{2}{7}$ Zoll (0,5—0,7 cm) Wölbung nach der Kreislinie auf jeden Fuß (29 cm) der ganzen Breite.

§ 129. Die Klinker sind reihenweise, normal gegen die Bahnachse, auf die schmale Längenseite in gutem Verbande zu verlegen. Mit dem Einsetzen ist bei jeder Reihe von der Seite des erhöhten Banketts zu beginnen.

§ 133. Die Steine sind, namentlich in den Stoßfugen, scharf zusammenzusetzen.

§ 135. Sind auf einer Strecke von mindestens 5 Ruten (23,4 m) Länge die Steine eingesezt, so werden die Fugen mittels Brausen eingewässert und etwa hervorstehende Steine mit einer leichten hölzernen Stampfe in die Bodenfläche gebracht, auch zu tief stehende Steine sorgfältig ausgehoben und in die richtige Lage gesezt.

Sodann wird reiner Sand in dünnen Lagen übergestreut, mit Wasser übergossen und während des Gießens mit stumpfem Besen so lange hin und her gesezt, bis die Fugen vollständig gefüllt sind.

§ 137. Sind alle Fugen geschlossen, so ist die Bahn mit einer Sandlage, zunächst von $\frac{1}{2}$ Zoll (1,2 cm) Stärke, gleichmäßig zu überdecken. Später muß die Stärke dieser Decke auf $\frac{1}{4}$ Zoll (0,6 cm) ermäßigt werden.

§ 90. **Fahrbahnen aus verschiedenen Baustoffen.**

Von den vielen alten und neuen Fahrbahnbefestigungen für Landstraßen sollen nur die behandelt werden, welche bis jetzt die weiteste Verbreitung gefunden haben oder in der Neuzeit am meisten angewendet werden. Es sind dieses die Bahnen mit besonderen Fahrstreifen, und Schotterbahnen, bei denen die einzelnen Kleinschlagstücke durch Zement oder asphaltähnliche Stoffe miteinander verbunden werden.

1. Bahnen mit besonderen Fahrstreifen. Diese sind uralte. Schon in dem alten Pompeji hatten die Straßen besondere Fahrstreifen mit großen behauenen Steinplatten. Ganz ähnlich finden wir diese Streifen noch heute in vielen Städten Italiens. In Deutschland sind wohl zuerst hölzerne Fahrstreifen in den Gruben des Siegerlandes und am Harz für die „Grubenhunde“ verwendet worden, die dann später in England Eingang fanden und dort zur Erzeugung der jetzigen Eisenbahnschienen Veranlassung gaben. Seit einer Reihe von Jahren werden in Deutschland auch auf den Landstraßen eiserne oder richtiger stählerne „Fuhrwerksgleise“ verlegt, welche von den verschiedensten Straßenfuhrwerken befahren werden. Der Bochumer Verein für Bergbau und Gußstahlfabrikation hat über 500 km solcher stählernen Fuhrwerksgleise geliefert und die Aktiengesellschaft Phönix viele Kilometer „Wegeschienen“, System Gravenhorst, welche letztere besonders in der Provinz Hannover Verwendung fanden.

Durch die Fuhrwerksgleise sollen die Verkehrskosten, d. h. die Kosten für die Unterhaltung der Straße und für den Transport der Lasten ermäßigt werden. Daß bei der festen, ebenen und glatten Stahlschiene die Bewegungswiderstände und somit die Transportkosten geringer sind als bei jeder anderen Fahrbahnbefestigung, zeigt uns täglich die Eisenbahn. Aber auch die Neubau- und Unterhaltungskosten einer Fahrbahn

mit Fuhrwerksgleisen können geringer werden als die bei anderen Fuhrbahnbefestigungen, nämlich dann, wenn das Steinmaterial unter dem Druck der Wagenräder plötzlich zertrümmert wird, also bei besonders schwerem Verkehr. Auch durch andere, besondere Verhältnisse können die Kosten beeinflusst werden.

Fig. 121 zeigt eine solche Schiene (System Gravenhorst), die in der Provinz Hannover gebräuchlich ist. In dieser Provinz sind solche Fuhrwerksgleise in Großpflaster und in Kleinpflaster verlegt worden, bei ersterem auf Sandbettung mit Unterbau aus flach gelegten Klinkern, bei letzterem auf Steinschlagunterbau. Nachdem die alte Fuhrbahn zur Aufnahme des Gleises entsprechend vorbereitet ist, wird zunächst der Hohlraum der Schienen mit Beton gefüllt. Die Schiene wird zu dem Ende mit dem Hohlraum nach oben gelegt, der Beton wird eingebracht, festgestampft und sofort mit einer dünnen Zementmörtelschichte abgeglichen. Nach hinreichender Erhärtung des Betons wird die Schiene umgeklappt und an die bereits gelegte Schiene herangeschoben und mit letzterer ver-



Fig. 121. Fuhrwerksgleis.

bunden. Zwischen den Schienen und neben denselben wird die Fuhrbahn alsdann wieder mit Klein- oder Großpflaster befestigt.

2. Fuhrbahnen aus Kleinschlag und Zement. Solche Fuhrbahnen sind nach den Berichten des internationalen Straßen-Kongresses in Brüssel (1910) in Belgien mit Erfolg wie folgt ausgeführt worden. Bei der Neudeckung einer alten Schotterbahn wird auf den vorher bloß gelegten Steingrund eine erste Schicht von Steinschlag ausgebreitet, die gründlich festgewalzt und hernach 3,5 cm hoch mit Mörtel bedeckt wird. Die zweite Schicht Kleinschlag wird alsdann nach Maßgabe des auszuführenden Profils darüber geschüttet und so lange festgewalzt, bis der Mörtel an der Oberfläche sichtbar wird. Sobald das Walzen beendet ist, breitet man eine sehr dünne Schicht Schlackensand über die Decke aus. Ist die Arbeit gut ausgeführt, so sind die beiden Steinschlagschichten zu einer einzigen widerstandsfähigen und undurchlässigen Betonplatte vereinigt, worin der Kleinschlag fest in den Mörtel eingebettet ist. Die innere Abnutzung der Beschotterung ist vollständig unterdrückt.¹⁾

Das Verfahren hat Ähnlichkeit mit den Beton Gründungen der alten Römer. Nach dem Handbuch der Architektur brachten die Römer in die

¹⁾ Näheres habe ich angegeben in „Zement und Beton“ 1911, S. 633.

Baugrube zunächst eine Lage Mörtel, dann eine Schicht Kleinschlag. Der Kleinschlag wurde gestampft bis der Mörtel sichtbar ward, dann folgte wieder eine Mörtelschicht, hierauf eine Schicht Kleinschlag usw.

Die eigentlichen Betonstraßen haben mehr in den Städten Anwendung gefunden und sollen deshalb bei den städtischen Straßen besprochen werden.

3. Fahrbahnen aus Kleinschlag mit asphaltähnlichen Stoffen (Teermafadam). Wie durch den Zement, so sollen auch durch asphaltähnliche Stoffe die Schotterbahnen besser dem gemischten Verkehr der Neuzeit angepaßt, namentlich soll die Haltbarkeit der Fahrbahn erhöht, die Staubbildung aber vermindert werden. In Deutschland erfolgt die Befestigung meist durch

- das Neberli-Verfahren,
- „ Quarrite-Verfahren,
- „ Nassauer Verfahren.

Alle Verfahren werden in Deutschland noch nicht so lange angewendet, daß sich ein endgültiges Urteil über deren Brauchbarkeit fällen läßt.

a) Neberli-Verfahren.¹⁾ Der ganz trockene Kleinschlag wird gut erhitzt und völlig mit heißem Teeröl überzogen; darauf wird der so vorbereitete Schotter in Haufen gesetzt und gut mit Sand bedeckt. In diesem Zustande bleibt derselbe etwa 3 Wochen unberührt liegen, und während dieser Zeit bildet sich Weichpech, das sehr große Adhäsion besitzt. Der Weichpechschotter wird sodann auf die Packlage in Stärke von 2—3 Seitenlängen des Schotters, also 8—14 cm dicker Lage eingewalzt und alsdann während 3—4 Tagen der Einwirkung der Luft und der Sonne ausgesetzt. Während dieser Zeit bildet sich Hartpechschotter, so daß nunmehr durch festes Aneinanderleben der Schotterflächen und Erhärtung des Weichpechs zu Hartpech eine durchaus dichte und feste Schotterlage erreicht ist. Auf diese Schotterlage bringt Neberli schließlich durch Einwalzen eine in gleicher Weise behandelte Splittschicht von 3—5 cm Stärke.

b) Quarrite-Verfahren D.-R.-P.²⁾ Das „Quarrite“ ist bisher in besonderen Fabrikanlagen vorbereitet worden. Dort werden Steine verschiedener Größe (1—5 cm) in eine besonders präparierte Teermischung eingehüllt, nachdem sie vorher durch Erhitzen vollständig getrocknet und vom anhängenden Schmutz und Staub befreit sind. Es werden nur Hartgesteine verwendet. Um ein inniges Gemenge zu erhalten, wird dem

¹⁾ Nach dem Bericht 2 des II. internationalen Straßen-Kongresses in Brüssel (1910).

²⁾ Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau 1910, S. 383.

für die Quarrite-Decke zu verwendendem Grobschlag schon bei der Leerung Splitt, Grus und Sand beigegeben. Außerdem werden Steingrus und Sand noch besonders geteert. Das so vorbereitete Material wird nach der Verbrauchsstelle befördert und dort kalt eingebaut. Das Quarrite (Grob Schlag, untermengt mit Stein Splitt, Grus und Sand) wird in rund 8 cm Stärke ausgebreitet, mit präpariertem Stein Splitt von etwa 2 cm abgeglichen und mit einer 4—6 t schweren Walze abgewalzt. Dann wird eine 1—2 cm starke Schichte von etwa 1 cm dicken präparierten Stein stücken aufgetragen und wie vor abgewalzt. Endlich folgt eine 1 cm starke Deckschicht aus 2—6 mm dicken, präpariertem Sand, die ebenfalls wieder gewalzt wird. Nach dem Walzen wird die Decke dem Verkehr übergeben.

c) Das Nassauer Verfahren. Dieses unterscheidet sich von dem Quarrite-Verfahren im wesentlichen dadurch, daß die zu verwendenden Steinforten jede für sich mit Pechteer umhüllt werden, und zwar auf der Verbrauchsstelle, kurz vor der Verwendung, und daß zur Befestigung schwerere Dampf walzen in Anwendung kommen. Verwendet werden auf 1 Teil Kleinschlag von 40—55 mm Größe $\frac{1}{2}$ Teil Grobsplitt von 15—30 mm und $\frac{1}{4}$ Teil Grus von 5—15 mm Korn. In der Mischmaschine gelangen die Steine erst zur Leerung, nachdem sie gut getrocknet, erwärmt und soweit gereinigt und entstaubt sind, als für den gegebenen Zweck füglich verlangt werden kann.

Das Einbauen geschieht wie folgt: Zunächst wird der Kleinschlag „granuliert“, d. h. es werden 1 Teil geteertes Kleinschlag mit $\frac{1}{4}$ Teil geteertem Grus (Gruben-Pochsand) gemischt. Dann wird Grobsplitt und granulierter Kleinschlag etwa 6 cm hoch auf den gut befestigten Unterbau der Fahrbahn gebracht, mit Grus und Splitt abgeglichen und mit einer 12—15 t schweren Walze eingewalzt. Nach dem wird eine gleiche Oberlage aufgetragen; diese wird wieder mit Grus abgeglichen und gewalzt. Endlich soll möglichst bald ein Teerguß aufgebracht, mit scharfem Sande leicht abgedeckt und zum Schluß noch einmal gewalzt werden.

Bei allen Verfahren werden die Steine von verschiedener Korngröße gemischt, denn bei den geteerten Steinen gelingt die Dichtung nur mit einem solchen Gemisch, wie durch den Pariser Straßenkongreß festgestellt worden ist.

β) Verschiedene Oberbauteile.

§ 91. Sommer- und Reitwege.

Sommerwege werden in der Regel an der Süd- und Ostseite der Steinbahn angelegt, um der Sonne mehr ausgesetzt zu sein und besser

auszutrocknen. Das dem Graben zugekehrte Seitengefälle soll nach der preussischen Instruktion 0,04—0,05, nach der hannoverschen Anweisung in der Regel 0,02—0,04 betragen, doch bei starkem Längengefälle, wenn ein Ausspülen des Sommerweges in der Längsrichtung zu befürchten ist, bis 0,07 gesteigert werden. Ein weiteres Mittel, um Auspülungen zu verhindern, ist die Anbringung von Büßten aus Erde oder Rasen quer zur Bahn in angemessenen Abständen oder von Steinschlagstreifen von 0,5—1,0 m Breite, deren wellenförmiger Rücken über die Ebene des Sommerweges ein wenig hervortritt. Eine Befestigung des Sommerweges unterbleibt gewöhnlich; mitunter erhalten lehmige Wege eine Lage Kies, sandige Wege einen Lehmzusatz.

Leichtere Fuhrwerke, Reiter, Viehherden werden mit Vorliebe den Sommerweg aufsuchen, denn bei guter Witterung ist für solche ein Sommerweg bequemer als eine Steinbahn, die Bewegung ist elastischer, die Fuhrwerke leiden weniger von den Stößen, die Hufe werden weniger angegriffen als auf der Steinbahn. Als Nachteil der Sommerwege ist zu bezeichnen, daß Sommerwege die Entwässerung der Steinbahn verschlechtern.

Reitwege. Wenn für den Reiterverkehr besondere Wege hergestellt werden und die natürliche Beschaffenheit des Bodens den Anforderungen nicht genügt, so pflügt man dieselben mit grobem Sand oder mit feinem Kies zu überschütten.

§ 92. Bankette, Fuß- und Radfahrwege.

Die Bankette erhalten, wie der Sommerweg, ein Quergefälle von 6 cm auf 1 m (Gefälle = 0,06); bei einer Breite von 1,5 m liegt also die Kronenkante der Straße $1,5 \times 6 = 9$ cm tiefer als die Kante der Steinbahn oder des Sommerweges. Eine Straße mit Sommerweg hat ein Bankett, eine Straße ohne Sommerweg zwei. Ist nur ein Bankett vorhanden, so dient dies stets als Fußweg; bei zwei Banketten wird das eine als Fußweg, das andere als Materialienbankett benutzt.

Für die Herstellung der Materialienbankette genügt das Ein-ebnen der Oberfläche. Das Quergefälle ist wie bei den Sommerwegen anzunehmen. Mitunter werden die Bankette mit Rasen bedeckt; die Straße erhält dadurch ein freundliches Aussehen, die Staubbildung wird vermindert, die Erträge aus der Grasnutzung werden erhöht. Es muß aber für den Wasserabfluß gesorgt werden.

Fußwege werden bei Landstraßen meist in gleicher Höhe mit der Fahrbahn selbst gelegt; man benutzt in diesem Falle das die Steinbahn begrenzende Erdbankett. Man begnügt sich in der Regel damit, dieses

Bankett einzuebnen; nur in der Nähe der Ortschaften findet eine der Beschaffenheit des Bodens entsprechende Bedeckung mit Sand, Kies, Kohlenschlacke u. dergl. statt. Weil das auf der Straßenfläche sich sammelnde Wasser über das Bankett abfließt, so ist ein solches Bankett

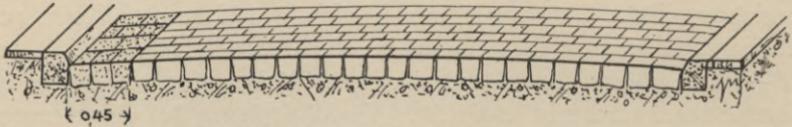


Fig. 122. Radfahrweg in Hannover.

bei nassem Wetter wenig für den Verkehr geeignet. Dort, wo lebhafterer Fußgängerverkehr herrscht, oder wo es der leichteren Reinhaltung wegen erforderlich ist, oder endlich neben Klinkerstraßen wird der Fußweg gegen die Fahrbahn erhöht und durch einen „Bordstein“ abgegrenzt.

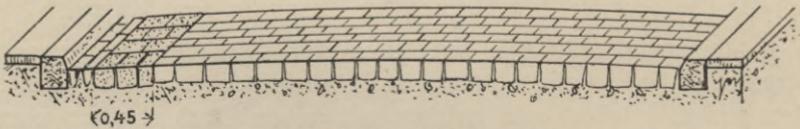


Fig. 123. Radfahrweg in Hamburg.

Radfahrwege. Es wäre wünschenswert, wenn für die unsere Landstraßen unsicher machenden Rad- und Automobilfahrer besondere Wegestreifen abgetrennt werden könnten. Bei Straßen, welche mit Reitwegen oder Sommerwegen versehen sind, erscheint es wohl möglich, ohne

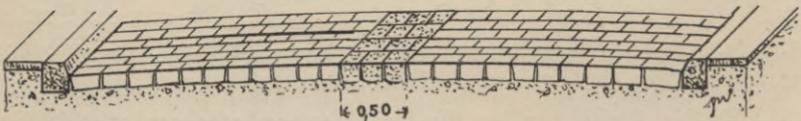


Fig. 124. Radfahrweg in Bremen.

große Ausgaben besondere Wegestreifen wenigstens für die Radfahrer zu schaffen, bei vielen Straßen ist jedoch eine solche Abtrennung undurchführbar. Wird ein besonderer Radfahrweg vom sonstigen Verkehr abgetrennt, so darf derselbe keine zu plötzlichen Erhöhungen und Senkungen aufweisen; er muß eine möglichst ebene Oberfläche haben, damit keine stärkeren Erschütterungen für das Fahrrad eintreten. In einzelnen Städten

sind besonders ebene Pflasterstreifen für die Radfahrer in das Straßenpflaster eingelegt. Diese aus Mansfelder Kupferschlacke gefertigten Pflasterstreifen befinden sich z. B. in Hannover am Bordstein (Fig. 122), in Hamburg 30 cm vom Bordstein entfernt (Fig. 123), in Bremen in der Mitte der Fahrbahn (Fig. 124).

c) Bauwerke.

Die Bauwerke aus Beton, Stein, Holz oder Eisen werden auch Kunstbauten genannt, gegenüber den einfacheren, kunstloseren Bauten der Straßen. Zu den Bauwerken oder Kunstbauten zählen namentlich die Durchlässe und Brücken und die Futter- und Stützmauern oder die Stützwände. Der Bau der Durchlässe und Brücken wird in Band II besonders behandelt, hier soll nur die allgemeine Anordnung dieser Bauwerke, die Herstellung der einfachsten Röhrendurchlässe, und dann der Bau der Stützwände beschrieben werden.

§ 93. Über Durchlässe und Brücken.

Die Durchlässe dienen meist zum Durchlassen kleiner Wassermengen durch den Straßenkörper. Man unterscheidet Querdurchlässe und Seitendurchlässe. Querdurchlässe werden erforderlich, wenn von der Straße Bodensenkungen überschritten werden, in denen beständig oder zeitweilig Wasser fließt, oder wenn das in den Gräben längs der Straße hinfließende Tage- und Grundwasser unter der Straße hindurch nach der anderen Seite abgeleitet werden soll. Seitendurchlässe dienen dazu, den Wasserlauf in einem Straßengraben offen zu halten, über den eine Abfahrt geführt werden soll. Der Seitendurchlaß unter einer solchen Abfahrt wird entbehrlich, wenn unmittelbar an der oberen Seite dieser Abfahrt ein Querdurchlaß eingebaut wird.

Die Größe der Durchflußöffnung wird bedingt durch die abführende Wassermenge und das Gefälle, aber auch durch die Rücksicht auf die Reinigung des Bauwerks. Die abzuführende Wassermenge kann annähernd ermittelt werden aus der Größe und Beschaffenheit des Wassersammelgebiets, wie in meiner „Hydraulik und ihre Anwendung in der Kulturtechnik“ näher angegeben ist, und auch in Band II unter „Brückenbau“ noch näher erläutert wird. Für mittlere Verhältnisse kann die Durchflußweite kreisrunder Zementröhrendurchlässe aus nachstehender Tabelle entnommen werden. In Ortschaften und Städten kann die abzuführende Wassermenge auf das Doppelte, ja auf das Sechsfache steigen; für solche Durchlässe darf daher das Wassersammelgebiet nur einen Teil der in der Tabelle angegebenen Größe betragen.

Tabelle 45.

Über die Wassersammelgebiete in Sektar für die verschiedenen Gefälle J und Rohrdurchmesser D.¹⁾

D cm	J = 0,10	J = 0,08	J = 0,06	J = 0,04	J = 0,02	J = 0,01	J = 0,005	J = 0,002
0,2	8,6	7,7	6,7	5,4	3,8	2,7	1,9	1,2
0,3	27,1	24,0	20,7	16,9	12,0	8,5	6,0	3,8
0,4	59,7	53,5	46,3	37,8	26,6	18,9	13,4	8,5
0,5	110,0	98,7	85,5	70,0	49,2	34,9	24,6	15,6
0,6	183,0	164,0	142,0	116,0	81,6	57,8	40,8	25,9
0,7	276,0	247,0	213,0	174,0	123,0	87,5	61,8	29,2

Ein Zementröhrendurchlaß von 0,5 m Durchmesser kann z. B. bei 0,06 Gefälle das Wasser von 85,5 ha abführen.

Bei kleineren Gebieten, wie sie für die meisten Straßendurchlässe vorkommen, werden die für den Abfluß erforderlichen Abmessungen meist so gering, daß man aus praktischen Gründen davon abgehen muß. Die lichte Weite eines Durchlasses muß nämlich immer so bemessen sein, daß eine Reinigung möglich ist. Sind die Durchlässe nicht lang (nicht über 10 m), so genügt eine Weite von 0,30 m; solche Bauten, die unter hohen Anschüttungen liegen, müssen wenigstens das Durchkriechen gestatten, wozu eine lichte Öffnung von etwa 0,6 m Durchmesser erforderlich ist. — Nach der preussischen Instruktion über den Bau der Straßen sollen gemauerte Durchlässe nicht weniger als 0,5 m Breite und 0,5 m Höhe, Rohre mindestens 0,25 m Durchmesser haben.

Die Durchlässe sind stets so anzulegen, daß sie sich rein spülen, d. h. so, daß die Geschwindigkeit des Wassers im Durchlaß größer ist als im Zuflußgraben. Selbstredend darf auch der Vorflutgraben den Abfluß aus dem Durchlaß nicht hindern, weil sonst die Wassergeschwindigkeit im Durchlaß abnimmt, was eine Verschlammung des Bauwerks zur Folge hat.

¹⁾ Die Tabelle ist für eine Abflußmenge von 10 sl/ha berechnet worden nach den Formeln:

$$Q = F v = F k \sqrt{R} \sqrt{J}, \quad (56)$$

$$k = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}}, \quad (57)$$

$$Q = \frac{19,6 D^3}{0,35 + 0,5 \sqrt{D}} \cdot \sqrt{J}, \quad (58)$$

in denen Q die sekundliche Wassermenge in Kubikmetern, R den Profilradius = $\frac{D}{4}$ und F den Rohrquerschnitt in Quadratmetern bedeutet.

Brücken. Wenn tunlich, soll die Straße so über einen Wasserlauf geführt werden, daß folgenden Anforderungen genügt werden kann:

1. Die Straße soll den Wasserlauf rechtwinklig schneiden, dann wird die Brücke „gerade“; eine gerade Brücke ist aber stets einfacher und billiger als eine schiefe.
2. Die Straßenkrone (Gradiente) soll so hoch über dem Hochwasserspiegel liegen, daß eine Brücke ohne besondere Auffahrtsrampen gebaut werden kann.
3. Die Baustelle für die Brücke muß in einer regelmäßigen Flußstrecke liegen, starke Krümmungen gleich oberhalb oder unterhalb der Brücke dürfen nicht vorkommen, weil sonst Veränderungen des Wasserlaufs und Auskolkungen zu befürchten sind.
4. Es muß geeigneter Baugrund vorhanden sein.

Die Breite der Brücke richtet sich nach der Breite der Straße, die Größe der Durchflußöffnungen besonders nach der abzuführenden Wassermenge, nach dem Baustoff, aus dem die Brückenträger gebildet werden sollen, und nach der verfügbaren „Konstruktionshöhe“. Näheres wird in Band II bei „Brückenbau“ angegeben.

§ 94. Stützwände.

In steilerer Böschung als dem natürlichen Böschungswinkel entspricht, vermag sich die Erde nur dann zu halten, wenn sie durch eine Wand gestützt wird. Eine solche Wand nennt man im allgemeinen eine „Stützwand“. Eine gemauerte Stützwand heißt Stützmauer, wenn sie angeschütteten, und Futtermauer, wenn sie gewachsenen Boden zu stützen hat. Seitlich auf die Stützwand wirkt der „Erddruck“.

1. **Der Erddruck.**¹⁾ Die genaue Größe des Erddrucks ist uns unbekannt. Für die Untersuchung der Standfähigkeit einer Futtermauer genügt die Ermittlung des Erddrucks nach folgender Berechnung oder Zeichnung.

Bezeichnet

E den Erddruck in t ,

h die Höhe der Stützwand in m ,

γ das spezifische Gewicht der gestützten Erde,

φ den natürlichen Böschungswinkel,

so ist

$$E = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right). \quad (59)$$

¹⁾ Müller-Breslau, Erddruck auf Stützmauern 1906.

Setzt man

$$\frac{1}{2} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \beta,$$

so wird

$$E = \beta \gamma h^2. \quad (60)$$

Für die gebräuchlichsten Böschungsverhältnisse kann β aus folgender Tabelle entnommen werden.

Tabelle 46.

Böschungss-		β
Verhältnis	Winkel	
1 : 1	45°	0,085
1 : 1 ¹ / ₄	38° 40'	0,115
1 : 1 ¹ / ₂	33° 40'	0,143
1 : 1 ³ / ₄	29° 45'	0,168
1 : 2	26° 25'	0,190

Das spezifische Gewicht γ und das Böschungsverhältnis betragen nach Rheinhard's Ingenieur-Kalender:

Tabelle 47.

Erddart	Im Einschnitt		In der Auffüllung	
	Böschungss- verhältnis	spezifisches Gewicht γ	Böschungss- verhältnis	spezifisches Gewicht γ
Grobes Geröll, Schotter .	1 : 1—1 : 1 ¹ / ₄	1,6—1,8	1 : 1—1 : 1 ¹ / ₄	1,6—1,8
Ries	1 : 1—1 : 1 ¹ / ₂	1,5—1,7	1 : 1 ¹ / ₄ —1 : 1 ¹ / ₂	1,4—1,6
Sand, leichter Boden .	1 : 1 ¹ / ₂	1,4—1,8	1 : 1 ¹ / ₂ —1 : 1 ³ / ₄	1,4—1,8
Geröll mit Lehm, Lehm, Mergel, trockner Ton .	1 : 1—1 : 1 ¹ / ₂	1,7—2,0	1 : 1 ¹ / ₄ —1 : 1 ³ / ₄	1,5—1,8
Lehm und Ton, weich .	1 : 1 ³ / ₄ —1 : 2	1,8—2,0	1 : 2—1 : 2 ¹ / ₂	1,7—1,9

Beispiel: Wie groß wird der Erddruck bei einer Futtermauer von 4 m Höhe und 1 m Länge, wenn $\gamma = 1,6$ und $\varphi = 38^\circ 40'$ gesetzt wird?

$$E = 0,115 \cdot 1,6 \cdot 4,0^2 = 2,94 \text{ t.}$$

Nach Rebhann findet man die Größe des Erddrucks durch Zeichnung wie folgt: Man zieht (in Fig. 125) die Linie AM unter φ gegen die Horizontale, sodann BR unter $1 \frac{2}{3} \varphi$ gegen AB, schlägt über AM einen Halbkreis und zieht QR senkrecht zu AM. Ferner zeichnet man AN=AQ, zieht NO=a parallel BR und SN=ON, so ist Dreieck NOS das Erd-

druckdreieck. Ist die Länge der Mauer gleich 1 m, so ist der Erddruck E gleich dem Gewichte eines Erdprismas von 1 m Länge und dem Querschnitt NOS.

Ist der Erdkörper belastet, so wird die Last ersetzt durch eine gleich schwere Erdschicht von der Höhe h_1 (Fig. 126). Die Verkehrsbelastungshöhe beträgt für Fußsteige und Nebenwege 0,20 m, für die Bahnhöfen von Nebenstraßen 0,35 m, für solche von Hauptstraßen und Dampfstraßenbahnen 0,8 m bei einer Mauerhöhe bis 3,0 m, und 0,5 m bei einer Mauerhöhe von 5,0 m und mehr.

Man findet nun den Erddruck nach der angegebenen Formel oder Zeichnung, indem man denselben zunächst für die Höhe AB_1 ermittelt (Fig. 126) und von diesem Erddruck den auf die Stützwand entfallenden Teil bestimmt wie folgt:

Aus Formel 60 ergibt sich, daß der Erddruck wächst mit dem Quadrat der Höhe. Man kann daher die Verteilung des Erddrucks über die Stützwand darstellen durch ein Dreieck $\alpha\beta\gamma$ (Fig. 126). Bei unbelastetem Erdkörper wirkt das ganze Dreieck auf die Stützwand, bei belastetem Erdkörper nur der schraffierte Teil (das schraffierte Trapez).

Beispiel: Die vorberechnete 4,0 m hohe Futtermauer hat einen Erdkörper zu stützen, der durch eine 0,6 m hohe Erdschicht belastet wird. Welchen Druck erhält die Mauer?

Es ist zunächst

$$E = 0,115 \cdot 1,6 \cdot 4,6^2 = 3,89 \text{ t.}$$

Weil der Erddruck mit dem Quadrat der Höhe wächst, so bleibt als Druck gegen die Mauer

$$E_1 = \left[1 - \left(\frac{0,6}{4,6} \right)^2 \right] 3,89 = 0,983 \cdot 3,89 = 3,82 \text{ t.}$$

Der Angriffspunkt des Erddrucks liegt beim unbelasteten Erdkörper im Schwerpunkt des Dreiecks $\alpha\beta\gamma$, beim belasteten Erdkörper im

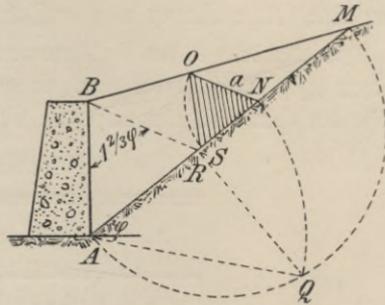


Fig. 125. Erddruck.

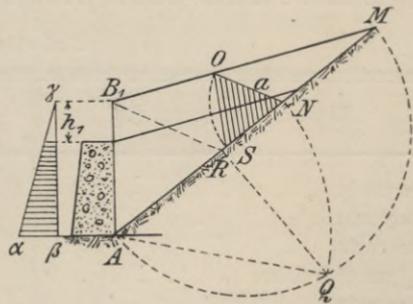


Fig. 126. Erddruck bei Verkehrslast.

Schwerpunkt des (schrägten) Trapezes. Die Richtung des Erddrucks wird in der Regel angenommen unter einem Winkel von $90^\circ - \frac{2}{3} \varphi$ gegen die Rückwand der Mauer (Fig. 128).

2. Querschnittermittelung. Meist wird der Querschnitt einer Stütz- oder Futtermauer nach Erfahrungsregeln bestimmt; manchmal untersucht man eine solche Mauer noch auf ihre Standfähigkeit.

Die Stärke b der Vollmauern mit senkrechten Stirn- und Rückenflächen (Fig. 127) findet man, wenn h die Höhe der Mauer und h_1 die Höhe der Hinterfüllung über die Mauerkrone bedeutet, aus

Tabelle 48.

h_1	b	h_1	b
0	0,33 h	1,00 h	0,46 h
0,25 h	0,39 h	2,00 h	0,50 h
0,50 h	0,42 h	∞	0,56 h

Aus dieser Tabelle können auch die Stärken der Mauern und geneigten Stirnen und Rücken abgeleitet werden. Bezeichnet

1 : n die Neigung der Stirne,

1 : m " " des Rückens,

b_1 die untere Dicke der Mauer,

so hat man Mauern gleicher Standfähigkeit aus

Tabelle 49.

Richtung der Lagerfugen	1 : n	1 : m	b_1
Wagerecht	1 : 0	1 : 0	1 b
Wagerecht	1 : $\frac{1}{10}$	1 : 0	0,93 b
Wagerecht	1 : $\frac{1}{5}$	1 : 0	0,96 b
⊥ zur Stirnfläche	1 : $\frac{1}{5}$	1 : 0	0,89 b
Wagerecht	1 : $\frac{1}{5}$	1 : $\frac{1}{10}$	0,70 b
⊥ zur Stirnfläche	1 : $\frac{1}{5}$	1 : $\frac{1}{10}$	0,67 b

Die Mindeststärke muß bei einer Mauer aus Steinen etwa 0,45 m betragen.

Beispiel: Welche Stärke erhält eine Futtermauer von 4,0 m Höhe, wenn $h_1 = 1,0$ m beträgt, die Mauerstirn 1 : $\frac{1}{5}$ geneigt ist und die Lagerfuge eine wagerechte Richtung hat?

Es ist $h_1 = 0,25 h$, demnach $b = 0,39 h = 0,39 \cdot 4,0 = 1,56$ m, die untere Breite der Mauer $b_1 = 0,96 b = 0,96 \cdot 1,56 = 1,50$ m. Der Querschnitt F_1 der Mauer beträgt 4,4 qm.

In der hannoverschen Anweisung von 1860 heißt es:

§ 260. Die Stärke einer Futter- und Stützmauer, welche keinem Überdruck zu widerstehen hat, ist im Verhältnis zu ihrer Höhe, nach dem natürlichen Böschungswinkel des zu stützenden Erdreiches, unter Berücksichtigung der Bodenbeschaffenheit und des verfügbaren Mauermaterials in der Regel auf folgende Weise zu bestimmen:

Von der Länge der Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen lotrechte Kathete gleich ist der Höhe der Mauer über dem Fundamente, dessen Basis gleich ist der dieser Höhe entsprechenden Ausladung der natürlichen Erdböschung, soll die obere Mauerdicke betragen:

$\frac{1}{6} - \frac{1}{5}$, wenn die Stirnseite der Mauer lotrecht steht,

$\frac{1}{7} - \frac{1}{6}$, wenn sie bis $\frac{1}{12}$ Anlauf hat,

$\frac{1}{8} - \frac{1}{7}$, wenn sie $\frac{1}{12} - \frac{1}{8}$ Anlauf hat,

$\frac{1}{9} - \frac{1}{8}$, wenn sie $\frac{1}{8} - \frac{1}{6}$ Anlauf hat.

Jedoch darf die obere Mauerdicke nie geringer sein als $1\frac{1}{2}$ Fuß (0,45 m). Die Rückseite der Mauer soll in diesen Fällen stets lotrecht sein.

§ 261. Die mittlere Stärke der Mauer soll gleich $\frac{1}{2}$ ihrer Höhe sein, wenn anzunehmen ist, daß der natürliche Zusammenhang des zu stützenden Erdreiches durch Eindringen von Nässe ganz aufgehoben werden kann.

§ 262. Soll die Mauer einem Überdrucke oder bedeutenden von oben wirkenden Erschütterungen widerstehen, so ist ein entsprechender Zusatz zu den oben angegebenen Mauerstärken zu nehmen.

§ 264. Trockene Futter- und Stützmauern sollen, nach Beschaffenheit des Materials, um ein Viertel bis um die Hälfte stärker sein als die in Mörtel ausgeführten.

Beispiel: Welche obere Dicke erhält eine Futtermauer von 4 m Höhe, wenn die natürliche Erdböschung $1:1\frac{1}{4}$ beträgt und die Stirnseite der Mauer $\frac{1}{10}$ Anlauf hat?

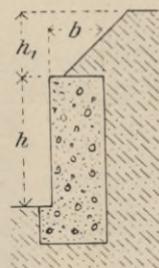


Fig. 127. Futtermauer.

Es ist die lotrechte Kathete (Höhe der Mauer) = 4,0 m und die wagerechte Kathete (Ausladung der Erdböschung) = $1\frac{1}{4} \cdot 4,0 = 5,0$ m, folglich die Länge der Hypotenuse:

$$l = \sqrt{4^2 + 5^2} = 6,4 \text{ m}$$

und die obere Mauerdicke:

$$d = \frac{1}{8} \cdot 6,4 = 0,8 \text{ m.}$$

Statt der Vollmauer verwendet man, namentlich bei größeren Höhen, vorteilhaft gegliederte Mauern, Kästen aus Eisenbeton, die mit Kies oder ähnlichen schweren Stoffen gefüllt sind, oder Winkelstützwände, das sind Stützwände von \perp - oder \llcorner -Form, ebenfalls aus Eisenbeton hergestellt und durch Erde belastet. Größere Winkelstützwände erfordern etwa $\frac{1}{5}$ vom Querschnitt der Vollmauern. Es kann demnach 1 cbm Eisenbeton in der Winkelstützwand 5mal soviel kosten wie 1 cbm Beton oder Mauerwerk in der Vollmauer.

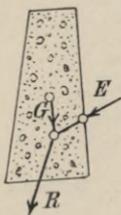


Fig. 128. Mittelkraft.

Stützwände, die für sich allein nicht standfähig sind, werden durch Zuganker gehalten oder durch Streben gestützt. Sind die Streben hinderlich, so müssen sie überbaut werden.

Statische Untersuchung der Stützmauer. Bereinigt man den Erddruck E und das Mauergewicht G der Fig. 129 entsprechend und zieht die „Schlußlinie“ im „Kräftedreieck“, so erhält man die Mittelkraft R. Die größte Höhe P_1 des Kräfte Dreiecks ergibt dann die größte

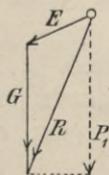


Fig. 129. Kräfte Dreieck.

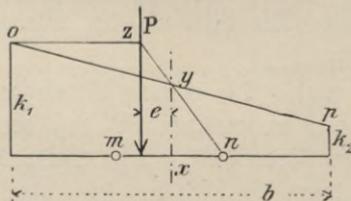


Fig. 130. Kräfteverteilung.

Vertikalkraft. Bringt man in Fig. 128 den Erddruck E mit dem im Schwerpunkt des Mauerquerschnittes angreifenden G zum Schnitt und zieht R, so durchschneidet R die Fundamentfuge. In diesem Schnittpunkt liegt alsdann die Mittelkraft sämtlicher Vertikaldrücke, denen das Fundament ausgesetzt ist. Weil P_1 nicht durch die Mitte der Fundamentfuge hindurchgeht, so drückt die Mauer das Fundament ungleichmäßig; der größte Druck auf die Flächeneinheit wirkt an der vorderen, der kleinste an der hinteren Mauerfante, dort entstehen die „Randspannungen“.

Die Randspannungen kann man finden durch Zeichnung oder durch Rechnung. In Fig. 130 sei b die Breite der Mauer und P der Vertikaldruck für 1 cm Mauerlänge. Man teilt die Breite b durch die Punkte m und n (Kernpunkte) in drei gleiche Teile, zieht in der Mitte der Fundamentfuge die Lotrechte $xy = \frac{P}{b}$, legt durch n und y eine Gerade, welche P in z schneidet und zieht die Wagerechte zo , so erhält man die größte Randspannung k_1 . Legt man noch durch o und y eine Gerade oy , so hat man auch die kleinste Randspannung k_2 . Geht P durch den Kernpunkt m , so wird $k_2 = 0$.

Die Randspannungen k_1 und k_2 sind, wenn P im inneren Drittel der Fundamentfuge bleibt, und e der Abstand der Kraft P von der Fugenmitte ist:

$$k_1 = \frac{P}{b} \left(1 + \frac{6e}{b} \right), \quad (61)$$

$$k_2 = \frac{P}{b} \left(1 - \frac{6e}{b} \right). \quad (62)$$

Aus diesen Formeln ergibt sich wieder, daß $k_2 = 0$ wird, wenn P durch einen Kernpunkt geht, mithin $e = \frac{b}{6}$ wird. (Tritt P aus dem inneren Drittel der Fundamentfuge heraus, so bleibt ein Teil des Fundamentes unbelastet.)

Beispiel: Es sei $P = 375$ kg, $b = 150$ cm und $e = 15$ cm, so wird

$$k_1 = \frac{375}{150} \left(1 + \frac{6 \cdot 15}{150} \right) = 4 \text{ kg/qcm,}$$

$$k_2 = \frac{375}{150} \left(1 - \frac{6 \cdot 15}{150} \right) = 1 \text{ kg/qcm.}$$

Wird die vorberechnete Mauer „unterschnitten“ derart, daß b nur noch 100 cm breit ist, so geht P durch die Mitte der Fundamentfuge, diese wird gleichmäßig belastet mit

$$k = \frac{375}{100} = 3,75 \text{ kg/qcm.}$$

Wie für die Fundamentfuge die Spannungen gefunden worden sind, so lassen sich auch für jede andere Lagerfuge der Mauer die Spannungen ermitteln. Wird die Mauer so gestaltet, daß die Mittelkraft aller Pressungen in der Mauer — die „Stützlinie“ — mit der Mitte des Mauerquerschnitts zusammenfällt, so wird das Material am günstigsten ausgenutzt.

3. Ausführung der Mauern. Bei einer Stützmauer (Fig. 131) sucht der Erddruck E die Mauer fortzuschieben oder umzuwerfen, um einen

Punkt (Kernpunkt) zu drehen. Bezeichnet G das im Schwerpunkt des Querschnittes angreifende Gewicht der Mauer, so muß sein:

$$Gx \geq Ey. \quad (63)$$

Die Standfähigkeit der Mauer wird groß, wenn Gx groß oder Ey klein wird. Hieraus ergeben sich folgende Regeln über die Form und Ausführung der Mauern:

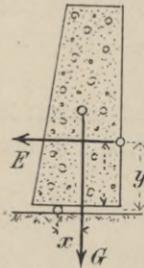


Fig. 131. Gleichgewicht.

- a) man gebe der Mauer ein gutes Fundament;
- b) man wähle einen spezifisch schweren und billigen Baustoff, damit G groß wird, die Kosten aber niedrig bleiben;
- c) man gebe der Mauer einen vorspringenden Fuß und eine starke Neigung oder unterschneide die Mauer, damit x groß wird;
- d) man Sorge für trockene Hinterfüllungs Erde, indem man das Eindringen der Feuchtigkeit tunlichst verhindert und das hinter der Mauer sich etwa ansammelnde Wasser durch Drains oder Maueröffnungen ableitet, dann wird E klein;
- e) man gebe der Mauer nach hinten geneigte (zur Stirnfläche rechtwinklig stehende) Lagerfugen, damit die Mauer nicht fortgehoben wird.

Auch auf die Ausführung der Stützwände aus Beton oder Eisenbeton finden diese Regeln sinngemäße Anwendung.

d) Nebenanlagen der Straßen.

§ 95. Baumpflanzungen.

Die Anpflanzung von Bäumen an der Seite einer Straße dient nicht nur zur Sicherung des Verkehrs, sondern auch zur Erzielung einer gewissen Annehmlichkeit und eines schönen Eindrucks. Einerseits bilden die Bäume Schutz längs den Rändern hoher Dämme und kennzeichnen bei Nacht, während Hochwasser und nach starkem Schneefall die Richtung einer im Freien sich hinziehenden Straße, andererseits aber gewähren sie Schatten und tragen zur Verschönerung der Straße und ihrer Umgebung bei. Dazu kommt dann noch die wirtschaftliche Bedeutung solcher Anlagen, indem die Bäume einen gewissen Ertrag von Früchten und Holz liefern. Solchen Vorteilen gegenüber tritt dann allerdings zuweilen der Nachteil hervor, daß durch den eben gerühmten Schatten der Bäume das Austrocknen der Straße verzögert und den angrenzenden Ländereien die Einwirkung der Sonne verkürzt wird, während den Städtebewohnern Unannehmlichkeiten durch Beschränkung von Luft und Licht erwachsen

können. Im allgemeinen werden jedoch bei richtigem Verfahren die Vorzüge überwiegend sein.

Die Bäume werden in der Regel 30 cm von der Kronenkante entfernt in Abständen von etwa 10 m gepflanzt. Wo die Verhältnisse es gestatten, werden Obstbäume verwendet. Von den Waldbäumen sind für die Anpflanzung geeignet: Horn, Akazie, Esche, Eberesche, Eiche, Birke, Linde, Ulme und Kastanie. Pappeln werden nicht mehr gepflanzt.

§ 96. Sicherheitsanlagen.

Zur Sicherung des Verkehrs dienen außer den Baum- und Buschpflanzungen auf hohen Böschungen und an den Ufern von Gewässern:

1. Lebendige Hecken. Diese haben vor anderen Einfriedigungen den Vorzug der Billigkeit. Solche Hecken werden aus Weiß- oder Schwarzdorn, Hainbuchen, Fichten, auf schlechtem Boden auch aus Birken, Akazien usw. gebildet und im Frühjahr oder Herbst angelegt. Die senkrecht stehenden Pflänzlein läßt man bis 1,25 m wachsen und erhält sie durch Beschneiden, welches

im Winter vorzunehmen ist, in dieser Höhe. Gewöhnlich wird an der Pflanzstelle ein Holzgeländer angebracht, welches so lange unter-

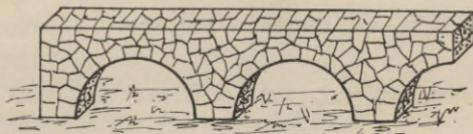


Fig. 132. Brüstungsmauer.

halten werden muß, bis die Hecke wehrbar geworden ist. Der Nachteil der Hecken ist, daß sie den Zutritt der Luft und Sonne hindern, mithin das Austrocknen erschweren.

2. Brüstungsmauern werden voll oder durchbrochen hergestellt. Letztere Art (Fig. 132) gewährt Ersparnis an Material und hindert weder den Luftzug noch den Wasserabfluß, gestattet also eine rasche Austrocknung der Straße. Eine solche Brüstungsmauer kann vorteilhaft gebildet werden aus einzelnen Mauerpfeilern, die dann durch Gewölbe oder Stäbe aus Stein, Holz oder Eisen miteinander verbunden werden. Besonders standfähig und haltbar erscheint eine solche Schutzwehr, die aus einzelnen Betonpfeilern mit dazwischen gespannten Profilleisen gebildet wird (Fig. 133). Statt der Betonpfeiler kommen auch einzelne Steine aus Granit, Sandstein, Basalt usw. in Anwendung (Fig. 134). Werden diese Steine nicht miteinander verbunden, so heißen sie Schutzsteine.

3. Eiserner Geländer (Fig. 135—140). Beim eisernen Geländer werden nicht nur die Querstäbe, sondern auch die Pfeiler oder Pfosten aus Eisen gebildet. Gußeisen ist zu spröde; man verwendet deshalb lieber

das zähere Schmiedeeisen, und zwar wiederum lieber Profileisen als Flach- oder Rundeisen, weil Profileisen bei gleichem Gewichte eine größere Steifigkeit besitzt. Bei den Geländern in der Nähe von Ortschaften werden



Fig. 133. Geländer mit Betonpfosten.

die aus Gas- oder Mannesmannrohr gebildeten Horizontalstäbe von der Jugend gern zu turnerischen Übungen benutzt. Die Rohre werden hierbei gebogen; wählt man statt der Rohre Winkeleisen, so bleiben die Stäbe gerade. Gerade



Fig. 134. Geländer mit Steinpfosten.

Pfosten setzt man vielfach in Beton; sollen die Pfosten in die Erde oder in Mauerwerk befestigt werden, so muß man sie am unteren Ende umbiegen oder aufspalten. Die Entfernung der einzelnen Pfosten voneinander kann man durch Rechnung feststellen. Je weiter man die Pfosten von

einander entfernt, um so stärker muß man die Horizontalstäbe wählen. Wählt man bei Geländern gleicher Standfähigkeit die Pfostenentfernung

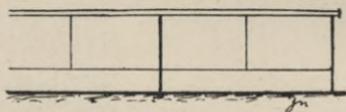


Fig. 135.

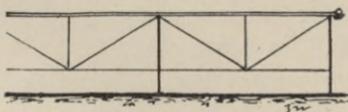


Fig. 136.

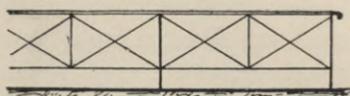


Fig. 137.

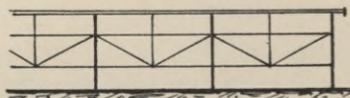


Fig. 138.

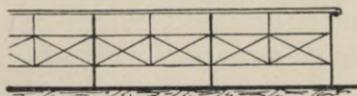


Fig. 139.

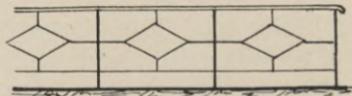


Fig. 140.

Fig. 135—140. Eisene Geländer.

so, daß ein Pfosten so viel kostet wie der Horizontalstab eines Feldes, so werden die Kosten am niedrigsten.

4. Holzgeländer kommen selten in Anwendung; sie haben kurze Dauer.

§ 97. Wegezeichen.

Hierzu zählt man Abteilungszeichen, Grenzsteine, Wegweiser, Ortstafeln usw.

Abteilungszeichen. Die Straßen erhalten auf je 100 m Länge (in der Mitte der Straße gemessen) ein Abteilungszeichen, auf dem die Entfernung vom Straßenanfang in Kilometern angegeben ist. Dieses Zeichen besteht in der Regel aus einem Stein (Nummerstein), mitunter auch aus einer gußeisernen Tafel (Nummerpfahl). Die Nummersteine werden aus Basaltlava, Sandstein, Granit oder aus sonstigen passenden Gesteinsarten hergestellt und an den sichtbaren Flächen scharriert. Die Ziffern werden meist auf einer weißgestrichenen Schildfläche mit schwarzer Ölfarbe geschrieben; eingemeißelte Zeichen sind nicht gut kenntlich. Wenn tunlich, werden die Zeichen in der Richtung der Baumreihe versetzt.

Grenzsteine. Hierüber sagt die hannoversche Anweisung: (§ 306) Die Grenzen der Straßen sind mit Steinen so zu bezeichnen, daß die Grenzen danach unzweifelhaft zu ermitteln sind. (§ 307) Die Steine sind mit der äußeren Seite genau an die Grenze zu setzen, falls nicht mit den Anliegern ein anderes vereinbart wird.

Als Grenzsteine verwendet man Steine, welche, soweit sichtbar, regelmäßig bearbeitet sind, entweder glatt oder mit eingehauenen Zeichen versehen, um sie als Bestandteile der Straße zu bezeichnen. Es ist besonders darauf zu achten, daß die vorhandenen Grenzsteine an der richtigen Stelle erhalten werden.

Wegweiser sollten an keiner Straßenabzweigung fehlen. Es sind meist Pfosten, oben mit Armen versehen, welche die Namen der nächsten Orte, häufig auch deren Entfernung in Kilometern angeben. Die früher gebräuchlichen hölzernen Wegweiser werden gegenwärtig durch gefälligere, dauerhaftere aus Eisen ersetzt. Man verwendet sowohl Guß- wie Schmiedeeisen. Bestehen die Arme aus Gußeisen, so erhalten sie meist erhabene Buchstaben, schwarz auf weißem Grunde.

Ortstafeln dienen zur Bezeichnung der an der Straße liegenden Ortschaften. Warnungstafeln zeigen z. B. darauf hin, daß über eine Brücke mit eisernem Überbau nur im Schritt gefahren werden darf.

III. Städtische Straßen.

Die städtischen Straßen sollen:

1. dem städtischen Verkehrsweisen dienen;
2. die Möglichkeit bieten, zweckmäßige Wohn- und Geschäftshäuser, Fabriken und andere Arbeitsstätten sowie öffentliche Gebäude (auch Denkmäler und Brunnen) zu errichten;

3. die Leitungen für Wasser, Licht und andere die Gesundheit und Sicherheit der Bevölkerung fördernde Anlagen (die sog. Versorgungsnetze) aufnehmen.

§ 98. Aufstellung des Straßenentwurfs.

Jeder Straßenentwurf kann nur in Verbindung mit dem Stadtbauplane aufgestellt werden. Der Stadtbauplan ist ein aus Lageplänen und Höhenplänen bestehender Entwurf, der die auf einem bereits bebauten Stadtgebiete notwendigen Verbesserungen (Baufluchtregulierungen, Straßenverbreiterungen, Straßendurchbrüche usw.), sowie die Stadterweiterung umfaßt. Lage, Richtung, Breite und Steigungsverhältnisse sind deshalb für städtische Straßen von dem Straßenbautechniker aus dem Stadtbauplane zu entnehmen. Weil aber viele Regeln für den Bau der städtischen Straßen auch für den Bau der Straßen in der Nähe und innerhalb ländlicher Ortschaften sinngemäße Anwendung finden, so sollen die wichtigsten dieser Regeln nachstehend aufgeführt werden.

1. Richtung der Straße. Die Straßen sollen eine solche Himmelsrichtung erhalten, daß nicht eine Häuserreihe straßenwärts beständig im Schatten liegt, und daß die Straßen von den vorherrschenden Winden nicht der Länge nach durchstrichen werden, obwohl letzteres für die Lüftung erwünscht wäre. Auch sollen die Straßen über Mittag nicht völlig schattenlos sein. Möglichst zu vermeiden ist hiernach bei geschlossener Bebauung die Richtung nach Westen oder Osten, weil in solchen Straßen auf der Vorderseite oder auf der Rückseite eines jeden Wohnhauses Wohnräume sind, die reine Nordlage besitzen und unter Feuchtigkeit und Kälte zu leiden haben. Anzustreben ist die Richtung der Straßen, die um $40\text{--}50^\circ$ von der Nordlinie abweicht. Bei offener Bebauung dagegen kann diese Abweichung bis 90° betragen.

Schnurgerade Straßen sind zwar für den Verkehr und Anbau recht günstig, sie wirken aber bei großer Länge und gleicher Breite langweilig. Nicht zulässig sind längere geradlinige Straßen in starker Steigung. Legt man auf stark ansteigendem Gelände die Straßen krummlinig an, so wird dadurch das Gefälle vermindert und ein besserer Eindruck erzielt.

2. Höhenlage der Straße. Die Verkehrssicherheit verlangt ein möglichst geringes Längengefälle, die Schönheit heischt ein Längensprofil ohne Rücken sowie bei geraden langen Straßen einen Wechsel des Steigungsverhältnisses, weil bei einer gleichbleibenden Steigung die entfernteren Gegenstände durch die nahe liegenden dem Auge des Beschauers verdeckt werden. Die Anbaufähigkeit fordert einen möglichst geringen Höhenunterschied zwischen Straßenkrone und Bauland.

Längengefälle. Nach den Ausführungsbestimmungen zum preussischen Fluchtliniengesetz vom 2. Juli 1875 sollen Hauptverkehrsstraßen in der Regel kein größeres Längengefälle als 1 : 50 erhalten, und das Gefälle der Nebenstraßen von beträchtlicher Länge soll höchstens 1 : 40 betragen. Im hügeligen und gebirgigen Gelände sind jedoch größere Steigungen unvermeidlich; die größte zulässige Steigung kann hier etwa zu 1 : 25 für Hauptstraßen und 1 : 16²/₃ für Nebenstraßen angenommen werden.

Die Straße erhält am besten ein konkaves (hohles) Profil, so daß sie aus der Wagerechten oder aus einer schwächeren Steigung in eine stärkere übergeht. „Wenn der Kopf der Straße sich hebt“, schreibt Stübben, „so erscheint die Straße stattlicher, das Bild reicher, die Perspektive wirklicher, der Verkehr besser übersichtbar. . . . Verlegend und unschön wird aber das Straßenbild, wenn das Nivellement ein konvexes ist, d. h., wenn im Längenschnitt der Straße sich ein Rücken bildet. Das Auge vermag dann die Straßenfläche nur bis zu dem Rückenpunkte zu verfolgen; hinter diesem verschwindet die Straßenfläche oder verkürzt sich plötzlich. . . . Die Häuser scheinen jenseits der Rückenlinie in die Erde zu sinken, und die auf der Straße jenseits der Höhe sich bewegenden Menschen und Wagen sieht man nur stückweise.“ Den ungünstigen Eindruck eines unvermeidlichen Rückens kann man dadurch mildern, daß man den Straßenzug auf dem Rücken seitwärts biegt oder die Durchsicht durch Aufstellung eines Laufbrunnens, Denkmals usw. hindert.

Anbaufähigkeit. Zur Erleichterung des Anbaues soll der Höhenunterschied zwischen dem Gelände und der Straßenoberfläche in der Regel nicht mehr als 2—3 m betragen. Höhere Auffüllungen vermehren die Gründungskosten der Gebäude; Einschnitte sind für den Häuserbau un bequem. Man wird daher selbst vor größeren Erdarbeiten nicht zurück scheuen dürfen, um die Anbaufähigkeit der Straße zu vergrößern. Zu beachten ist ferner, daß die Versorgungsnetze im gewachsenen Boden liegen müssen, wenn Senkungen vermieden werden sollen.

3. Breite. Die Breite der Straße wird nach der Größe des Verkehrs, bei geschlossener Bebauung auch wohl nach der Schattenlänge der anliegenden Häuserreihe bemessen. Häufig gilt die Regel: Straßenbreite gleich Gebäudehöhe. In einigen Städten wird aber von dieser Regel mehr oder minder abgewichen. Um dreistöckige Gebäude errichten zu können, müßte die Straße mindestens eine Breite von 10 m erhalten; wird aber für neue Straßen eine Mindestbreite von nur 8 m festgesetzt, wie hier und da geschehen ist, so lassen sich bei Befolgung obiger Regel höchstens zweistöckige Gebäude auführen.

In vielen Städten ist eine Abstufung der Straßenbreite je nach der Größe des Verkehrs und der Bedeutung des Anbaues von mehreren Metern festgesetzt. Die Straßenbreiten betragen z. B. in

Köln 12, 14, 16, 18, 20, 22, 26, 30 m,

Dresden 14, 17, 20, 23 m,

Düsseldorf 15, 20, 26 m,

Mannheim 10, 15, 25 m,

Bremen 10, 14, 18 m.

In den Ausführungsbestimmungen zum preussischen Fluchtliniengesetz vom 2. Juli 1875 werden die Straßen eingeteilt in

Nebenstraßen von 10—20 m Breite,

Verkehrsstraßen mittleren Ranges von 20—30 m Breite,

Hauptverkehrsstraßen von 30 und mehr Meter Breite.

Das Verhältnis der Fahrbahnbreite zur Breite der Fußwege richtet sich im allgemeinen nach dem Verhältnis des Fuhrverkehrs zum Fußgängerverkehr. Mitunter werden die Fußwege auch so breit gewählt, daß sie zur Aufnahme sämtlicher Versorgungsleitungen benutzt werden können. Die Fahrbahnbreite wird alsdann entsprechend verringert.

4. Zeichnungen. Nach dem Ministerialerlaß vom 28. Mai 1875 sollen die Zeichnungen für Fluchtlinien- und Bebauungspläne

a) den gegenwärtigen Zustand,

b) den Zustand, welcher durch die nach Maßgabe der beabsichtigten Fluchtlinien-Festsetzung erfolgte Anlegung von Plätzen herbeigeführt werden soll,

klar und bestimmt darstellen.

a) Darstellung des gegenwärtigen Zustandes.

Situationspläne. Der Maßstab, in welchem die Situationspläne (Fluchtlinien- und Bebauungspläne) entworfen werden, darf in der Regel nicht kleiner als 1:1000 sein. Zusammenhängende Straßenzüge sind im Zusammenhang zur Darstellung zu bringen.

Jedes Projekt erfordert die Beifügung eines Übersichtsplanes, für welchen ein vorhandener gedruckter Plan oder gezeichneter Plan oder auch ein Auszug aus einem solchen verwendet werden kann.

Durch die Situationspläne soll das in Betracht zu ziehende Terrain mit seinen Umgebungen in solcher Ausdehnung dargestellt werden, daß die im Interesse des Verkehrs, der Feuericherheit und der öffentlichen Gesundheit zu stellenden Anforderungen ausreichend beurteilt werden können.

Alle vorhandenen Baulichkeiten, Straßen, Wege, Höfe, Gärten, Brunnen, offene und verdeckte Abwässerungen usw., ferner alle Ge-

markungs-, Besitzstands- und Kulturgrenzen müssen in den Plänen mit schwarzen Linien dargestellt und soweit es zur Deutlichkeit erforderlich, mit charakterisierenden Farben, jedoch nur blaß angelegt sein. In die Situationspläne sind ferner die Nummern der einzelnen Parzellen oder die Namen der Eigentümer einzuschreiben.

Die auf den gegenwärtigen Zustand bezüglichen Schriftzeichen und Zahlen sind schwarz zu schreiben. Jeder Plan ist mit der geographischen Nordlinie und mit einem Maßstabe zu versehen.

Höhenangaben. Die Höhenangaben müssen sich auf einen speziell zu bezeichnenden, möglichst allgemein bekannten festen Punkt, am besten auf den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels beziehen und ausschließlich in positiven Zahlen erscheinen.

Von jeder projektierten Straße ist ein Längenprofil im Längenmaßstab des zugehörigen Situationsplanes und im Höhenmaßstab 1 : 100 beizubringen. Die Linie des in der Regel durch die Mitte des Straßendamms zu legenden und in Stationen von je 100 m Länge mit den erforderlichen Zwischenstationen von mindestens 50 m Entfernung einzuteilenden Nivellementzuges ist mit ihrer Stationierung in den zugehörigen Situationsplänen rot punktiert anzugeben.

Wo erhebliche Änderungen in der Terrain-Oberfläche in Aussicht genommen werden, oder wo nahe liegende Gebäude, Mauern, abgehende Wege usw. eine besondere Berücksichtigung verlangen, sind Querprofile aufzunehmen. Diese sind in einem Maßstabe, der nicht kleiner als 1 : 250 sein darf, zu zeichnen und zur Numerierung sowie zu den Ordinaten des Längenprofils übersichtlich in Beziehung zu bringen. Sind dieselben nicht rechtwinklig zum Hauptnivellement aufgenommen, so ist ihre Lage auch im Situationsplane anzugeben.

In den Bebauungsplänen ist außerdem bei hügeligem und gebirgigem Terrain auf Grund eines Nivellementnetzes die Gestaltung der Terrain-Oberfläche durch Horizontalkurven in Höhenabständen von je 1 m bis 5 m mittels schwarz punktierten Linien mit beigeschriebenen Höhenzahlen übersichtlich darzustellen. Alle Höhenzahlen werden in Metern angegeben und auf zwei Dezimalstellen abgerundet.

b) Darstellung des späteren Zustandes.

Die anzulegenden oder zu verändernden Straßen und Plätze sind in dem Übersichtsplane mit roter Farbe deutlich zu bezeichnen. In die Situationspläne sind die projektierten Baufluchtlinien mit kräftigen zinnoberroten Strichen einzutragen.

In den Längenprofilen werden die projektierten Höhenlagen der Straßenzüge, speziell die Kronenlinie der künftigen Straßenbefestigung mit zinnoberroten Linien ausgezogen und die Aufträge blaßrot, die Abträge grau angelegt. In dieselben sind ferner die Brücken, Durchlässe, unterirdische Wasserabzüge usw. unter Angabe der lichten Weiten und Höhen einzutragen.

In allen Brechpunkten der Gefälle, in sämtlichen Kreuzungs- und Abzweigungspunkten von Straßen und von sonst charakteristischen Stellen werden die betreffenden Ordinaten zinnoberrot ausgezogen und mit den zugehörigen Zahlen ebenso beschrieben. Dagegen erhalten die auf die Abwässerung bezüglichen Höhenzahlen blaue Farbe.

Die Längen der Straßenzüge von einem Brechpunkte des Gefälles bis zum nächstfolgenden werden zusammen mit der Verhältniszahl des Gefälles in zinnoberroter Farbe über das Profil, die Namen, Nummern oder sonstigen Bezeichnungen der Straßen, übereinstimmend mit dem Situationsplane, über oder unter dasselbe geschrieben.

Wenn zu einem Situationsplane mehrere Längenprofile gehören, so ist auf eine deutliche und übereinstimmende Bezeichnung der Anschlußpunkte unter schärferer Hervorhebung der Anschlußordinaten zu achten.

Von jeder Straße, deren Fluchtlinien festgelegt werden sollen, sind mindestens so viele Querprofile zu entwerfen, wie dieselbe voneinander abweichende Breiten erhält. Wo die unter a) angegebenen besonderen Verhältnisse obwalten, sind die Querprofile entsprechend zu vermehren und zu erweitern. Die graphische Behandlung der Querprofile entspricht derjenigen der Längenprofile.

A. Die Fahrbahn der städtischen Straßen.

§ 99. Wahl der Befestigungsart.

Auch die Fahrbahn der städtischen Straßen soll, wie die der Landstraße, technischen, gesundheitlichen und wirtschaftlichen Anforderungen genügen, auch sie soll jederzeit leicht und sicher befahren werden können, nicht gesundheitschädlich wirken und nicht zu teuer sein.

1. Technische Anforderungen. Die Fahrbahn soll dauerhaft, leicht herzustellen und auszubessern sein, namentlich müssen die Versorgungsneze leicht eingebettet und ausgebessert werden können. Dabei soll sie leicht befahren werden können, andrerseits aber auch eine gewisse Rauhgigkeit besitzen, damit die Zugtiere nicht auf ihr ausgleiten. Diese Rauhgigkeit muß der Neigung der Bahn entsprechen.

2. Gesundheitliche Anforderungen. Die Straße soll möglichst geräuschlos zu befahren sein, sie soll wenig Staub erzeugen und leicht

zu reinigen sein, auch darf sie keine übelriechende oder gesundheitschädliche Ausdünstungen hervorbringen.

3. Wirtschaftliche Anforderungen. Den technischen und gesundheitlichen Anforderungen muß mit möglichst wenig Kosten entsprochen werden können. Die Fahrbahn muß billig in ihrer Herstellung, Unterhaltung, Reinigung und Erneuerung sein.

Diesen Anforderungen genügen die einzelnen Fahrbahnbefestigungen in höherem oder geringerem Grade. Eine beste Befestigungsart gibt es nicht; stets müssen bei der Wahl der Befestigungsart die örtlichen Verhältnisse, namentlich aber der Verkehr, dem die Straße dienen soll, beachtet werden. Die wirtschaftlichste Decke findet man alsdann aus Formel 55, S. 223.

In der nachstehenden Zusammenstellung¹⁾ sind die verschiedenen Fahrbahnbefestigungen für die Straßen der meisten größeren Städte Deutschlands angegeben. Die Zahlen geben an, wie viel Prozent von der Gesamtfahrbahnfläche befestigt sind.

Nr.	B e f e s t i g u n g s a r t	In Städten mit einer Einwohnerzahl von		In Berlin mit 5 Vorort-Städten	Im ganzen
		50000 bis 100000	100000 bis 1 Million		
1	Schotterbahnen (Makadam) . .	44,9	32,1	2,0	31,1
2	Pflaster aus natürlichen Steinen	49,4	56,3	54,0	54,6
3	" " künstlichen "	0,7	2,5	0,1	1,8
4	Kleinpflaster	2,1	2,1	0,1	1,8
5	Asphaltbahnen	1,3	5,2	41,4	8,8
6	Holzpfaster	0,2	0,8	1,9	0,8
7	Plattenpflaster	0,5	0,5	0,0	0,4
8	Betonbahnen	0,4	0,2	0,5	0,3
9	Oberflächenteerung und Teer- makadam	0,5	0,3	0,0	0,4
10	Zusammen:	100 %	100 %	100 %	100 %
11	Auf 1 Einwohner entfällt eine be- festigte Fahrbahnfläche von . .	6,55 qm	6,03 qm	3,54 qm	5,62 qm

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß in allen Städten annähernd die Hälfte der Fahrbahn mit Pflaster aus natürlichen Steinen befestigt ist; dagegen sind in den Städten von 50—100000 Einwohnern 44,9 % mit Schotterbahnen versehen, in Berlin nur 2 %; in

¹⁾ 38. Bericht des II. internationalen Straßenkongresses in Brüssel (1910).

Berlin sind aber 41,4 % aller Jahrbahnen mit Asphalt bedeckt, in den kleineren Städten nur 1,3 %.

Die Jahrbahn hat in der Regel eine Wölbung, die um so schwächer ist, je glatter die Belagsoberfläche wird; oft wird sie auch von dem Längengefälle der Straße abhängig gemacht. Geheimer Landesbaurat Neffenius in Hannover gibt folgende Mittelwerte an:

Tabelle 50.

Längengefälle	Quergefälle			
	Steinschlagbahn	Pflasterbahn	Holzpfaster	Asphaltbahn
1:∞	0,070	0,050	0,040	0,015
0—0,035	0,055	0,040	0,030	0,005
0,035 und mehr	0,040	0,030	0,020	—

Die Wölbung der Straßen in Bern und Zürich ist nach folgender Formel berechnet worden:

$$f = \frac{b^2}{b-1} k. \quad (64)$$

In dieser Formel bedeutet:

b = die Breite der Jahrbahn,

k = 0,018—0,020 bei Steinschlagbahnen,

k = 0,016 „ Steinpflasterung,

k = 0,012 „ Weichholzpfaster,

k = 0,010—0,012 „ Hartholz- und Asphaltbelag.¹⁾

§ 100. Pflaster aus natürlichen Steinen.

Bei diesem unterscheidet man Groß-, Mittel- und Kleinpflaster. Mittel- und Kleinpflaster kommen besonders auf Landstraßen vor und sind auch bei den Landstraßen besprochen worden. Bei den Stadtstraßen ist das Großpflaster vorherrschend, wie vorstehende Zusammenstellung nachweist.

Großpflaster — auch Reihenpflaster genannt — ist ein Pflaster aus großen, etwa 16 cm hohen Steinen, die meist in Reihen nebeneinander auf der Unterbettung versetzt sind.

Die Pflastersteine haben meist die Form eines Parallelepipedons. Zur Herstellung der Pflastersteine eignet sich dasjenige Material am besten, das bei der nötigen Festigkeit und Dauerhaftigkeit sich am leichtesten zu parallelepipedischen Körpern bearbeiten läßt, also gute Spaltflächen hat.

¹⁾ Bericht 48 des II. internationalen Straßenkongresses in Brüssel (1910).

Gestein, welches durch Glätte den Zugtieren gefährlich werden kann, darf zur Pflasterung stark geneigter Bahnen nicht benutzt werden. Granit, Grünstein, Grauwacke, Basalt, Basaltlava, Porphyr, Melaphyr, Diorit, fester Sandstein, darunter Kohlsandstein und ähnliche Gesteine geben gute Pflastersteine.

Die Verwaltung der Provinzialstraßen im Rheinland stellt folgende Bedingungen:

§ 9. Die Normalgröße der Pflastersteine ist 10 cm Breite, 16 cm Länge, 16 cm Höhe. Außer diesem Normalformat werden für besondere Fälle „Große Steine“ und „Kleine Steine“ verwendet.

Nach der Güte der Bearbeitung gibt es drei Sorten. Bei der ersten Sorte sind Abweichungen von den vorgeschriebenen Maßen immer nur nach einer Richtung und zwar bis zu 1 cm zulässig. Bei der zweiten und dritten Sorte dürfen nach allen drei Richtungen Abweichungen vorkommen, und zwar nach der Breite und Höhe 1 cm, nach der Länge $1\frac{1}{2}$ cm. Die Saßfläche soll beim Normalformat mindestens betragen: I. Sorte = 9×15 cm, II. Sorte = $\frac{3}{4}$ der Kopffläche, III. Sorte = $\frac{2}{3}$ der Kopffläche. Kopf- und Saßfläche sollen parallel laufen. Die Steine müssen sich mit höchstens 1 cm weiter Fuge nebeneinander stellen lassen.

Die Unterbettung hat den Zweck, den Druck auf eine größere Fläche des Untergrundes zu verteilen und dem Pflaster eine gewisse Elastizität zu verleihen, die sein Befahren angenehm und möglichst geräuschlos gestaltet. Die Anordnung dieser Bettung ist somit abhängig von der Größe der Beanspruchung des Pflasters durch das Fuhrwerk und von der Tragfähigkeit des Untergrundes. Die einfachste Bettung ist eine Lage Kies. Bei weichem Untergrunde oder da, wo größere Haltbarkeit angestrebt wird, bildet man die Unterlage aus Steinschlag oder Packlage, auf welche man noch eine Lage Sand oder Kies schüttet. Noch festere Unterbettung, z. B. aus Beton, kommt in der Regel nur bei besonders schwerem Verkehr vor. In allen Fällen ist darauf zu achten, daß der Untergrund überall gleiche Festigkeit hat, damit später eine Ungleichmäßigkeit im Setzen des Pflasters nicht eintritt. Ferner muß nasser Untergrund vor Anbringen der Bettung nach Möglichkeit entwässert werden. Die Bettung erhält in der Regel die Wölbung des Pflasters.

Setzen des Pflasters. In die Bettung werden die Pflastersteine in durchlaufenden Reihen mit Verband gesetzt, meist quer zur Fahr- richtung, mitunter auch diagonal (Fig. 141). Zur Erzielung des Verbandes werden am Anfang und Ende der Querreihen häufig sog. Anfänger verwendet, welche das $1\frac{1}{2}$ fache der normalen Länge haben. Beim

Diagonalpflaster haben die Anfänger die Form eines Fünfecks. Jeder einzelne Stein des Pflasters soll eine zur Straßenoberfläche senkrechte Stellung erhalten. Als Hauptregel gilt ferner, daß die nebeneinander stehenden Pflastersteine in ihren Abmessungen, und zwar besonders in ihren Höhen und Breiten, möglichst gleich sein müssen, weil ungleiche Steine sich auch ungleich setzen. Kann die Verwendung von Pflastersteinen verschiedener Größe nicht gut vermieden werden, so sind die Steine nach der Größe zu sordern und die unter sich gleichen Steine in möglichst großen Flächen zusammenzustellen.

Rammen. Das Pflaster wird je nach der Dichtigkeit der Bettung um 4—6 cm überhöht gesetzt und dann unter wiederholtem Einfegen

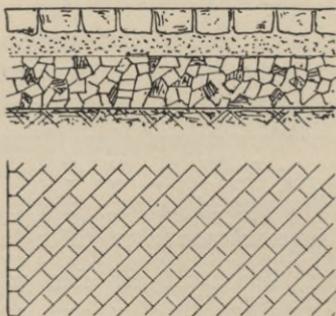


Fig. 141. Diagonalpflaster.

oder Einspülen von Sand nach der Lehre niedergedammt. Das Rammen soll nach den im Rheinland geltenden Bestimmungen in der Regel mit einer Ramme von 20—25 kg Gewicht beginnen und, nachdem diese über die Fläche gegangen, mit einer mindestens 30 kg schweren Ramme fortgesetzt werden. Das Rammen muß mindestens dreimal geschehen, ist aber im übrigen so lange zu betreiben, bis die Steine nicht mehr ziehen, alle Unebenheiten der Oberfläche be-

seitigt und die Pflasterbahn eine nach jeder Richtung gefällige Form zeigt.

Nach dem Rammen wird das Pflaster mit einer etwa 1 cm dicken Sandschichte überdeckt. Diese Schichte bleibt so lange liegen, bis alle Fugen mit Sand gefüllt sind. Werden die Fugen mit Zement, Asphalt, Teer u. dergl. ausgegossen, so ist eine Abdeckung mit Sand nicht erforderlich.

§ 101. Pflaster aus künstlichen Steinen.

Künstliche Pflastersteine gibt es in Deutschland in großer Menge. Die weiteste Verbreitung haben wohl bis jetzt gefunden: die Pflastersteine aus Mansfelder Kupferschlacke, die Vulkanol- und die Granulit-Pflastersteine.

1. Pflaster aus Mansfelder Kupferschlacke. Die Pflastersteine werden aus der beim Rohschmelzen des Kupferschiefers fallenden Schlacke gewonnen. Die glasige Schlacke wird getempert und dann in „Würfel“ von 16 cm Seitenkante oder in „Rechtecksteine“ mit 16 × 12 cm Kopf- fläche und 13—17 cm Höhe gegossen. Diese gegossenen Pflastersteine

haben eine sehr regelmäßige Form, gerade Kopfflächen, senkrechte Seitenflächen und scharfe Ecken und Kanten. Die regelmäßige Form der Steine gestattet die Herstellung eines sehr gleichmäßigen, ebenen und schönen Pflasters mit engen Fugen. Ein solches Pflaster läßt sich leicht reinigen und das durch den Verkehr verursachte Geräusch wird bedeutend abgeschwächt. Unter der Einwirkung eines starken Fußgängerverkehrs neigt es jedoch zum Glattwerden. Zweckmäßig werden daher die Schlackensteine dort, wo der Verkehrslärm gedämpft werden soll, wie bei Kirchen, Schulen, Krankenhäusern usw., zur Befestigung der Fahrbahn verwendet, nicht aber zu Fußwegübergängen. Mit Rücksicht auf die ebene und ziemlich glatte Fahrbahn dürfen solche Straßen ein Längengefälle bis

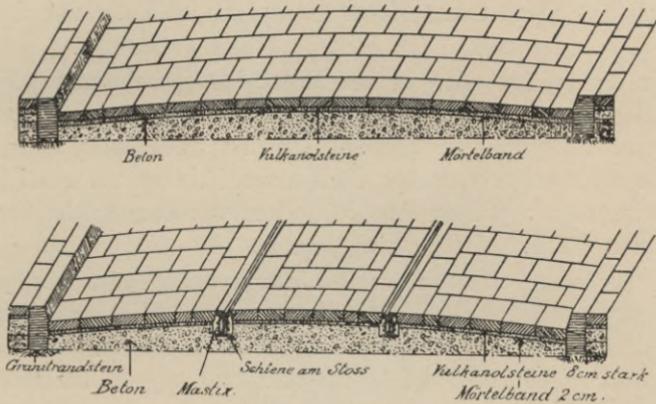


Fig. 142. Vulkanoltpflaster.

höchstens 1 : 30 erhalten. Das Quergefälle beträgt etwa 3 cm auf 1 m Breite; die Erhöhung der Straßenkrone würde demnach bei einer 8 m breiten Fahrbahn 12 cm betragen.

Schlackensteine haben auch bei Rinnen und Radfahrwegen auf beschotterten oder mit Natursteinen gepflasterten Straßen wegen ihrer ebenen Kopffläche öfters Anwendung gefunden. Die Schlackensteine werden gesetzt wie die Natursteine. Nach dem Abrammen wird in die Fugen mehrmals scharfer Sand bis zu ihrer vollständigen Füllung eingeschlämmt.

2. Vulkanoltpflaster. Die vulkanischen Gesteine sind aus anderen Gesteinen durch Einwirkung einer hohen Gluthitze und eines hohen Druckes entstanden. Diesen Werdegang der natürlichen Vulkangesteine hat man bei der Herstellung der Vulkanolsteine¹⁾ nachgeahmt. Abfälle der Basalt,

¹⁾ Erzeugnis der deutschen Steinwerke C. Better u. G., Würzburg.

Porphyry, Sandsteinbrüche usw. werden zerkleinert, dann bei entsprechender Mischung unter hohem Druck in die gewünschte Form gebracht. Die Preßlinge werden hierauf langsam einer großen Hitze ausgesetzt und schließlich wieder langsam abgekühlt. Die 28×21 cm großen und 8,5 cm starken Platten werden in eine dünne Sandschicht auf eine Beton- oder Schotterunterlage versetzt (Fig. 142). Die engen Fugen werden ausgegossen. Die ebene Pflasterbahn gestattet ein sanftes, ruhiges Fahren, Geräusch und Staub sind kaum wahrnehmbar.

§ 102. Holzpflaster.

Das Holzpflaster gilt heutzutage neben dem Asphaltbelage vorzugsweise als lärmdämpfendes Pflaster. Wie für den Asphaltbelag und mitunter auch das Pflaster aus Natursteinen wird auch für eine Decke aus Holzklözen eine tragende, starke Betonunterlage angewandt.

Die Unterlage wird in der Regel aus Zementbeton gebildet in einem Mischungsverhältnis, daß das Aufsaugen von Feuchtigkeit aus dem Untergrunde ausgeschlossen erscheint (zwischen 1:6 und 1:9). Ihre Oberfläche wird genau nach der Straßenoberfläche mittels eines Zementmörtelüberzuges abgeglichen, ihre Stärke nach der Tragfähigkeit des Untergrundes und der Verkehrsbelastung bemessen (15—25 cm).

Die Pflasterdecke wird auf die Betonunterlage ohne jede Zwischenschicht verlegt derart, daß die Fasern der Pflasterklöße senkrecht stehen, der Verkehr sich also über die Hirnholzflächen der Klöße bewegt. Die einzelnen Klöße sind etwa 15 cm hoch, 10 cm breit und 20—25 cm lang. Als Material hat feinfaseriges, harzreiches Nadelholz, mit säulniswidrigen Stoffen getränkt, namentlich aber das Faraah- und Karri-Hartholz, bis jetzt die weiteste Verbreitung gefunden. Die über die Straßenbreite (mitunter auch diagonal) ziehenden Fugen werden beim Setzen durch Einlegen von schmalen und dünnen Holzplättchen zunächst offen gehalten, die versetzten Stoßfugen aber dichtschließend hergestellt. Zwischen den Enden der Pflasterreihen und den Bordsteinen muß ein etwa 5 cm breiter Zwischenraum verbleiben, der mit einer elastischen Masse ausgefüllt wird, um die Ausdehnung des Holzes unter der Einwirkung der Masse nicht zu behindern. Die offenen Fugen zwischen den einzelnen Pflasterreihen werden später mit Teer, Asphalt oder Zement gefüllt.

Auf die fertige Pflasterdecke wird in manchen Städten eine dünne Schicht von Teer und Pech und vor deren Erstarrung eine etwa 1,5 cm dicke Schicht aus feinem Kies oder scharfkantigem Sande aufgebracht; neuerdings öfters nur steiniges Material oder auch ein Zementbrei. Das Eindringen dieses Materials in die Holzfläche durch den Verkehr erhöht

die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit erheblich, verhütet auch allzu-große Glätte.

§ 103. Asphaltbelag.

Wir unterscheiden Stampfasphalt und Asphaltplattenbelag.

1. Stampfasphalt. Derselbe ruht wieder auf einer festen Unterlage aus Zementbeton. Diese Unterlage erhält eine Stärke von 15—25 cm und ein der Neigung der Straße entsprechendes Quergefälle von 1 : 70 bis 1 : 100. Vor dem Erhärten und Abtrocknen der Betonunterlage darf mit dem Aufbringen des Asphaltbelages nicht begonnen werden, weil durch den heißen Asphalt sich sonst Dämpfe bilden würden, die den Asphaltbelag porös und wenig widerstandsfähig machen.

Die Decke wird aus Asphaltpulver hergestellt. Das Asphaltpulver entsteht durch Mahlen bituminöser Kalksteine (Asphaltsteine); es wird meist ohne Zusatz verwendet. Die in Europa gewonnenen Kalksteine enthalten 8—14 % Bitumen. Wird das Pulver erhitzt und dann durch Stampfen oder Pressen zusammengedrückt, so nimmt es nahezu wieder die Beschaffenheit des natürlichen Asphaltsteines an. Bei der Herstellung der Bahnhöfe wird

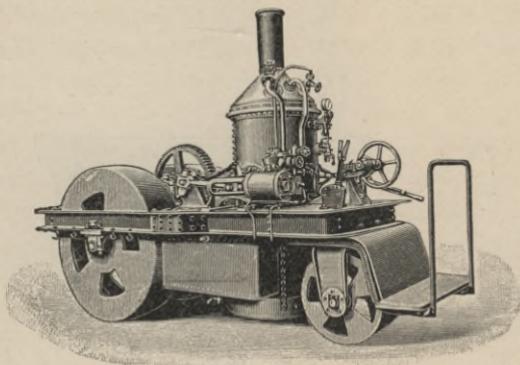


Fig. 143. Asphaltwalze mit Dampfbetrieb.

das Asphaltpulver je nach dem Gehalt seines Bitumens auf 110 bis 140° C. erwärmt, dann auf die Betonlage ausgebreitet, mit erwärmten Walzen und Stempeln gedichtet und schließlich mit heißem Bügel-eisen abgerieben. Das Erwärmen des Steinpulvers erfolgt in Darren unter fortwährendem Umarbeiten mit dem Rührreihen. Ist der erforderliche Wärmegrad erreicht, so wird das Pulver aus den Darren geschöpft und in Schiebkarren zur Baustelle geschafft und dort in einer 7—8 cm starken Lage möglichst gleichmäßig ausgebreitet. Nachdem sodann die Höhe der Schichte mittels einer verstellbaren, auf Rollen laufenden Lehre abgeglichen ist, erfolgt die Dichtung zunächst mittels mehrerer erwärmter Walzen von 300—900 kg Gewicht. In neuester Zeit kommen auch Asphaltwalzen mit Dampfbetrieb in Anwendung (Fig. 143). Da die Handwalzen von Arbeitern bewegt werden und insolge-

dessen nicht so schwer sein können, wie es der gewünschte Dichtigkeitsgrad der Asphaltdecke erfordert, so folgt auf das Abwalzen der Masse noch ein starkes Stampfen derselben mittels erhitzter gußeiserner Stempel von 20—25 kg Gewicht. Zum Schlusse wird, um den noch verbleibenden rauhen Zustand der Straßenoberfläche zu beseitigen, die Fahrbahn gebügelt mittels schwach gebogener, etwa 25 kg schwerer Eisen mit langem Stiel, welche, stark erhitzt, hin und her gezogen werden. Die Asphaltdecke wird durch das Walzen, Stampfen und Bügeln auf eine Dicke von 5 cm zusammengedrückt. Wenige Stunden nach beendetem Bügeln ist die Decke betriebsfähig; ihre zuerst braune Farbe geht bald in eine graue über.

2. Asphaltplattenbelag. Eine besondere Art Asphaltdecklagen zu bilden besteht darin, daß man fertig gepresste Asphaltplatten von regelmäßiger Form auf die Betonunterlage in Verband verlegt. Die Fugen

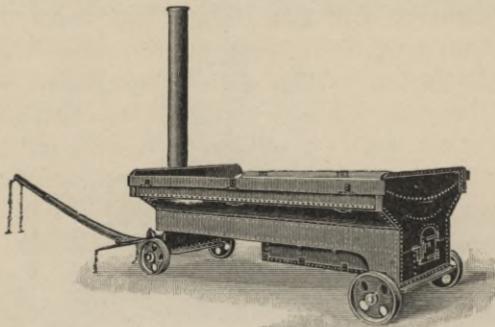


Fig. 144. Asphalt-Plattendarre.

zwischen den einzelnen Platten werden entweder durch Bestreichen mit Asphaltmastix gedichtet oder dadurch, daß man Asphaltsteinpulver einstreut, welches sich allmählich in eine steinähnliche Masse umwandelt. Damit die Platten nicht nur an einzelnen Stellen ihrer Unterfläche aufliegen, erwärmt man sie (Fig. 144) vor dem Verlegen so weit, daß sie sich den Unebenheiten der Unterlage anpassen, oder verlegt sie in eine dünne Schichte Sand oder Asphaltsteinpulver. Eine Asphaltierung dieser Art wird insbesondere dort von Vorteil sein, wo Geschäfte zur Ausführung von Stampfasphalt nicht bestehen und es sich bei dem geringen Umfang der in Aussicht genommenen Arbeiten nicht verlohnt, die erforderlichen Maschinen und Vorrichtungen samt eingeübten Arbeitern herbeizuholen, oder wenn in einer Straße aus irgend einem Grunde Stampfasphaltarbeiten nicht ausgeführt werden können.

§ 104. Zement und Eisenbeton.

1. Zementmakadam. Fahrbahnen aus Zementmakadam werden seit etwa 20 Jahren hergestellt; sie haben sich, an richtiger Stelle und sachgemäß ausgeführt, als gute und preiswerte Decken bewährt. Man soll die Befestigung nur dort anwenden, wo kein zu schwerer Verkehr herrscht

und wo es zugänglich ist, die Neuanlage oder die Ausbesserung der Decke so lange dem Fuhrverkehr zu entziehen, bis eine gründliche Erhärtung stattgefunden hat.

Zunächst wird eine etwa 15 cm starke Betonbettung (Mischung 1 : 8 bis 1 : 10) hergestellt. Auf diese wird in einigen Tagen die Decklage, bestehend aus 1 Teil Zement und 2—3 Teilen Hartgestein-Schotter, in einer Stärke von 6 cm aufgebracht. Durch Stampfen, Walzen usw. wird die Mischung auf eine Stärke von 4—5 cm zusammengedrückt. Das Dichten geschieht bei einigen Firmen durch Stampfen von oben, bei anderen durch seitliche Stampfung nach dem Jenzschenschen patentierten Verfahren. Bei diesem Verfahren wird über die ganze Breite der Straße ein Blech gespannt, welches an den Bordsteinen auf Gleitschienen ruht. Dieses Blech bildet mit der Unterbettung gewissermaßen eine Form, in welche der Beton von der Seite her hineingestampft wird. Ist die Form gefüllt, so wird sie um 20—25 cm vorgeschoben u. s. f. Hierdurch soll erreicht werden, daß die Straßenkrone in dem richtigen Profil gleich ordnungsmäßig und ohne Vertiefung herauskommt, wogegen das Stampfen von oben schon ein sehr geübtes Auge des Arbeiters verlangt.

Mindestens jede Tagesleistung erhält Ausdehnungsfugen durch Einlegen von Dachpappstreifen, Winkelleisen u. dergl. Es soll dadurch erreicht werden, daß der Beton den Wärmeverhältnissen entsprechend sich ausdehnen oder zusammenziehen kann, ohne daß unregelmäßig gestaltete Risse entstehen.

Der Beton an sich ist zu spröde, um den Angriffen durch den Verkehr mit Erfolg widerstehen zu können, deshalb erhält die Deckschicht oft einen Zusatz, welcher derselben eine gewisse Elastizität geben soll, ohne daß die Festigkeit des Zementes darunter leidet. Hierher gehören:

2. Das Pflaster von Kieferling. Dasselbe hat ziemlich Verbreitung gefunden. Um die Rissebildung bei den Temperaturschwankungen zu verhüten, sind quer zur Fahrrihtung Ausdehnungsfugen in gewissen Abständen angeordnet worden.

3. Das Diabas-Zementsteinpflaster des Kunststeinwerkes Koschenbach; es ist dem vorigen ähnlich, wird aber aus Diabaskleinschlag hergestellt. Nach einem patentierten Verfahren wird Aufbringen und Stampfen der Deckschicht mechanisch ausgeführt.

4. Das Teer-Zementpflaster von Absolon in Oldenburg. Die Decklage besteht aus Hartsteinschotter, Kies, Sand, Zement und einer Teermischung. Der Teerzusatz soll der Masse die nötige Zähigkeit geben, soll den Staub binden, die Abnutzung verringern. Ausdehnungsfugen werden ebenfalls eingelegt, die mit Pflasterkitt vergossen werden.

5. Basaltoid ist ebenfalls eine Fahrbahn aus Zementbeton, der außer Basalt und Portlandzement geringe Zusätze von Quarz und Granit enthält. Auch hier werden Dehnungsfugen eingelegt, um die Bildung von Rissen zu vermeiden.

Beton und Eisenbeton werden namentlich noch verwandt zur Fahrbahnunterbettung. Ein geschlossenes Betonbett hat den Nachteil, daß es sich bei einem Ausbruch der Straße, wie er durch die eingebetteten Versorgungsnetze öfters nötig wird, nur schwer durchbrechen läßt, und daß der frisch eingebrachte Beton längere Zeit erhärten muß, der Verkehr mithin eine längere Unterbrechung erleidet. Dieser Übelstand kann dadurch beseitigt werden, daß man statt des geschlossenen Betonbetts einzelne Blöcke oder Platten aus Beton oder Eisenbeton unter die eigentliche Fahrbahndecke verlegt.

6. Betonprismen.¹⁾ 25 × 30 cm groß und 17 cm stark sind z. B. von Baurat Beer unter Asphaltplattenbelag, wie auch unter Kleinpflaster mit gutem Erfolg öfters verwendet worden. Die Prismen wurden genau nach dem Quergefälle gelegt und die Stoßfugen sorgfältig mit trockenem Sande gefüllt.

7. Eisenbetonplatten²⁾ von 1,0 m Länge, 0,45–0,50 m Breite und 5 cm Dicke hat Baurat Schallehn in Wolmirstedt schon seit dem Jahre 1903 als Unterbettung für das Kleinpflaster benutzt. Die Platten wurden auf eine 15 cm hohe, gut geebnete und fest gestampfte Sandschicht dicht nebeneinander verlegt, auf beiden Seiten der Fahrbahn aber auf besondere Betonschwellen gelagert. Auf diesen Platten ist das Kleinpflaster in eine 3 cm starke Sandschicht versetzt und dann gerammt worden. Die Ausführung hat sich gut bewährt, namentlich in Straßen mit eingebettetem Rohrnetz. Sollen Rohre ausgebessert werden, so können die Platten leicht aufgenommen und später wieder verwendet werden.

B. Bürgersteige, Seitenfahrten und Rinnen.

§ 105. Bürgersteige.³⁾

Die erhöhten Fußsteige oder Bürgersteige werden gegen die Fahrbahn durch einen erhöhten Randstein, auch Bordstein oder Bordschwelle genannt, abgegrenzt. Das Tagewasser soll vom Fußweg über den Bordstein hin in die Fahrbahnrinne fließen. Der Fußweg erhält deshalb je nach der Art der Befestigung eine Querneigung nach der Fahrbahn zu von

¹⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1910, S. 215.

²⁾ Zentralblatt der Bauverwaltung 1907, S. 202.

³⁾ Mitteilung 22 des II. internationalen Straßenkongresses in Brüssel (1910).

1 : 40 bis 1 : 50; nur bei einem einfachen Kiesbelag wird dem Weg eine Neigung bis 1 : 25 gegeben.

1. Die Bordsteine. Diese werden aus Granit, Basaltlava oder anderen festen Gesteinen, auch wohl aus künstlichen Steinen, Steinzeug oder Beton hergestellt.

Die der Fahrbahn zugekehrte Seite ist abzuschrägen, ein rechteckiger Querschnitt der Steine ist unzuweckmäßig. Da der Bordstein nach der Fahrbahn zu geneigt liegt, so tritt bei Verwendung eines rechteckigen Querschnitts die Kante a etwas vor der Kante h seitlich heraus (Fig. 145); da ferner die Räder der Fuhrwerke an sich so gestellt sind, daß sie oben überstehen, mithin x

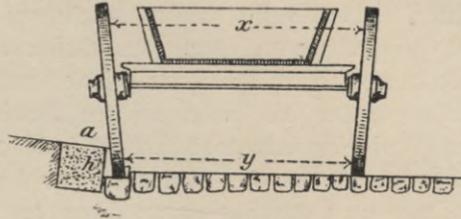


Fig. 145. Bordstein.

größer als y ist, und da überdies die Fuhrwerke selbst infolge des Querprofils der Fahrbahn nach dem Bordsteine zu geneigt sind, so wird nur die vortretende Kante a von den Rädern berührt werden. Bei der Vorwärtsbewegung der Fuhrwerke haben die Räder wegen der bei a auftretenden Reibung stets das Bestreben, den Bordstein

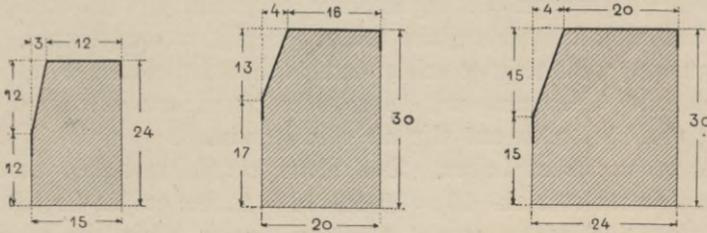


Fig. 146. Bordsteine.

nach oben hin von seiner Grundlage abzuheben. Am häufigsten wird dieses in steil abfallenden Straßen der Fall sein, in denen die schweren Lastfuhrwerke mit Vorliebe dicht an den Bordstein heranzufahren, um die zwischen Bordstein und den Rädern auftretende Reibung zum Bremsen der Fuhrwerke auszunutzen. Diese Unzuträglichkeit vermeidet man am einfachsten, indem man den Bordsteinen eine der Fig. 146 entsprechende Form gibt.

In einzelnen Städten sind an stark befahrenen Straßenecken, wo Wagenräder oft hart an den Bordsteinen entlang gleiten, letztere durch

2 cm starke Eisenschienen geschützt und ist außerdem neben den Bordsteinen noch eine Reihe von eisernen Pflasterklößen eingesetzt.¹⁾

Die Breite der Bordsteine wird verschieden angenommen. Schmale Steine kippen leicht um; breite Steine lagern fester, gewähren ein besseres, stattlicheres Aussehen, doch steht der höhere Preis ihrer allgemeinen Einführung entgegen. Man begnügt sich daher meist mit Breiten von 25—30 cm.

Besonders wichtig ist bei den Bordsteinen ihre feste und sichere Lagerung. Die Steine müssen mindestens auf durchlässigem Boden (Sand) gelagert werden, damit das Wasser unter dem Stein abzieht und der Stein nicht durch den Frost gelockert und emporgehoben wird. Im Rheinland werden die Steine auf den Provinzialstraßen in den Städten meistens auf eine Unterlage von 20—30 cm starkem Beton oder aus Ziegelmauerwerk von 3—4 Schichten und 1½ Steinstärke gesetzt. Nach dem Setzen der Bordsteine und nachdem das anschließende Rinnenpflaster abgerammt ist, werden die Stoßfugen der Bordsteine sauber mit Zementmörtel ausgegossen und verstrichen. Die obere und vordere Fläche wie auch die seitlichen Stoßfugen werden sauber scharriert.

2. Befestigung der Bürgersteige.²⁾ Der Bürgersteig soll in erster Linie als Fußweg dienen; er muß daher ein angenehmes Gehen bei jeder Witterung gestatten. Er muß dauerhaft sein, darf nicht glatt werden, nicht auffrieren und muß möglichst rasch abtrocknen. Sind in einem Teile des Bürgersteiges Versorgungsnetze eingebettet, so soll wenigstens dieser Teil leicht aufgehoben und wieder befestigt werden können. Die Befestigung der Bürgersteige erfolgt nur in Ausnahmefällen durch Kies, meistens durch Pflasterung mit Natur- oder Kunststeinen oder durch Herstellung von Gußdecken aus Asphalt oder Zement.

a) Natursteinpflaster. Das Natursteinpflaster besteht entweder aus Steinplatten oder aus 10×10 bis 12×12 cm großen Kopfpflastersteinen, sog. Platinen, oder aus 5—6 cm großen Mosaikpflastersteinen. Die Steine werden meistens in eine 8—10 cm starke Sandschicht versetzt. Nach dem Setzen werden Platinen und Mosaiksteine gerammt. Der Mosaikbelag erhält ein reicheres Aussehen durch Musterung von verschiedenfarbigen Steinen.

b) Kunststeinpflaster. Man verwendet Steine aus gebranntem Ton, aus Zement, Asphalt usw.

Klinker. In Gegenden, wo Klinker zur Befestigung der Fahrbahn dienen, werden diese auch zu den Fußwegen benutzt. Während

¹⁾ Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau 1910, S. 673.

²⁾ Der „Bürgersteigbelag“ (Verlag: Tonindustrie-Zeitung) 1909.

man aber die Klinker auf den Fahrbahnen hochkantig stellt, legt man sie in Fußwegen auf ihre breite Seite in eine entsprechend starke Sandschicht.

Tonplatten (Fliesen) von 15—22 cm Seitenlänge, glatt oder geriffelt, werden gewöhnlich diagonal in Zementmörtel auf dem festgestampften Boden (z. B. in München) oder auf ein Sand- oder Kiesbett oder auf flachgelegte Ziegelsteine, am besten auf eine 8—10 cm hohe Betonunterlage verlegt.

Zementplatten (Betonplatten). In Bremen haben diese Platten Größen von 60×85 oder 58×58 cm und eine Stärke von 7 cm. Die untere, 4,5 cm starke Schicht einer solchen Platte besteht aus einem Teil Zement und vier Teilen ungefeibtem Kies, die obere, 2,5 cm starke Schicht aus einem Teil Zement und zwei Teilen reinem Sand. Die Platten werden gewöhnlich nur in Sand verlegt, sie lassen sich deshalb leicht wieder abheben; Risse zeigen sich selten. — In anderen Städten finden wir andere Abmessungen. Weit bekannt und zu empfehlen sind die Basaltinplatten (N.-G. Linz a. Rhein) und die Zechit-Granitoidplatten (Zechstein- und Zechitwerke Bredelar), ferner die Kunstgranitfliesen. Diese haben 25×25 oder 35×35 cm Seitenlänge; sie sind „ungeschliffen“, „geschliffen“ oder „geschliffen und farbig“. Diese Fliesen, welche u. a. „Unter den Linden“ in Berlin verlegt sind, stehen bezüglich der Abnutzung den Graniten gleich.

Asphaltplatten aus gepresstem Asphaltpulver, 16×16 cm groß, werden wie die meisten Plattenbeläge auf eine feste Unterlage aus Beton oder auf ein Ziegelpflaster verlegt.

Monierplatten (Beton mit Eiseneinlage) finden Anwendung zur Überbrückung der Gräben für die Versorgungsleitungen. Sie können leicht aufgenommen und wieder verlegt werden.

c) Gußdecken aus Asphalt oder Zement müssen ebenfalls auf eine feste Unterlage gelegt werden. Gußdecken erhalten durch Bewegungen des Untergrundes, durch den Wechsel der Wärme usw. leicht Risse. Diese stets unregelmäßig verlaufenden Risse geben der Straße ein schlechtes Aussehen. Daher ist es zweckmäßig, geradlinig verlaufende Risse bei Anfertigung der Decke, etwa durch Einlegen von senkrechten Papierstreifen, anzubringen.

Der Gußasphalt erhält in der Regel eine 8—10 cm starke Unterlage aus Zementbeton. Asphalt und Goudron werden geschmolzen, dann wird etwa $\frac{1}{3}$ der Masse an Kies zugefügt. Nachdem die Mischung gründlich durcheinander gearbeitet ist, wird die breiartige Masse mittels Schöpflöffels auf den Beton gebracht und in einer Stärke von 2—3 cm

ausgebreitet. Vor dem Erkalten wird der Belag mit Zement vermischtem, feinem Sande gründlich abgerieben.

Der Zementestrich besteht aus einer 2—3 cm starken Schichte Zementmörtel (1 l Zement, 1—2 l Sand), die auf einer Betonschicht

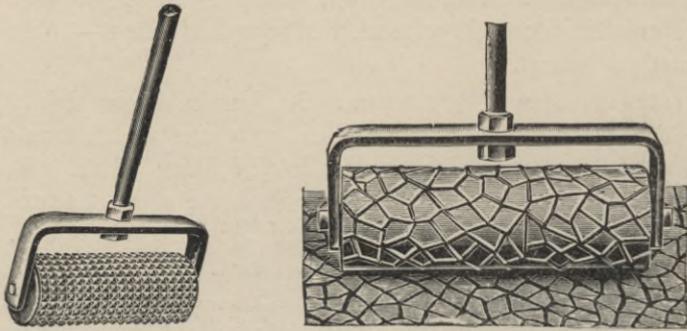


Fig. 147. Zementwalzen.

lagert. Die Zementschicht wird vor Erhärtung der Betonunterlage aufgebracht, glatt gestrichen und mit einer gezahnten Walze abgewalzt, so daß der Zementestrich das Aussehen einer gestockten oder mit Mosaikmuster versehenen Fläche hat (Fig. 147). Der Zement muß langsam trocknen.

§ 106. Seitenfahrten.

Während im allgemeinen die Bürgersteige von Wagen nicht befahren werden, gibt es doch auch Fälle, bei denen dieses nicht zu vermeiden ist, nämlich bei den sog. Seiten- oder Loreinfahrten. Hier sind die in die Höfe der angrenzenden Häuser einfahrenden Wagen gezwungen, den Bürgersteig und die zwischen Bordstein und Fahrbahn befindliche Rinne quer zu überschreiten. Die Rinnensohle liegt stets tiefer als der Bürgersteig, und die Befestigung des Bürgersteiges ist häufig für Fuhrwerke nicht geeignet. Daher bedarf es besonderer Einrichtungen zur Überschreitung der Rinne und zum Befahren des Fußweges.

Die Überschreitung der Rinnen kann wie folgt geschehen:

1. Der Bordstein vor der Loreinfahrt wird gesenkt, gleichzeitig wird die Vorderkante des Steines derart abgerundet, daß die Fuhrwerke beim Überfahren keinen wesentlichen Stoß erleiden.
2. Die Rinnensohle wird gehoben; es kann dieses geschehen, wenn die Seitenfahrt in einer Wasserscheide der Rinne liegt oder wenn das Rinnenwasser oberhalb der Seitenfahrt einem Entwässerungskanal zugeführt wird.

3. Von Rinnensohle bis Bürgersteig wird eine Abtreppung oder eine geneigte Ebene gebildet, indem die Rinnensohle liegen bleibt, der Bordstein aber wegfällt, oder indem der Bordstein liegen bleibt, die Rinnensohle aber nach der Mitte der Fahrbahn zu verschoben wird.
4. Die Rinne wird überbrückt, entweder mit schrägliegenden oder mit horizontalen Eisenplatten.
5. Die Höhenlage der Fahrbahn, der Rinne und des Bürgersteiges bleiben unverändert. Man legt alsdann bei jedesmaligem Gebrauche ein Langholz in die Rinne an den Bordstein, um den Stoß beim Überfahren der Rinne zu mildern.

Es können auch mehrere dieser Bauweisen miteinander vereinigt werden. Welche Bauweise man wählen soll, das hängt von den örtlichen Verhältnissen ab. Je nachdem der Fußgänger- oder der Fuhrverkehr vorherrschend ist, muß mehr Rücksicht auf den Bürgersteig oder auf die Fahrbahn genommen werden. Überbrückungen der Rinnen sind besonders störend; sie sollen tunlichst vermieden werden.

Die Befestigung des Bürgersteiges vor den Toreinfahrten richtet sich nach den überfahrenden Wagen.

§ 107. Rinnen.

Die zwischen Bürgersteig und Fahrbahn hinziehenden Rinnen haben den Zweck, das Tagewasser von der Fahrbahn und dem Bürgersteig aufzunehmen und in die Straßenkanäle weiterzuführen. Sie müssen deshalb mit entsprechendem Gefälle angelegt werden. Das Gefälle der Rinnen richtet sich im allgemeinen nach dem Gefälle des Fahrbahnrückens. Ist die Fahrbahn horizontal oder nur sehr schwach geneigt, so kann man das Rinnengefälle dadurch vergrößern, daß man in die Rinne Wasserscheiden einbaut, an diesen Wasserscheiden Fahrbahn und Rinne flach gestaltet, dagegen an der Rinnenmündung der Fahrbahn eine stärkere Wölbung und der Rinne eine größere Tiefe gibt; außerdem kann man den Sohlstein der Rinne nach Bedürfnis senken.

Der Wasserabfluß in der Rinne ist jedoch nicht nur abhängig von dem Gefälle, sondern er wird auch durch die Form und die Rauigkeit der Rinne bedingt. Je größer die Uferwände im Verhältnis zum Wasserquerschnitt und je rauher die Wandungen sind, um so schlechter fließt das Wasser ab. Auch muß eine gewisse Schwimmtiefe vorhanden sein, wenn die Sinkstoffe mitgeführt und nicht in der Rinne abgelagert werden sollen. Man gibt daher bei schwachem Gefälle der Rinne gern ein solches Profil, daß bei der geringsten zulässigen Schwimmtiefe (etwa 2 cm) die Spiegel-

breite des Wassers 8 bis höchstens 15 cm beträgt; auch sucht man die Wandungen möglichst glatt zu gestalten. Man erreicht dieses dadurch, daß man besondere, glatt bearbeitete Sohlstücke aus Naturstein oder Beton einlegt oder besonders glatte Pflastersteine (Schlackensteine u. dergl.) verwendet, von denen man den Sohlstein etwa 2 cm tiefer setzt als den angrenzenden geneigten Rinnenstein (Fig. 145). Das geringste zulässige Gefälle für Rinnen mit glatter Sohle beträgt etwa 1 : 1000.

IV. Verkehrswege für besondere Verhältnisse.

A. Waldwege.

§ 108. Allgemeines.

Die Waldwege sollen zunächst die Abfuhr des Holzes aus dem Walde erleichtern, dann sollen sie noch die Aufsicht und den Verkehr vereinfachen und bei Waldbränden eine gewisse Schranke für das Feuer abgeben. In erster Linie sind die Waldwege demnach „Holzabfuhrwege“, die das Waldholz dem Markte zuführen. Hierin liegt auch ihr Hauptnutzen, denn der Waldpreis des Holzes ist gleich dem Marktpreis, abzüglich der Transportkosten. Je besser der Weg, um so niedriger die Transportkosten, um so höher der Preis für das Holz im Walde.

In wirtschaftlicher Beziehung kann man die Wege einteilen in Hauptwege und Nebenwege. Hauptwege sind solche, die ständig benutzt werden, um die Forsterzeugnisse aus den Nebenwegen oder überhaupt aus dem Walde zu führen. Es sind Sammelwege, in denen die nur zeitweilig benutzten Nebenwege münden. Von diesen Nebenwegen können wieder andere Nebenwege abzweigen, von diesen Abzweigen wieder andere usw. Hierdurch entstehen Nebenwege 1., 2., 3. usw. Ordnung. All diese Wirtschaftswege zusammengenommen bilden das wirtschaftliche Wegenetz, welches, den Adern eines tierischen Körpers ähnlich, den Umlauf des Verkehrs vermittelt und die wirtschaftliche Lebensfähigkeit eines Forstbetriebes erhält und steigert.

In der Ebene wird das Wegenetz ein Netz sich möglichst rechtwinklig kreuzender, geradliniger Wege. Hiervon werden die wichtigsten — nach Bedarf — als Hauptwege ausgebaut; die übrigen als Nebenwege mit oft verhältnismäßig geringen Kosten in Stand gesetzt. Haupt- und Nebenwege dienen in den meisten Fällen zugleich als Waldabteilungs- und als Waldgrenzen. Dabei trachtet man möglichst viel Waldfläche von den Wegen berühren zu lassen; man wird also bei rechteckigen Waldabteilungen den Weg möglichst der Längsseite des Rechtecks entlang führen.

Anders dagegen im Berglande. Auch hier wird man die vorbeschriebene Einteilung anstreben, soweit dieses die Bodengestaltung, namentlich aber die hierdurch bedingten Gefällverhältnisse dieses zulassen. Im allgemeinen wird man die Wege so legen, daß das Holz bergab, niemals bergan zu fahren ist. Vorteilhaft ist es, einen Weg am unteren Rande des Waldes hinzuführen, damit möglichst viel Holz aus dem Bestande in natürlicher Weise dem Wege zufällt und nicht ein unterhalb des Weges belegener Bestand bleibt, aus dem Holz nur mit großer Mühe auszubringen ist.

Die Anlehnung an das Wirtschafts-Einteilungsnetz tritt im Berglande gegen die Gefälls- und Bauücksichten mehr oder weniger zurück. Die Wege schneiden sich oft unter einem schiefen Winkel. In beiden Fällen, ob rechtwinklig oder schief die Verbindung der Wege stattfindet, müssen sie aber mit Rücksicht auf den Langholztransport an den Treffpunkten ausgerundet werden. — Im übrigen finden die bei den Landstraßen gegebenen Regeln über die Linienführung und Gestaltung der Wege hier sinngemäße Anwendung.

Über die Entfernung der Wege voneinander werden manchmal bestimmte Zahlen angegeben, doch haben diese nur sehr geringen Wert. Auch läßt sich nicht allgemein vorschreiben, welche Bauweise bei den Haupt- und Nebenwegen anzuwenden ist. Es hängt dieses stets von den örtlichen Verhältnissen ab.

Das wirtschaftlich günstigste Wegenez ist dasjenige, bei dem die einzelnen Wege eine solche Entfernung voneinander und einen solchen Ausbau haben, daß einerseits die Kosten für den Ausbau und die Unterhaltung der Wege möglichst gering sind, andererseits aber die Erleichterung der Holzabfuhr und die hierdurch bewirkte Frachtermäßigung möglichst groß wird. Dieses Verhältnis muß aber für jeden einzelnen Fall besonders ermittelt werden.

Je nach der Art der Befestigung unterscheiden wir Erdwege, Wege mit Steinbahnen und solche mit Holzbahnen.

§ 109. Erdwege.

Die Nebenwege werden oft als Erdwege in einer Breite von 3,0 bis 3,5 m ausgebaut. Sie bedürfen einer guten Entwässerung, besonders dann, wenn die verwendeten Erdarten das Wasser stark zurückhalten. Liegt ein solcher Weg in der Ebene, so erhält er auf beiden Seiten Entwässerungsgräben von etwa 1 m oberer Breite, 0,35 m Tiefe und 0,25 m Sohlenbreite. Bei Wegen, die im Anschnitt liegen, wird entweder an der Bergseite ein solcher Graben angebracht, oder die Wegekrone erhält

einseitige Neigung nach der Talseite (Hangwege). Beide Anordnungen haben ihre Nachteile; durch Anbringung des Grabens werden die Erdarbeiten verteuert, und ein Hangweg ist für den Verkehr unbequem. Man kann diese Nachteile vermeiden, wenn man der Straßenkrone nach der Berg- und Talseite gleiches Gefälle gibt und das an der Bergböschung sich sammelnde Wasser nicht durch einen Graben, sondern möglichst oft durch Kanälchen unter der Fahrbahn durchführt. Derartige Wege hat z. B. Geheimer Forstrat Heyer in Gießen ausgeführt wie folgt: Ein Weg von $4\frac{1}{2}$ m Kronenbreite erhielt bei schwerem Boden eine Wölbung von 35 cm. Diese nach der Kreislinie gestaltete Wölbung mindert sich bei der Benutzung des Weges bald auf 25 cm. Das aus der Böschung dringende, sowie das vom Wege nach der Bergseite abfließende Wasser wird häufig durch kleine Kanäle unter der Fahrbahn durchgeführt. Die Kanäle bestehen meist aus gebrannten Tonröhren von 17,5 bis 20 cm Lichtweite und 50 cm Länge. Die Röhren werden, um ein Verstopfen zu verhüten, mit möglichst starkem Gefälle in der Richtung des Wasserzuflusses schräg durch den Weg gelegt. Jeder Kanal hat an der Einflußöffnung einen Laubfänger, an der Ausflußöffnung ein kleines Kesselfchen zur Aufnahme von Laub und Erde. Weil das Wasser durch die glatten Rohrmündungen weniger gehemmt wird als durch die rauheren, oft mit Gras bewachsenen Wandungen des Vorflutgrabens, so soll durch das Kesselfchen einer Aufhöhung der Kanalsohle und somit dem Beginn der Verstopfung vorgebeugt werden. Damit keine Erde durch die Stoßfugen in das Rohr gelangt, sind die Rohre gut aneinander gefügt und mit Moos umgeben. Um einem Zerdrücken der Rohre durch die Wagenräder vorzubeugen, ist die Fahrbahn auf 1 m Länge in ihrer ganzen Breite versteint oder die Rohre sind durch eine Überlage von Holz geschützt worden. Derartige Wege haben sich gut bewährt.

§ 110. Wege mit Steinbahnen.

Die bei den „Landstraßen“ beschriebenen Fahrbahnbefestigungen werden bei Waldwegen nur ausnahmsweise angewendet; in den meisten Fällen sind sie für solche Wege zu teuer. Man begnügt sich selbst bei den Hauptwegen mit einfacheren Ausführungen. Die Hauptwege erhalten eine Kronenbreite von etwa 4,5—5,0 m bei einer Fahrbahnbreite von 3,0—3,5 m. Geeignet für solche Hauptwege sind namentlich Steinbahnen aus zer Schlagenen Stein stücken, aus Kies oder Pflastersteinen.

1. Fahrbahnen aus zer Schlagenen Steinen. Diese kann man vortheilhaft herstellen nach der Bauweise Heyer (Fig. 148).

Geheimer Forstrat Deyer in Gießen, der Erfinder dieser Bauweise, schreibt darüber:¹⁾ „. . . Weil Versteinungen, selbst wenn die Steine billig zu haben sind, immer erheblichen Kostenaufwand verursachen, so ging mein Streben dahin, die erforderliche Steinmenge, die Arbeit bei Herstellung von Chausseen und die späteren Unterhaltungskosten auf ein Minimum herabzudrücken. Da die Steinmenge bei gleicher Steinbahnbreite der Stärke proportional ist, so suchte ich vor allem zu ermitteln, wie weit man mit letzterer ohne Beeinträchtigung der Chaussee herabgehen könne; denn diese Grenze darf nicht überschritten werden, indem sonst eine Ersparnis bei der ersten Anlage leicht durch vermehrte Unterhaltungskosten überwogen werden kann. Eine wesentliche Ersparnis an Steinen wird dadurch ermöglicht, daß man der vor Anfertigung des Grundbaues nochmals genau nach dem Nivellement herzustellenden Erdbahn eine stärkere Wölbung gibt, als die Chaussee später erhalten soll, wodurch der Grundbau (die Pack-

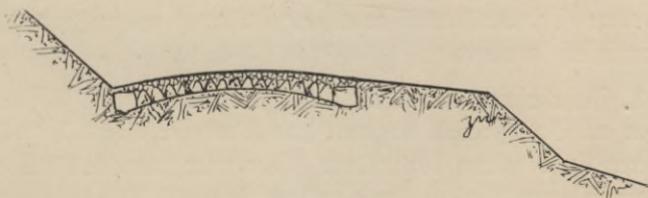


Fig. 148. Wegeprofil.

lage) nach der Mitte sich verjüngt. Da die Fuhrwerke auf schmalen Chausseen gewöhnlich eine Spur halten, wobei das Zugvieh in der Mitte geht, mithin hier nur eine geringe Belastung stattfindet, so gilt es vor allem, den Stellen, wo die Räder gehen, die erforderliche Tragfähigkeit zu geben.“

„. . . Ist das Grundbett hergerichtet, so werden die vorher in dünne Stücke zerschlagenen Steine als Packlage gesetzt. Besondere Decklagesteine werden nicht aufgebracht; die Decke wird nur durch die beim Abkeilen des Gestücks (der Packlage) sich ergebenden Schotter gebildet. Nach dem Abkeilen werden zunächst die abgekeilten Splitter mit einem 500 g schweren Hammer grob zerschlagen, zum Schluß werden die oberen Stücke mit einem 100 g schweren Hammer fein zerkleinert. . . .“

„Bei dieser dünnen Decke ist jedoch nötig, daß die Steine gehörig klein geschlagen werden, damit die spätere Glätte der Chaussee nicht sowohl durch das Zermahlen, als durch das Festfahren der Decke bewirkt

¹⁾ Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, Dezemberheft 1900.

wird. Dies geschieht, wenn nach Fertigstellung der Steinbahn keine Steine mehr sichtbar sind, die mehr als 2,5 cm im Durchmesser haben.“

„Sind die Steine nur grob zer schlagen, so werden sie durch die Fuhrwerke mehr zermalmt als festgefahren, der feine Grus wird vom Wasser abgespült oder rinnt in die Zwischenräume des Gestücks, dieses wird bloßgelegt und die Chaussee bleibt rauh.“

„Daß die auf obige Art gebauten Chausseen sich bald glatt fahren und gut halten, dafür liefern die ausgedehnten Steinbahnen in hiesiger Oberförsterei den Beweis, ja ich glaube, daß eine solche Bahn früher glatt wird, als wenn man sie dick mit klein geklopften Steinen überdeckt, was insbesondere da von Belang ist, wo die Holzabfuhr meist durch Rindvieh geschieht, das auf rauhen Chausseen leicht lahm wird.“

„Eine wesentliche Arbeitsminderung dürfte noch erreicht werden, wenn die Versteinungen ohne Wandsteine ausgeführt werden und statt dieser einen sog. Kollkamm erhalten.“ Derart ausgeführte Wege haben sich vorzüglich bewährt.

2. Fahrbahnen aus Kies. In der Ebene fehlt es häufig ganz und gar an Bruchsteinen, dagegen sind Kieslager öfters in größerer oder geringerer Ausdehnung vorhanden. Hier wird man das gröbere Gerölle von dem feineren Kies sondern und ersteres als Fahrbahnunterbau aufbringen, worauf als Decklage eine Schicht feineren Kies folgt. Als Bindematerial benutzt man Lehm, Ton usw., wie in § 86 gezeigt ist.

3. Pflasterungen. An sumpfigen oder anderweit durch Wasser gefährdeten Stellen befestigt man die Fahrbahn auch wohl mit Pflaster. Man verwendet hierzu Bruchsteine oder Geröllstücke, die mehr oder weniger mit dem Hammer bearbeitet werden. Beim Setzen der Steine sucht man die Steine in Reihen zu bringen. Lassen sich diese Reihen wegen der ungleichen Größe nicht in der ganzen Breite der Straße durchführen, müssen einzelne Reihen eingeschoben werden, dann entsteht das Reihenschiebpflaster. Sind die einzelnen Reihen nicht mehr erkenntlich, dann hat man das Schiebepflaster. Beim Rippenpflaster setzt man in Abständen von etwa 60 cm Rippen aus kräftigen Steinen quer zur Steinbahn und pflastert dazwischen mit dem „Einschlag“. Die „Rippen“ oder „Wandsteine“ müssen gut unterstopft und mit dem Pflasterhammer so eingeschlagen werden, daß sie sofort die richtige Höhe nach der Schablone erhalten. Sie sollen, wenn möglich, mit dem Einschlage annähernd gleiche Größe haben oder doch nicht erheblich größer sein, weil nur Steine gleicher Größe auch gleiche Widerstandsfähigkeit haben.

§ 111. Wege mit Holzbahnen.

Auf weichem Moorboden und in sumpfigen Gegenden erhalten mitunter die Wege Holzbahnen, entweder Knüppelbahnen oder „lebendige“ Fahrbahnen.

1. Knüppelbahnen. Die Fahrbahn wird unmittelbar auf den nassen oder sumpfigen Boden ohne Vermittlung eines Unterbaues gelegt. Je nach der Stärke und Form der Querkhölzer unterscheidet man zwei Arten der Ausführung:

a) Man legt in Spurweite zwei Bäume als Unterlage und darüber Schalhölzer oder starke Knüttel möglichst dicht aneinander, welche an den Seiten durch gespaltene Stämme mit Holznägeln festgehalten werden.

b) Man legt in Entfernungen von 1 m etwa 20 cm dicke Unterlagshölzer auf den Boden und füllt ihre Zwischenräume mit Schotter, Sand oder Erde aus. Die Unterlagshölzer kann man auch in schmale Gräbchen legen. Senkrecht auf die Unterlagshölzer legt man 10—15 cm starke Prügel dicht aneinander geschlossen. Über die Enden der Prügel werden Bindelatten gelegt und durch lange Hakenpföcke an den Boden befestigt. Innerhalb dieser Bindelatten wird eine dünne Schichte von Schotter, Sand oder Erde auf die Prügel geschüttet und ausgeglichen.

2. Lebendige Fahrbahnen. Sie werden aus einer Lage von Weidenästen hergestellt. Diese in einem Abstände von 25 bis 30 cm quer über die Straße gelegten Weidenäste werden an den Grabenrändern mit Wüsten und Pfählen befestigt. Auf die Weidenäste kommt eine Lage Mutterboden und darüber eine Lage Kies. Die Spitzen der ausschlagenden Weidenäste werden in den ersten Jahren, um die Wurzelbildung zu befördern, abgeschnitten.

B. Land- und Feldwege.

§ 112. Zweck und Lage.¹⁾

Landwege dienen dem öffentlichen Verkehr von Ort zu Ort. Feldwege sollen den Verkehr innerhalb der Feldmark vermitteln, also vorwiegend zu landwirtschaftlichen Zwecken benutzt werden. Der Bau und die Unterhaltung der Landwege geschieht durch die Gemeinden und Kreise. Feldwege gehören zu der Feldmark und sind gewöhnlich von den Eigentümern der letzteren anzulegen und zu unterhalten. Die Neuanlage oder Veränderung beider Wegearten können zweckmäßig mit der Zusammenlegung der Grundstücke verbunden werden.

¹⁾ Hüfer, in Voglers Grundlehren der Kulturtechnik und Schmid, Prof., Feldweg- und Waldwegbau.

Der Landweg soll in erster Linie eine zweckmäßige Verbindung zweier Ortschaften herstellen. Für die Festlegung der Plan- und Höhenlage finden daher die bei den Landstraßen gegebenen Regeln sinngemäße Anwendung. Als größte Steigung kann 1 : 16, als kleinster Krümmungshalbmesser 25—30 m, in Ausnahmefällen 20 m, als geringste Planungsbreite 6 m angenommen werden.

Unterliegen sämtliche Gemarkungen, durch die ein Landweg geführt werden soll, nicht gleichzeitig der Zusammenlegung, so kann immerhin bei der Zusammenlegung auch nur einer Gemarkung ein solcher Weg vorbereitet werden. Es wird ein ohnehin nötiger Feldweg in der Weise entworfen, daß er zu gelegener Zeit als Landweg ausgebaut werden kann. Hierbei sind namentlich der zweckmäßigste Ein- und Ausgangspunkt für die zusammenzulegende Gemarkung festzustellen, und die Steigungsverhältnisse, sowie die Krümmungshalbmesser dem späteren Landwege entsprechend zu gestalten, dann wird sich eine solche Wegestrecke leicht in ein späteres Wegeprojekt aufnehmen lassen, vielleicht die unmittelbare Veranlassung zur Weiterführung des Weges geben. Weil aber die Unterhaltung der Landwege den einzelnen Gemeinden oder dem Kreise obliegt, deshalb ist zum Neubau oder zur Veränderung von Landwegen stets die Zustimmung der zuständigen landständischen Behörden erforderlich.

Die Feldwege sollen eine möglichst kurze, aber doch gut fahrbare Verbindung der einzelnen Grundstücke und Gewende untereinander und mit der Ortschaft herstellen und die Parzellen möglichst gut zugänglich machen. Es besteht nicht nur das Bedürfnis, vom Ort aus auf das Feld und wieder zurück zu fahren, auch der Verkehr von einem Grundstück auf das andere muß ermöglicht werden. Weil die anstoßenden Ländereien unmittelbar von den Wegen aus zugänglich sein sollen, so ergibt sich schon hieraus, nach Möglichkeit den Weg dem Gelände anzuschmiegen, größere Ab- und Aufträge zu vermeiden.

Bei der Zusammenlegung hängt das Wegnetz mit der Gestaltung der neuen Flurabteilungen und Grundstücke auf das innigste zusammen; das Wegenez bildet den Rahmen, innerhalb dessen die Grundstücke wieder neu zu ordnen sind. Die Form der Flurabteilungen und Grundstücke soll eine regelmäßige, wenn möglich eine rechtwinklige sein, weil bei dieser Form die Bewirtschaftung der Grundstücke, besonders bei Anwendung von Maschinen am leichtesten stattfinden kann. Es läßt sich diese Regelmäßigkeit aber nur in ebenem Gelände, und wenn sonst die Verhältnisse günstig sind, durchführen; bei unebenem Gelände soll man eine möglichst regelmäßige, rechteckige Gestaltung anstreben.

Außer der Geländegestaltung sind für das Wegenetz noch bestehende Straßen, Wasserläufe, Gemarkungsgrenzen, Kulturarten usw. bestimmend. Nur dann, wenn eine Änderung der Feldeinteilung nicht geboten erscheint, oder eine solche wegen Geländeschwierigkeiten oder den vorhandenen Kulturarten nicht vorgenommen werden kann, wird man sich mit der Ausführung einzelner Feldwege begnügen können.

Bei den Feldwegen unterscheidet man Haupt- und Nebenwege.

a) Die Hauptwege sollen Flurteile größeren Umfanges aufschließen oder miteinander verbinden. Die Ortschaft ist für sie gewissermaßen der Mittelpunkt, von welchem die Strahlen des Netzes ausgehen und sich über die ganze Gemarkung erstrecken.

Im Gebirgs- und Hügellande unterscheidet man oft Höhen- und Talwege oder Zufuhr- und Abfuhrwege.

Die Höhenwege führen auf die Höhen; sie werden hauptsächlich zur Düngerzufuhr benutzt. Ihre Steigung beträgt bis 8%, in Ausnahmefällen 10%.

Die Talwege dienen im wesentlichen zur Abfuhr der Ernte. Sie bilden oft die Trennung zwischen Ackerland und Wiese. Ein solcher Trennungsweg ist wünschenswert, weil Acker und Wiese ganz verschieden bewirtschaftet, daher auch zu ganz verschiedenen Zeiten mit Geschirr und Weidevieh betreten werden.

Bei ausgedehnten, geneigten Ebenen und breiten Berglehnen werden häufig Mittelwege nötig, die für den oberhalb belegenen Teil den Abfuhrweg, für den unterhalb belegenen Teil den Zufuhrweg bildet.

b) Nebenwege. Mit Rücksicht auf die Gestaltung der Grundstücke sollen die Nebenwege möglichst rechtwinklig von den Hauptwegen abzweigen und zu den einzelnen Grundstücken hinführen. Wendewege haben als Wege eine ganz untergeordnete Bedeutung; sie werden besonders dort angelegt, wo steile Hänge usw. ein Acker der Anwenden (Vorwenden) nicht zulassen.

§ 113. Bauart.

1. Landwege. Für den Bau der Landwege finden die Regeln für den Bau der Landstraßen sinngemäße Anwendung. Die Planumbreite beträgt meist 6—7 m, die Breite der chaussierten Fahrbahn 3—4 m. Die Fahrbahnbefestigung erfolgt wie bei den Landstraßen durch Packlage und Kleinschlag, durch Grob- und Kleinschlag, nur durch Kleinschlag (Makadam), mit Kies usw. Auch die Heyersche Bauweise (§ 110) kann bei nicht zu starkem Verkehr mit Vorteil angewandt werden. — Die

Entwässerungs- und Sicherheitsanlagen, sowie die Baumpflanzungen entsprechen denen der Landstraßen.

2. Feldwege. Die Breite der Wege richtet sich nach dem Zwecke, welchem sie zu dienen haben. Die Planumbreite kann man nehmen bei Hauptwegen mindestens 5,0 m, bei Nebenwegen zu 3,5—4,0 m, bei Wendewegen zu 2,5—3,0 m. Je nach der Fahrbahnbefestigung unterscheidet man im wesentlichen chaussierte (beschotterte) Wege und Erdwege. Die Chaussierung kann ausgeführt werden wie bei den Landwegen; die Herstellung der Erdwege deckt sich im wesentlichen mit der der Waldwege.

C. Verschiedene Wege.

§ 114. Parkwege.

1. Linienführung. Diese richtet sich nach dem Gelände, namentlich aber nach dem Zweck des Weges. Wir unterscheiden bei Parkwegen zunächst Fahr-, Reit- und Fußwege. Fahrwege sollen im allgemeinen gerade gerichtet sein, Reit- und Fußwege gekrümmt. Müssen Fahrwege auch von Fußgängern betreten werden, um zum Ziele zu gelangen, so legt man hierfür besser einen besonderen Weg an. — Im Park führt meist ein für Fußgänger und auch für Reiter bestimmter Weg — der Grenzweg — der Grenze entlang aber so, daß er derselben nicht zu nahe kommt, damit nichts Unschönes dadurch entsteht. Die Grenze selbst wird meist durch Buschwerk verdeckt, sie bleibt nur dort frei, wo ein schöner Fernblick sich bietet. Im übrigen soll der Weg dem Besucher möglichst viel Schönes vor Augen führen. Die Breite des Weges richtet sich nach der Größe der ganzen Anlage.

Eine andere Art von Wegen sind die Nebenwege, welche den Grenzwegen an Breite untergeordnet sind. Die Nebenwege sollen dem Besucher einen genaueren Einblick in das Ganze gewähren oder einen Sitzplatz mit dem Grenzweg verbinden.

Im allgemeinen sollen sich die Parkwege dem Gelände anschmiegen; Einschnitte und Dämme dürfen nur ausnahmsweise auf kurzen Strecken vorkommen. Kreuzungen von Fahr- und Fußwegen sind tunlichst zu vermeiden; müssen sie stattfinden, so ist es gut, sie übereinander wegzuführen. Auch sollte ein Weg einen anderen niemals unter einem rechten Winkel schneiden. Man kann den Weg als einen stummen Wegeführer betrachten; er muß daher stets so angelegt sein, daß man sich nicht auf ihm verirren kann. Fürst Pückler-Muskau hat folgende Regeln über die Wegeführung gegeben:

- a) die Wege sind so zu führen, daß sie auf die besten Aussichtspunkte ungezwungen hinleiten;
- b) der Weg soll an sich eine gefällige und zweckmäßige Linie bilden;
- c) die Wege sollen auch die übersehbaren Flächen, durch welche sie führen, nur in malerischer Form abschließen;
- d) die Wege sollten nicht ohne Hindernis und ersichtlichen Grund wenden;
- e) die Wege sollen stets hart, eben und trocken sein.

Bezüglich der Steigungsverhältnisse ist zu beachten: der Weg soll bequem sein. Wird die Steigung zu groß, so muß man zuletzt mit Treppen nachhelfen, und zwar in möglicher Regelmäßigkeit, damit der Weg auch im Dunkeln begehbar ist.

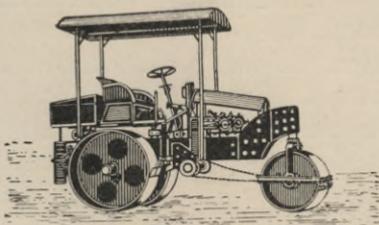


Fig. 149. Motorwalze.

2. Bauweise. Die Befestigung des Weges muß so beschaffen sein, daß der Weg jederzeit bequem und sicher benutzt werden kann. Es kommt fast ausschließlich eine Decke aus Kies, für fahrbare Wege auch Kleinschlag von feinem Korn in Anwendung. Zur Unterbettung können Steine als Schüttung oder Packlage verwendet werden, ferner Kies, Schlacke, Ziegelbrocken und andere durchlässige und dauerhafte Materialien. Die Decke, welche der Steigung des Weges entsprechend mehr oder weniger gewölbt sein muß, wird oft durch eine Handwalze, in der neuesten Zeit auch durch

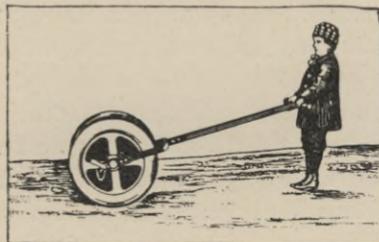
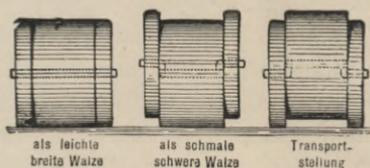


Fig. 150. Handwalze.



eine leichte Motorwalze (Fig. 149) befestigt. Eine zweckmäßige Handwalze — Triplex-Walze der Gebrüder Bobe in Dresden — ist in Fig. 150 dargestellt. Es sind an einer kurbelartig gestalteten Achse drei Walzen derart angebracht, daß sie durch Umschaltung in die gezeichneten Stellungen gebracht werden können. Werden die Parkwege auch von Fuhrwerken und Reitern zeitweise benutzt, so empfiehlt sich eine Befestigung nach der Heyerschen Bauweise. Im übrigen finden die Regeln für den Bau der Kiesbahnen und der Fußwege an Land- und Stadtstraßen sinnigemäße

Anwendung. Pflaster, namentlich Klein- und Minkerpflaster kommt fast nur an besonders gefährdeten Stellen zur Abführung des Wassers vor. Rinnen zur Abführung des Tagewassers sind, wenn erforderlich, auf beiden Seiten des Weges anzubringen. Sie werden zweckmäßig aus Stampfbeton hergestellt und erhalten eine Breite von 15—20 cm.

§ 115. Automobilstraßen.

1. Allgemeines. Eine Straße, die ausschließlich für Automobilverkehr bestimmt ist, soll eine feste, fugenlose und staubfreie Fahrbahn haben, die auch bei anhaltendem Regenwetter nicht glatt wird. Oberstleutnant Layritz schreibt hierüber:¹⁾ „Für Automobilstraßen können Materialien Anwendung finden, die bis jetzt nur für die eleganteren Straßen großer Städte gebraucht wurden, wie Asphalt, Zement oder Beton, Holz usw. Am besten möchte sich Zement in Verbindung mit Steinmaterial eignen. . . . Für Automobile, welche für den Personenverkehr bestimmt sind, also immer mit Pneumatikreifen versehen sein werden, kommt es auf Druckfestigkeit weniger an als auf Gleichmäßigkeit der Härte und gegenüber dem Pflaster auf Fugenlosigkeit. . . . Zement-Makadamstraßen aber sind — und das möchte hier zu ihren Gunsten entscheiden — selbst bei anhaftender nasser Schmutzdecke weniger schlüpfrig als Asphalt“.

2. Ausführung.²⁾ Von New-York ausgehend, wird zurzeit eine etwa 100 km lange Straße gebaut, welche ausschließlich für Personenautomobile bestimmt ist, und eine bequeme Verbindung zwischen New-York und den zahlreichen Ortschaften auf dem von ihr durchzogenen Gebiet herstellen soll.

Die 6,72 m breite Fahrbahn ist mit Betonpflaster belegt. Dieses Pflaster besteht aus einer 15 cm starken Steinschlagschicht, die trocken auf dem genau profilierten und durch Walzen möglichst befestigtem Straßenplanum ausgebreitet, dann mit dünnflüssigem Zementmörtel übergossen und darnach mit einer 10 t schweren Dampfwalze so lange gewalzt sind, bis Mörtelschlamm an der Oberfläche sich zeigt. Letzterer wird dann mit Granitgrus aus Körnern von etwa Erbsengröße überstreut und hierauf das Walzen solange fortgesetzt, bis wiederum Mörtelschlamm zum Vorschein kommt. Um das Auftreten von Rissen, wie sie bei Temperaturschwankungen oder Nachgeben des Untergrundes entstehen können, möglichst zu verhindern, wird in die Betonschicht ein Drahtgeflecht eingebettet.

¹⁾ Layritz, Die Straßenfrage im Zeitalter des Automobils.

²⁾ Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau 1908, S. 715.

Vierter Abschnitt.

Kanalisation.

I. Die Kanalisation im allgemeinen.

§ 116. Geschichtliches.

Viele Städte des Altertums hatten schon Entwässerungsanlagen, es waren meist überdeckte Abzüge mit gepflasterten Rinnen und gemauerten Wandungen.

In Babylon und Ninive führten große Kanäle das in der Stadt sich sammelnde Wasser dem Flusse zu. In diese Hauptkanäle mündeten Seitenkanäle aus den Wohnungen und anderen Bauwerken.

Jerusalem hatte schon vor Davids Zeiten Wasserabzugskanäle, teils in den Felsen gehauen, teils durch Mauerwerk gestützt. Durch einen solchen Kanal drang Joab in Jerusalem ein und kam David ohne Blutvergießen in den Besitz der Stadt. Von den Kanälen aus früheren Zeiten läuft einer dem Kidrontale zu; er ist 60 cm weit und 2,0 m hoch tunnelartig in den Felsen gehauen; sein Ausgang ist verschüttet.¹⁾

Cäsaräa, von Herodes dem Großen erbaut, war nicht nur eine der schönsten Städte der ganzen syropalästinensischen Küste, sie war auch mit Wasser versorgt wie kaum eine andere. Zwei große Aquadukte führten die quellfrischen gesunden Gebirgswasser des Karmel meilenweit herein in die Straßen der Stadt, und eine vorzügliche Kanalisation sorgte dafür, daß die Stadt unterirdisch fortwährend vom Wellenschlag des Meeres gespült und dadurch gesund gehalten wurde.²⁾

In Athen durchzieht ein alter Bewässerungskanal noch heute einen großen Teil der Stadt. An vielen Stellen ist dieser Kanal gewölbt, an einigen Stellen mit Kragsteinen überdeckt. An der Endstrecke des Kanals zweigen rechts und links kleine Seitenkanäle ab, welche den Kanalinhalt unterirdisch weiter führten und wohl auf die abwärts gelegenen Ebenen

¹⁾ Merkel, Die Ingenieurtechnik im Altertum.

²⁾ Schneller, In alle Welt.

verteilt, um dort zu beriefeln. Der größte dieser abzweigenden Kanäle ist aus Tonröhren von 0,67 m Durchmesser hergestellt. Diese Röhren bestehen aus zwei gleichen, in den Längsfugen fein aneinander gefügten und mit sechs Bleiklammern verbundenen Teilen.¹⁾

Unter den römischen Anlagen ist die bekannteste die Cloaca maxima in Rom, welche unter Tarquinius Priscus von einem etruskischen Ingenieur erbaut sein soll. Der gewundene Lauf der Cloaca hat Ähnlichkeit mit dem eines Baches und läßt vermuten, daß der Kanal die Stelle eines ehemaligen Wasserlaufs einnimmt, zu dessen Überdeckung und Ausbau man sich bei zunehmender Ausdehnung der Stadt entschloß. Der Kanal hat an einzelnen Stellen eine Weite von 3,60 m und eine Höhe von 4,20 m.

Ob Vorrichtungen vorhanden waren, welche die Ventilation der Kanäle bewirkten, ein Austreten der Kanalgaße verhinderten (Wasserverschlüsse), oder die Kanalgaße unschädlich abführten, ist bis jetzt nicht bekannt, dagegen wissen wir, daß in Rom und in einigen anderen Städten eine regelmäßige Spülung des Kanalsystems vorgesehen war. Eine hierauf Bezug nehmende Verfügung lautet: „Ich will, daß Niemand überschüssiges Wasser ableite, wenn er hierzu nicht meine besondere Erlaubnis oder diejenige meiner Vorgänger erhalten hat, denn es ist nötig, daß ein Teil der von den Wasseröffnungen abfließenden Wassermengen nicht nur für die Reinhaltung unserer Stadt, sondern auch zum Spülen der Kanäle benutzt wird.“

In Deutschland hatte wohl die Stadt Bunzlau in Schlesien zuerst eine geordnete Kanalisation. Dort waren schon im 16. Jahrhundert Kanäle erbaut, welche durch eine reichliche Wasserversorgung gespült wurden und ihren Inhalt tiefer gelegenen Feldern zuführten, wo man ihn zur Beriefelung benutzte. Diese Benutzung wurde später (1748) durch eine „Beriefelungsordnung“ näher geregelt. In den übrigen Städten Deutschlands wurden die Abwässer meist in offenen „Faulgräben“, die sich dann an der tiefer liegenden Rückseite der Häuser hinzogen, abgeführt. Diese oft versteckt liegenden und nur selten gereinigten Gräben mit ihren übelriechenden Ausdünstungen durchsuchten den Boden und die Luft und gaben die Keime zu vielen Krankheiten. Teils um diese Übelstände zu beseitigen, teils um Raum zu gewinnen, überdeckte man später die Gräben, befestigte auch oft ihre Sohle mit Pflaster. Auf solche Einzelanlagen von überdeckten Kanälen beschränkte sich bis über die sechziger Jahre des abgelaufenen Jahrhunderts hinaus die Kanalisation der meisten Städte.

¹⁾ Merkel, Ingenieurtechnik im Altertum.

In einer zusammenfassenden Behandlung der Stadtentwässerung ging zuerst Hamburg vor. Hamburg ließ nach dem großen Brande von 1842 durch den Ingenieur Lindley zugleich mit einer Wasserleitung ein planmäßiges von der Alster spülbares Kanalnetz ausführen und dehnte dieses 1853 auch auf das übrige Stadtgebiet aus. Doch blieb Hamburg lange Zeit die einzige Stadt mit einer neuzeitigen Entwässerung. Langsam folgten zunächst andere Großstädte, Ende der sechziger Jahre Frankfurt a. M., Stettin und Danzig, 1873 Berlin, 1875 Breslau, 1877 Karlsruhe, 1880 München. Seitdem ist die Zahl der kanalisierten Städte in stets wachsendem Verhältnis gestiegen, nachdem mit der wachsenden Bevölkerungszahl einerseits die Übelstände immer fühlbarer, andererseits die Beschaffung der erforderlichen Mittel erleichtert wurde. Die ausreichende Versorgung mit gutem Wasser in Verbindung mit der schnellen Beseitigung der festen und flüssigen Abgangstoffe hat einen wesentlichen Anteil an dem Sinken der Sterblichkeitsziffer. Namentlich die Todesfälle durch Typhus kommen viel seltener mehr vor.

Trotz dieser günstigen Ergebnisse bleibt aber noch recht viel zu tun übrig, namentlich in den kleinen Städten und auf dem Lande, so daß es mit Freuden zu begrüßen ist, daß auch die Behörde hier anregend und helfend eingreift. In Preußen ist eine „Königliche Versuchs- und Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung“ ins Leben getreten, welche u. a. die Aufgabe hat, „die auf dem Gebiete der Wasserversorgung und Beseitigung der Abwässer und Abfallstoffe sich vollziehenden Vorgänge in Rücksicht auf deren gesundheitlichen und volkswirtschaftlichen Wert zu verfolgen“. Als Vertreter der Regierung wirken in den preussischen Provinzen das Provinzial-Medizinal-Kollegium, in den Regierungsbezirken der Regierungs- und Medizinalrat, in den Kreisen der Kreisarzt. Diese haben mehr den gesundheitlichen Wert der Anlagen zu prüfen. Den gesundheitlichen, namentlich aber den volkswirtschaftlichen Wert der Anlage zu heben, dazu kann oft auch der Kulturtechniker an seinem Teile beitragen, besonders in den Klein- und Landstädten und dort, wo es sich um die Ausnutzung der im Kanalwasser enthaltenen Dungstoffe handelt.¹⁾

§ 117. Allgemeine Anordnung.

1. Kanalisationsysteme. Die Kanalisation soll das auf den Straßen und Grundstücken einer Stadt sich sammelnde Wasser in Kanälen abführen.

¹⁾ Man vergl. Dünkelberg, Prof. Dr., Die Technik der Reinigung städtischer Abwässer durch Verrieselung.

Wir unterscheiden dementsprechend Straßenentwässerung und Grundstücks- oder Hausentwässerung.

Wird das Brauch- oder Schmutzwasser von dem Regenwasser getrennt abgeleitet, so erfolgt die Kanalisation nach dem Trennsystem; geschieht dagegen die Abführung des Brauch- und Regenwassers in gemeinsamen Kanälen, so hat man ein Misch- oder Sammelsystem. Ein teilweises Trennsystem entsteht dann, wenn in den Brauchwasserkanälen nur ein Teil des Regenwassers, welches letzteres eine zeitweise Spülung der Kanäle bewirkt, abgeführt werden soll. Erfolgt mit einem Sammelsystem auch die Abführung der Abtrittstoffe, so spricht man von einer Schwemmkanalisation.

Welchem System der Vorzug zu geben ist, kann nur von Fall zu Fall durch vergleichende Kostenanschläge und Beachtung aller Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme entschieden werden. Im allgemeinen wird man bei genügendem Gefälle und ausreichender Vorflut das Mischsystem wählen, dort aber das Trennsystem anwenden, wo die tiefe Lage des Ortes eine künstliche Hebung des Wassers erfordert. Man kann dann meist das Regenwasser in offenen oder flachliegenden Kanälen mit natürlichem Gefälle der Vorflut zuführen und braucht nur das Brauchwasser aus den tiefer liegenden Kanälen künstlich emporzuheben. Ebenso können die Kläranlagen beim Trennsystem erheblich mehr eingeschränkt werden, als beim Sammelsystem. — Wenn die Spiegelhöhe des zur Vorflut dienenden Wasserlaufes ergibt, daß für den hochgelegenen Teil eines geneigten Stadtgebietes genügendes Gefälle zu einer Sammelkanalisation vorhanden ist, für den tiefer liegenden Teil aber fehlt, so kann man auch das Gebiet in mehrere Zonen trennen und für die höher gelegenen das Sammelsystem, für die tiefer gelegene das Trennsystem in Anwendung bringen.

2. Anordnung des Kanalnetzes.¹⁾ Beim Parallelsystem (Fig. 151) liegen die einzelnen Sammelgebiete senkrecht zum Vorfluter und die Sammler dieser Gebiete führen die Abwässer an verschiedenen Punkten in den Fluß. Der Vorteil des Systems liegt in der Billigkeit seiner Herstellung, sein Nachteil in der Verunreinigung des Flusses während seines ganzen Laufes durch die Stadt. Eine solche Ausführung kann daher nur bei großen Vorflutern, die das Brauchwasser stark verdünnen, in Frage kommen.

Das Parallelsystem wird zum Abfangesystem (Fig. 152), wenn am Ufer ein Abfangekanal gebaut wird, welcher das Schmutzwasser ab-

¹⁾ Nach der „Hütte“.

fängt und aus der Ortschaft leitet. Ein solcher Abfangekanal hat aber meist ein schlechtes Gefälle und seine tiefe Lage im Grundwasser vermehrt die Herstellungskosten.

Durch den Bau mehrerer Abfangekanäle übereinander parallel zum Fluß wird das Parallelsystem in das Zonensystem (Fig. 153) übergeführt, das die Möglichkeit, die unteren Zonen durch die Kanalwässer

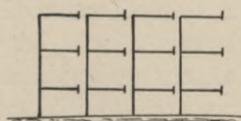


Fig. 151. Parallelsystem.

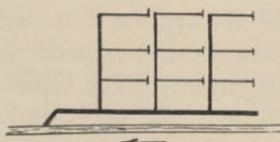


Fig. 152. Abfangesystem.

der oberen zu spülen, bietet und für die Abfangekanäle günstigere Gefälle und geringere Tiefenlage im Grundwasser bringt als das Abfangesystem.

Bei vorwiegend ebenem Gelände geht man zum Fächersystem (Fig. 154) über, bei dem sich die Hauptsammler fächerartig von der Sammelstelle ausbreiten. Die Sammelstelle ist möglichst so zu wählen, daß sich für die Sammler die günstigsten Gefälle ergeben.

All diese Systeme haben den Nachteil, daß die Hauptsammler von vornherein gleich so groß angelegt werden müssen, daß sie auch für die Zu-

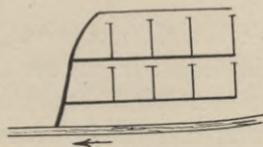


Fig. 153. Zonensystem.

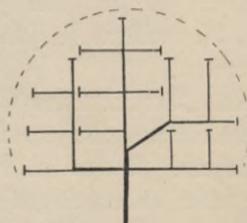


Fig. 154. Fächersystem.

kunft genügen, auch wenn größere Gebiete erst später angeschlossen werden. Die Kanäle sind dann für lange Zeit zu groß und bei weiteren Anschlüssen schließlich zu klein. Diesem Nachteil hilft bei größeren Städten das Radialsystem ab, das die ganze Stadtfläche in mehrere fest umgrenzte, voneinander unabhängige, mit besonderen Kläranlagen versehene Entwässerungsgebiete teilt. Neue Entwässerungsbezirke können nach Bedürfnis hinzugefügt werden.

3. Kanäle, Bauwerke, Wasserreinigung. In Stadtgebieten, deren Höhenlage stark wechselt, hat man weniger freien Spielraum in der An-

ordnung des Kanalnetzes. Hier muß man in ähnlicher Weise verfahren wie bei dem Entwurfe zu einer landwirtschaftlichen Entwässerungsanlage. Die Wasserscheiden ergeben die Sammelgebiete, in deren Sohlen man, dem natürlichen Abfluß des Wassers folgend, die Hauptsammler verlegt. Diese nehmen das Wasser der Nebensammler auf und führen dasselbe den Haupt- oder Stammkanälen zu. Die obersten Ausläufer eines Kanalnetzes heißen Endkanäle.

Die Hauptsammler wird man in die tiefst gelegenen Straßen legen, selbst wenn diese nicht genau dem natürlichen Gefälle der Stadtoberfläche folgen; fremde Grundstücke wird man nur in Ausnahmefällen durchschneiden. Oft geben auch das Entwässerungsgebiet durchschneidende Bahnlinien oder sonstige größere baulichen Anlagen Veranlassung, von der natürlichen Entwässerungsrichtung abzuweichen. Wird ein Wasserlauf oder dergl. von dem Kanal gekreuzt, so muß die Kanalsohle an der Kreuzungsstelle manchmal gesenkt, manchmal auch gehoben werden, es entsteht dann ein Dücker oder eine Heberanlage.

Nur im Notfalle wird man die Hauptkanäle so weit gestalten, daß sie auch das Wasser besonders starker Regenfälle abführen können, stets wird man einen Teil dieses Wassers durch besondere Not- oder Regen- auslässe in offene Wasserläufe abzuführen und dadurch die Kanäle zu entlasten suchen. Soll bei Hochflut das Wasser der offenen Wasserläufe durch die Mündungen der Kanäle oder Notauslässe nicht in das Kanalnetz gelangen, so sind manchmal besondere Hochwasserabschlüsse erforderlich, die meistens selbsttätig arbeiten, mitunter auch durch die Hand bedient werden.

Beim „Trockenwetterabfluß“ führen die Kanäle nur wenig, aber stark verunreinigtes Wasser; alsdann wird sich Schlamm auf der Kanalsohle ablagern. Diesen zu beseitigen, bedarf der Kanal der zeitweisen Spülung oder anderweitigen Reinigung; daher werden Spülvorrichtungen und andere Reinigungsanlagen eingebaut. Namentlich dienen dazu auch die Lampenlöcher und Einsteigeschächte, welche eine Besichtigung gestatten und den Kanal zugänglich machen.

Andere Kanalöffnungen sind die Wassereinflüsse und Schneeschächte. Die Wassereinflüsse sollen wohl das Wasser einlassen, Sand, Fett und andere Verunreinigungen aber möglichst zurückhalten, auch den Kanalgasen den Austritt nicht gestatten. Sie werden deshalb mit Gitter, Schlamm- und Fettsfang und Wasserverschluß versehen. Es soll die Innenluft des Kanalnetzes nicht durch die Wassereinflüsse entweichen, aber sie soll doch in steter Bewegung gehalten und fortwährend erneuert werden. Das Kanalnetz muß Lüftungsvorrichtungen erhalten.

Nicht selten verlangt man von einem unterirdischen Entwässerungsnetz auch die Senkung des zu hoch stehenden Grundwassers, um trockene Keller zu bekommen. Es ist zwar Tatsache, daß der auf und neben den Kanälen liegende gelockerte Boden schon eine drainierende Wirkung ausübt, welche sich durch Anwendung von Sand und Kies noch steigern läßt. Bei ungünstigen Verhältnissen genügt jedoch eine solche Wasserabführung nicht, in solchem Falle ist eine durchgehende Besserung nur durch Anlage einer besonderen Drainage zu erzielen, die durch eingebettete Drainrohre oder durch die hohlen Sohlsteine der Kanalrohre bewirkt werden kann.

Nur in Ausnahmefällen darf das Kanalwasser dem als Vorflut dienenden offenen Wasserlauf in ungereinigtem Zustande zugeführt werden, fast stets bedarf es vorher einer künstlichen Reinigung in den Reinigungs- und Kläranlagen.¹⁾ Die verschiedenen Klär- und Reinigungsverfahren sind noch in beständiger Fortbildung begriffen. Vorläufig wird man sich mit einer Reinigungsart begnügen müssen, welche die wesentlichsten, meist sichtbaren Verunreinigungen entfernt. Stets sollte das Verfahren gestatten, daß die Kanalwasser-Rückstände verwertet, namentlich die Dungstoffe des Kanalwassers ausgenutzt werden können.

II. Entwurf.²⁾

In der Regel wird der Kulturtechniker für eine Klein- oder Landstadt die Gesamt-Entwässerungsanlage, für eine Mittel- oder Großstadt aber nur einen Teil der Kanalisation zu entwerfen haben. Deshalb soll nachstehend die Kanalisation einer Klein- oder Landstadt in ihrer Gesamtanordnung, die einer Mittel- und Großstadt nur in ihren Einzelheiten besprochen werden.

§ 118. Der Entwurf im allgemeinen.

Der Entwurf zu einer Stadtentwässerung soll nicht nur das zurzeit bebauten Gebiet, sondern in seinen Hauptzügen auch die künftig zu erwartende Stadterweiterung umfassen. Namentlich ist zu untersuchen, ob die Flächen der Stadterweiterung später gesondert entwässert werden können oder ob dann ihr Abwasser ganz oder zum Teil von der jetzt zu entwerfenden Entwässerungsanlage aufgenommen werden muß. In letzterem Falle muß in dem Entwurf namentlich die Größe der Sammelkanäle

¹⁾ Durch Ministerialerlaß vom 20. Februar 1901 ist bestimmt, unter welchen Bedingungen in Preußen die Zuführung des Kanalwassers in öffentliche Flüsse erfolgen darf

²⁾ Nach der „Hütte“ und Gürschner und Benzel, Der städtische Tiefbau III.

hiernach bemessen und das etwa erforderliche Pumpwerk und die Reinigungsanlage dementsprechend gestaltet werden.

Nach dem Ministerialerlaß vom 30. März 1896 sollen die den preußischen Behörden vorgelegten Kanalisationsprojekte Angaben enthalten:

1. über die bestehende Kanalisation und die Bestimmungen über Fäkalienabfuhr;
2. über die bestehenden Gesundheitsverhältnisse und Maßnahmen zur Bekämpfung der Infektionskrankheiten und über Einrichtungen der obligatorischen Desinfektion bei Epidemien;
3. über die Verhältnisse der aufnehmenden Wasserläufe auf 15 km oberhalb und unterhalb bei verschiedenen Wasserständen, Geschwindigkeit, Wassermengen, benetztes Profil, Bebauung der Ufer, Wehre usw., Benutzung des Wassers, Möglichkeit einer Verbindung mit Brunnen usw.;
4. über die Wasserversorgung und die Leistungsfähigkeit derselben;
5. über die Zahl und Art der gewerblichen Anlagen und deren Abwässer;
6. über die finanzielle Lage der Gemeinde;
7. über die Frage der Reinigung der Abwässer und die Möglichkeit der Bodenberieselung.

Den Entwurf zu einer Kanalisation kann man zerlegen in zwei Teile, in einen allgemeinen Teil (Vorentwurf, allgemeiner oder genereller Entwurf) und in einen besonderen Teil (Hauptentwurf, spezieller Entwurf).

Im allgemeinen Teil müssen alle Hauptfragen des Kanalisationsplanes ihre grundsätzliche Erledigung finden. Namentlich sind anzugeben und zu begründen: Die Grenzen des Entwässerungsgebietes, das Kanalisationsystem, die Anordnung der Sammlerbezirke, die Linienführung der Hauptsammler, die Art der Abwässerreinigung und bei erforderlicher Wasserhebung auch die Betriebskraft.

Im besonderen Teil müssen die Plan- und Höhenlagen sämtlicher Leitungen angegeben werden; ferner die Kanalprofile, die Vorrichtungen zur Entlastung, zur Reinigung und Revision der Kanäle, die etwaige Pumpstation, die Anlage zur Reinigung des Kanalwassers usw.

Bei kleineren Entwürfen findet eine förmliche Zerlegung in zwei Teile meist nicht statt.

§ 119. Zeichnungen.

1. **Der Übersichtsplan** im Maßstab 1 : 25 000 bis 1 : 10 000, aus dem die Grenzen und Größe des Entwässerungsgebietes, die Lage der etwa erforderlichen Klär- und Reinigungsanlage, namentlich aber die zur Kanalisation in Beziehung stehenden Gewässer ersichtlich sind.

2. Zeichnung der Vorflutverhältnisse (Ministerialerlaß vom 30. März 1896). Es können hierzu die Meßtischblätter (1 : 25 000) des betreffenden Gebietes benutzt und in sie die Grenzlinien der verschiedenen Wasserstände, sowie etwaige Stauanlagen und Schöpfstellen für Trinkwasserversorgung eingezeichnet werden. Außerdem sind in ein Längenprofil des Vorfluters die verschiedenen Wasserstände, Geschwindigkeiten, Wassermengen, benetzte Profile einzutragen.

3. Lageplan (Fig. 155). Derselbe ist im Maßstab 1 : 4000 bis 1 : 2500 zu zeichnen. Es ist zunächst alles Bestehende schwarz darzustellen. Die einzelnen Straßenzüge mit den Höhenordinaten an den Straßenkreuzungen und Hauptbrechpunkten im Straßengefälle sind anzugeben. Größere unbebaute Flächen werden zweckmäßig mit Höhenschichtenlinien versehen. Von Grundstücken, welche von der Straße abfallen und nicht an eine tiefer liegende Straße angrenzen, sind die tiefsten noch zu entwässernden Punkte festzustellen, ebenso die Lage der besonders tiefen Keller. Ferner sind einzutragen: die vorhandenen Entwässerungsleitungen, die das Entwässerungsgebiet durchziehenden Wasserläufe, Eisenbahnen usw. Wünschenswert sind auch einige Bodenprofile mit Angaben der Grundwasserstände (in vorhandenen Brunnen).

Die Neuanlage wird rot gezeichnet und zwar die Lage jeder einzelnen Leitung durch einen einfachen Strich; die Einsteigeschächte auf ihnen werden durch Kreise, die Straßensinkfästen (Regeneinlässe) durch ausgefüllte Rechtecke bezeichnet. Die Endleitungen werden durch einen kleinen Querstrich abgeschlossen. Die einzelnen Strecken erhalten laufende Ordnungsnummern. Nachdem werden die gedachten Grenzlinien, welche die Wasserscheiden zwischen den einzelnen Kanälen darstellen, eingetragen (gestrichelt, fein schwarz oder grau), die Größen der nach den angrenzenden Straßen entwässernden Teilflächen ermittelt und die Hektarzahlen (schwarz) eingeschrieben. Unter den Hektarzahlen wird die von der Teilfläche abzuführende Wassermenge in sl (blau) vermerkt. Die Abflussmengen können nun, von den Endstationen ausgehend und dem Straßengefälle folgend, addiert und übersichtlich zusammengestellt oder an jeder Straßenkreuzung (blau) eingeschrieben und die Leitungen mit entsprechendem Gefällpfeil (blau) versehen werden. Nach der „Hütte“ werden Länge, Größe und Gefälle der Leitungen im Lageplan besser nicht angegeben, weil sonst dessen Klarheit und Übersichtlichkeit leidet. Beim Trennsystem können auch Regenwasserleitungen blau, die Brauchwasserleitungen rot gezeichnet werden. Festpunkte sind stets anzugeben.

4. Höhenplan (Fig. 156). Die Längen werden in dem Maßstabe des zugehörigen Lageplanes, die Höhen oft im Maßstabe 1 : 200 ge-

zeichnet. In den Höhenplan sind einzutragen: die Geländehöhe, die Kanalsohle, das Sohlengefälle, die Spiegellinie, über die hinaus das in Rechnung gestellte Wasser sich niemals erheben soll (Spiegel-Ordinate und Spiegel-Gefälle), die Längen- und Profilgrößen der einzelnen Haltungen, endlich auf der Grundlinie des Planes noch die Stationierungsangaben. Manchmal wird auch noch die größte Wassermenge vermerkt und zwar die am Anfang, die auf der Strecke hinzutretende und die am Ende der Leitung.

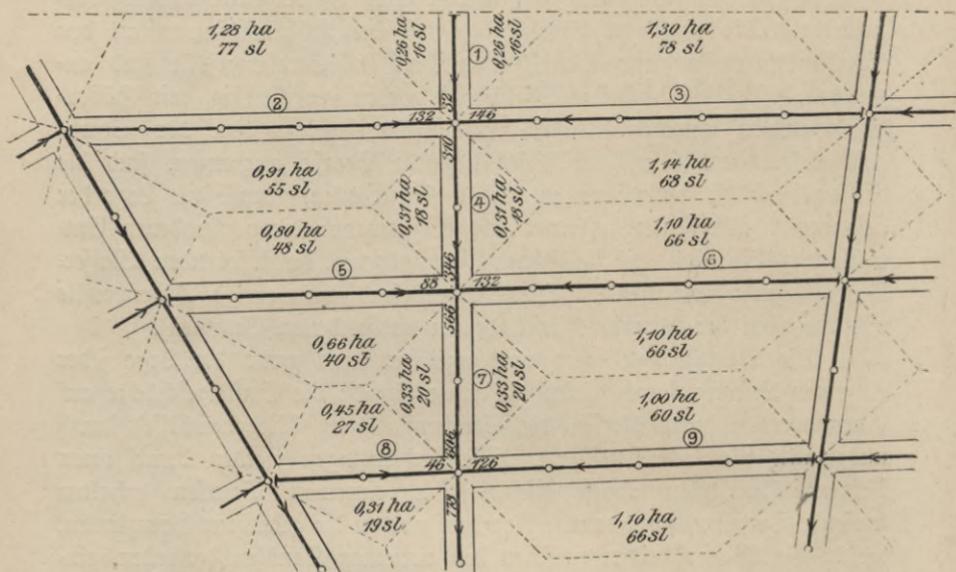


Fig. 155. Lageplan.

Es empfiehlt sich, die Höhenpläne aller Sammler auf einem Blatt nach dem Verastelungs-, Fluß- oder Spinnensystem derart aufzutragen, daß in der Mitte des Blattes der Hauptsammler als Hauptfluß, über ihm die rechtsseitigen und unter ihm die linksseitigen Nebensammler erster Ordnung als Nebenflüsse stehen. Die Nebensammler zweiter Ordnung sind in gleicher Weise um die Nebensammler erster Ordnung, diejenigen dritter Ordnung um die Nebensammler zweiter Ordnung usw. zu gruppieren. Stark ausgezogene Linien verbinden die einzelnen Leitungsstrecken, wie es in Fig. 156 gezeigt ist, welche die Höhenprofile zu dem in Fig. 155 gegebenen Lageplan dargestellten Leitungsnetz enthält.¹⁾

¹⁾ „Hütte“ (20. Aufl.) III, S. 250.

5. **Baupläne und Pläne zu Einzelheiten.** Für die Bauausführung sind die Bauzeichnungen der Strecken etwa im Maßstab 1:500 anzufertigen. In diese müssen die Einsteigeschächte und Straßenfinkästen, die Hausanschlüsse, das Sohlengefälle, die Leitungsprofile, die genauen Längen, die Ordinaten für jede Station, eingetragen sein. Die Pläne

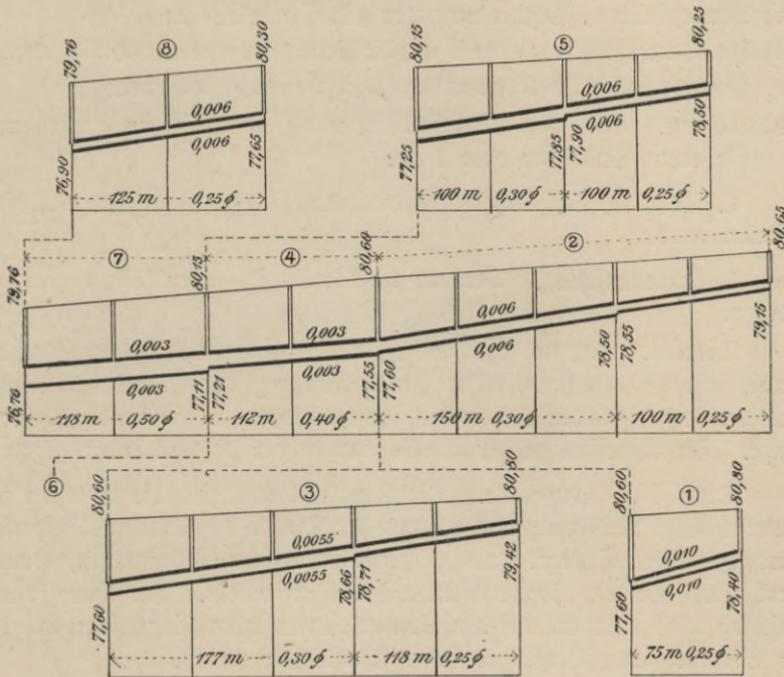


Fig. 156. Höhenplan.

zu Einzelheiten umfassen: Zeichnungen von Normalien der zur Verwendung vorgesehenen Kanalprofile, Schächte, Verbindungen, Abzweigungen, Straßenfinkästen, Spüleinrichtung usw., ferner einen Sonderplan über die Klär- und Reinigungsanlage.

§ 120. Schriftstücke.

1. **Erläuterungsbericht.** Dieser bildet eine Ergänzung der zeichnerischen Darstellung, eine Erläuterung der gezeichneten und veranschlagten Anlage. Im besonderen wird derselbe enthalten oder erläutern:

- Allgemeines über den Entwurf. Angaben über die Veranlassung zur Aufstellung und über die einzelnen Bestandteile des Entwurfs; allgemeine Beschreibung der Anlage; Wahl des Systems;

- b) das Kanalwasser, dessen Menge und Beschaffenheit;
- c) das Rohrnetz, die allgemeine Anordnung, die Tiefenlage, die Gefällverhältnisse und die Profile der Rohre;
- d) Einzelbauten am Kanalnetz. Anlagen zur Besichtigung, Reinigung und Lüftung der Kanäle, Straßeneinlässe usw.;
- e) Materialien, Begründung der getroffenen Wahl;
- f) Hausanschlüsse, Hinweis auf die hierfür vorgesehenen Bedingungen;
- g) Pumpwerk und Kläranlage, Beschreibung derselben;
- h) Kosten. Bau- und Betriebskosten und Ersparnisse, im ganzen und für einen Bewohner oder 1 ha.

2. Kanaltabelle. Diese kann nach dem in § 125 gegebenen Muster gestaltet werden.

3. Kostenanschlag. Derselbe kann nach folgenden Titeln geordnet werden:

Titel I. Rohrnetz. Die Kosten für die Herstellung der Straßkanäle sind zu berechnen. Die Preisberechnung der Erdarbeiten erfolgt nach der Anzahl der Kubikmeter des gelösten Bodens oder nach der Grabenlänge. Die Abmessungen der Kanäle sind in der „Kantabelle“ gegeben.

Titel II. Bauwerke. Die Kanalverbindungen, die Anlagen zur Unterjuchung, Reinigung und Lüftung der Kanäle, die Kanalausläufe usw. werden hier veranschlagt. Bei größeren Bauwerken (Kläranlagen, Pumpwerk usw.) werden Sonderkostenanschläge aufgestellt. Im Hauptkostenanschlag wird alsdann auf den Sonderkostenanschlag hingewiesen und die im Sonderkostenanschlage berechnete Summe angegeben.

Titel III. Kanalanschlüsse. Die Einlässe für Regen- und Brauchwasser können nach Stück, die Verbindungsrohre nach der Länge derselben veranschlagt werden.

Titel IV. Insgemein. Hier werden diejenigen Leistungen veranschlagt, welche in den andern Titeln nicht enthalten sind.

In jedem Kostenanschlage ist der Umfang der Arbeiten und Lieferungen genau erkennbar zu machen; auch sind alle diejenigen Nebenleistungen einzeln aufzuführen, welche in dem Preise mit einbegriffen sein sollen. In der Regel werden dem Kostenanschlage noch „Allgemeine Bedingungen“ und „Besondere Bedingungen“ beigelegt, dann sind die in den Bedingungen vermerkten Angaben über die Ausführung der Arbeiten und Lieferungen im Kostenanschlage nicht zu wiederholen; es genügt ein Hinweis auf diese Bedingungen.

III. Kanalwasser.

§ 121. Abzuführende Wassermenge.¹⁾

Für die Feststellung der abzuführenden Wassermenge ist selbstverständlich nicht nur die gegenwärtige, sondern bis zu einem bestimmten Grade auch die zukünftige Bevölkerung und Ausdehnung der Stadt in Rechnung zu stellen.

1. Brauchwasser. Die Menge des Brauchwassers ist abhängig von der Einwohnerzahl und vom Wasserverbrauch der einzelnen Bewohner. Würde ein regelmäßiges jährliches Anwachsen der Bewohner um p Prozent stattfinden, so würde die gegenwärtige Zahl z nach n Jahren auf

$$z_1 = z \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n \quad (65)$$

gestiegen sein. In deutschen Städten schwankt p zwischen 1,2—4 und beträgt im Mittel 1,5—2%. Statt der vorstehenden Berechnung wird auch oft $z_1 = 1,5 z$ bis $2,0 z$ bei der Ermittlung des Brauchwassers angenommen.

Den täglichen Verbrauch an Wasser einschl. Abortspülung kann man nach Knauff annehmen:

in Kleinstädten bis 10 000 Einwohner . . .	zu je	50 l
" " " 25 000 " . . .	" "	60 "
" Mittelstädten " 50 000 " . . .	" "	70 "
" " " 75 000 " . . .	" "	80 "
" Großstädten von 100 000 Einwohnern und mehr " "	100—120 "	"

Will man das Brauchwasser für 1 ha zu kanalisierende Fläche bestimmen, so kann man nach Knauff für 1 ha Fläche rechnen:

in den inneren älteren Stadtteilen . . .	300 Einwohner
in den anschließenden neueren Stadtteilen	
mit geschlossener Bebauung	250 "
in den Landstädten (halboffen)	200 "
in den offen bebauten Teilen	150 "

Hieraus ergibt sich dann der in nachstehender Tabelle zusammengestellte Abfluß für 1 ha in Sekundenliter.

¹⁾ Gamann, Hydraulik und ihre Anwendung in der Kulturtechnik 1909.

Tabelle 51.

Brauchwasser in Sekundenliter auf 1 ha.

Einwohner auf 1 ha	Wasserverbrauch für 1 Einwohner und 1 Tag in Sekundenliter					
	50	60	70	80	100	120
Sekundenliter auf 1 ha						
150	0,13	0,16	0,19	0,21	0,27	0,32
200	0,18	0,21	0,25	0,28	0,35	0,43
250	0,22	0,27	0,31	0,35	0,44	0,53
300	0,27	0,32	0,37	0,42	0,53	0,64

Wenn Gewerbebetriebe vorhanden sind, die viel Wasser verbrauchen, so ist die Abflußmenge entsprechend zu erhöhen.

2. Regenwasser.

a) Regenmenge. Für die Ermittlung der abzuführenden Regenmengen sind hauptsächlich die Sturzregen maßgebend. Sturzregen werden stets nur kurze Zeit anhalten, sie werden sich auch stets über kleinere Flächen erstrecken als die Landregen. Nach Knauff¹⁾ kann man bei einer h cm betragenden durchschnittlichen jährlichen Niederschlagshöhe die der Kanalberechnung für 1 ha zugrunde zu legende Niederschlagsmenge finden aus der Formel:

$$Q_2 = 63 + 0,4 h. \quad (66)$$

In Deutschland beträgt die jährliche Niederschlagshöhe im großen Durchschnitt 66 cm, in Berlin 59,7 cm, in Karlsruhe 72,3 cm. Nach Formel 66 erhält man für Berlin 87, für Karlsruhe 92 sl/ha. In Wiesbaden werden 97, in Posen 100, in Mainz 111, in Düsseldorf 113, in Mannheim 125 sl/ha Regenmenge angenommen.

b) Abflußkoeffizient. Von dieser Regenmenge fließt jedoch nur ein Teil ab, während der Rest versickert und verdunstet. Will man die in der Stadt abfließende Wassermenge erhalten, so muß man die Regenmenge noch mit einem Abflußkoeffizient q multiplizieren. Es ist die von 1 ha abfließende Regenmenge in Sekundenliter:

$$Q_3 = q \cdot Q_2. \quad (67)$$

¹⁾ Gesundheits-Ingenieur 1894.

Tabelle 52.

Abflußkoeffizienten.¹⁾

Nr.	Beschaffenheit der Fläche	φ
1	Alter, dichtbebauter Kern der Städte	0,7 — 0,9
2	Anschließende neuere Stadtteile bei geschlossener Bebauung . .	0,5 — 0,7
3	Stadtviertel mit offener Bebauung	0,25 — 0,5
4	Übungsplätze, die unbebauten Flächen der Bahnhöfe u. dergl. . .	0,1 — 0,3
5	Anlagen, Gartenflächen, sowie die nach dem Stadtgebiet entwässernden Wiesen und Äcker	0,05 — 0,25
6	Die nach dem Stadtgebiet entwässernden Waldblächen	0,01 — 0,20

Beispiel: In Berlin fließen in einem Stadtteil mit offener Bebauung von 1 ha ab:

$$Q_3 = 0,38 \cdot 87 = 33 \text{ sl,}$$

denn nach Formel (66) beträgt die Regenmenge 87 sl/ha und nach Tabelle 52 ist der Abflußkoeffizient $\varphi = 0,38$.

Beispiel: Die vier Flächen A, B, C, D haben einen jährlichen Niederschlag von 92,5 cm Höhe. Der abzuführende Sturzregen beträgt nach Formel (66) $Q_2 = 0,63 + 0,4 \cdot 92,5 = 100 \text{ sl/ha}$. Es habe

die Fläche	A	B	C	D
eine Größe =	170 ha	80 ha	60 ha	40 ha,
ein $\varphi =$	0,2	0,3	0,22	0,28,

so fließen ab:

von 1 ha =	20 sl	30 sl	22 sl	28 sl,
im ganzen =	3400 "	2400 "	1320 "	1120 " .

c) Abflußverzögerung. Ein Wasserteilchen, welches in das obere Ende eines Kanals von der Länge l eintritt, gebraucht zum Durchlaufen desselben die Zeit $\frac{l}{v}$, wenn v die mittlere Geschwindigkeit bezeichnet. Ist t die Dauer des Regens, so vergeht vom Beginn desselben bis dahin, wo das letzte in den Kanal gelangte Regenwasser an der Auslaufsstelle ankommt, die Zeit

$$T = t + \frac{l}{v}, \quad (68)$$

d. h. bei jedem Kanal (und bei jedem offenen Wasserlauf) ist die Zeit des Abflusses größer, als die des Regens — es tritt eine Abflußverzögerung ein.

¹⁾ Frühling, Prof., Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften.

Ist z. B. $v = 0,8$ m, $t = 20$ Minuten = 1200 Sekunden und $l = 480$ m, so wird $T = 1200 + \frac{480}{0,8} = 1800$ Sekunden = 30 Minuten; der Abfluß währt also $1\frac{1}{2}$ mal so lange, als der Regen.

Diese Verzögerung gestattet eine Verminderung des Kanalquerschnittes, wenn die Regendauer geringer ist als die Zeit, welche das Regenwasser gebraucht, um den Kanal zu durchfließen, d. h. wenn $t < \frac{l}{v}$ oder $l > t \cdot v$ ist. Es fließt nur dasjenige Wasser durch den Kanal, das sich auf einer Strecke von der Länge $l = t \cdot v$ sammelt. Eine solche „typische Leitungstrecke“ ist z. B. a, b in Fig. 157. Wenn das bei a eingetretene Wasser bei b ankommt, so hat der Regen aufgehört, neues Wasser tritt nicht mehr hinzu.

Der Gang der Rechnung stellt sich nun nach Knauff wie folgt: Jede der in Fig. 158 gezeichneten Flächen A, B, C, D habe eine Größe von 100 ha und es sollen von 1 ha 30 l, von einer Fläche mithin 3000 l in einer Sekunde abgeführt werden, die Regendauer t sei 20 Minuten = 1200 Sekunden, die Durchschnittsgeschwindigkeit des Leitungswassers 1,1 m.

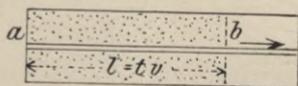


Fig. 157. Typische Leitungstrecke.

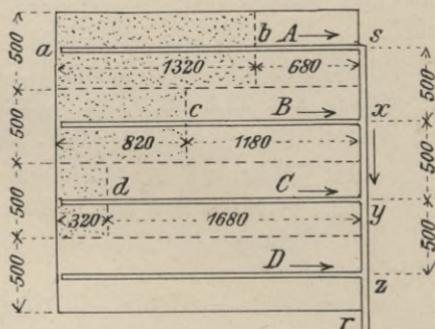


Fig. 158. Kanalisation.

Das am Kopffende a des Sammlers A einfließende Wasser hat am Ende des Regens eine typische Leitungstrecke $1200 \cdot 1,1 = 1320$ m zurückgelegt und befindet sich bei b mit dem unterwegs hinzugekommenen Wasser; es sind von $13,2 \cdot 5,0 = 66$ ha mit $66 \cdot 30 = 1980$ sl. Fließen diese 1980 sl über b hinaus bis x, so kommt kein Wasser mehr hinzu, weil der Regen aufgehört hat. Die Sammlerstrecke bsx braucht daher nur den bei b erforderlichen Querschnitt zu erhalten, nicht aber den der ganzen Sammelfläche A von 100 ha Größe und 3000 sl Abflußmenge.

Es kann nur dasjenige Wasser des Sammlers B in x mit dem Wasser des Sammlers A gleichzeitig eintreffen, das beim Aufhören des Regens ebensoweit von x entfernt ist als x von b. Es ist $xc = xsb = 1180$ m;

für das Zuflußgebiet B bleiben dann $8,2 \cdot 5,0 = 41$ ha mit $41 \cdot 30 = 1230$ sl. Für den Sammelpunkt y muß $y d = y x c = y s b = 680 + 500 + 500 = 1680$ m sein. Es verbleibt dann für den Sammler c ein Zuflußgebiet von $3,2 \cdot 5,0 = 16$ ha mit $16 \cdot 30 = 480$ sl. Der Punkt z erhält von dem Sammler D keinen Zufluß mehr, wenn das Wasser von b oder c oder d in z anlangt, denn es ist $z y d = z x c = z s b > 2000$.

Hiernach entfallen

auf die Strecke	sx	xy	yz	zr
eine Wassermenge =	1980 sl	3210 sl	3690 sl	3690 sl,
statt	3000 "	6000 "	9000 "	12000 "

Bei verschiedenen Geschwindigkeiten ändern sich diese Zahlen; es ist aber gleichgültig, ob der Abfluß auf der Erde oder im Kanal stattfindet.

Als Mittelwerte für Sturzregen kann man annehmen:

Stärke:	135	120	108	98	90	83	77	72	65	55	sl/ha
Dauer:	15	20	25	30	35	40	45	50	60	90	Minuten.

d) Regendichtigkeitskoeffizient von Frühling. Überschreitet die Regendauer die Zeit, welche das Regenwasser zum Durchfließen des Kanals gebraucht, so tritt keine Verzögerung mehr ein. Aber auch dann kann die Abflußmenge in der Leitung vermindert werden, weil starke Regen nur strichweise auftreten, mithin ungleiche Dichte haben. Dieser verschiedenen Regendichtigkeit wird Rechnung getragen durch den von Professor Frühling aufgestellten Regendichtigkeitskoeffizienten

$$\lambda = 1 - 0,005 \sqrt{L}, \tag{69}$$

wenn L die Länge des Kanals in Metern bedeutet.¹⁾

Man erhält für:

l =	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000	2500	m
$\lambda =$	0,95	0,93	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,81	0,78	0,75.	

e) Reduktionskoeffizient von Bürkli-Ziegler. Strichregen und Verzögerung sollen durch nachstehenden Koeffizient zum Ausdruck kommen:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt[n]{F}}, \tag{70}$$

wenn F die Entwässerungsfläche in Hektar bezeichnet. Es wird

n = 4	bei schwacher	Neigung des	Geländes,			
n = 5	"	mittlerer	"	"	"	"
n = 6	"	starker	"	"	"	"

¹⁾ Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften III. Teil, 4. Band, S. 24.

Weil die Verzögerung mehr von der Länge l des vom Wasser zurückgelegten Weges, von F also nur insoweit abhängt, als l eine Funktion von F darstellt, so ist diese Faustwurzel nicht durchweg zuverlässig. Professor Weyrauch nennt μ geradezu den berücksichtigten Verzögerungskoeffizienten. Die Regel wird aber noch öfters angewandt; meist wird aber der berechnete Wert für μ erhöht, um sicher zu gehen, daß die Leitung das Wasser faßt.

f) Die Regenabflußmenge Q_1 , welche für die Berechnung der Kanäle maßgebend ist, findet man demnach nach c unter Beachtung der Regendauer, nach d unter Beachtung der ungleichen Regendichte, nach e mit Hilfe eines Koeffizienten.

Es ist

$$Q_1 = \varphi \lambda Q_2 = \varphi \mu Q_2. \quad (71)$$

Beispiel: Welche Regenwassermenge hat in Mainz ein Kanal von 400 m Länge in einer Sekunde abzuführen, wenn φ zu 0,7 und μ zu 0,87 angenommen wird?

Es ist nach Frühling:

$$Q_1 = 0,7 \cdot 0,9 \cdot 111 = 69,9 \text{ sl,}$$

nach Bürkli-Ziegler:

$$Q_1 = 0,7 \cdot 0,87 \cdot 111 = 67,6 \text{ sl.}$$

§ 122. Beschaffenheit des Kanalwassers.

Nach der Beschaffenheit des Kanalwassers richtet sich mehr oder weniger der Grad der Verunreinigung, welche ein als Vorfluter dienender Wasserlauf durch das Kanalwasser erleidet, und auch die Kanalwasserreinigung. Nach König, „Die Verunreinigung der Gewässer“ enthalten im Durchschnitt 100 l Kanalwasser in Städten

mit Spülabtritten 82 g Schwebestoffe und 83 g gelöste Stoffe,
ohne Spülabtritte 93 " " " 81 " " "

Nach Alex. Müller kommen durchschnittlich auf 100 l Abwasser 10 g Gesamtstickstoff, 4 g Kali, 15 g kohlensaures Kali, 3—4 g Phosphorsäure und 20—25 g Kochsalz. Die Bedeutung dieser Zahlen wird anschaulicher, wenn man sie für eine größere Bewohnerzahl ermittelt. Eine Stadt von 10000 Einwohnern liefert jährlich (ohne den Regenabfluß) etwa 350000 cbm Kanalwasser, in denen 35000 kg Stickstoff und 10000 kg Phosphorsäure enthalten sind, die in vielen Fällen für die Düngung der Nutzpflanzen verloren gehen.

Neben der chemischen Zusammensetzung ist auch die bakteriologische Beschaffenheit des Abwassers von Bedeutung. Hier kommt die Zuführung

der Abtrittstoffe viel mehr zur Geltung, weil diese einen sehr hohen Gehalt an Keimen besitzen (mehrere Millionen in 1 g). Wenn auch noch nicht völlig klargestellt ist, ob das Kanalwasser die Entwicklung solcher Keime günstig oder ungünstig beeinflusst, so ist doch sicher, daß die Abwässer bei der Schwemmkanalisation gefahrbringend wirken können, wenn sie, namentlich zur Zeit von Seuchen, ohne weitere Behandlung in öffentliche Wasserläufe eingeführt werden.

Auch gewerbliche Anlagen verschlechtern oft das Kanalwasser, namentlich Bleichereien, Gerbereien, Holzstofffabriken, Leim- und Seifenfabriken, Schlachthöfe, Tapetenfabriken, Wäschereien, Zuckerrfabriken.

Der Gehalt an Schwebestoffen richtet sich im wesentlichen nach der Abflußgeschwindigkeit. Ist diese groß, so fließen noch Beimengungen als Schwebestoff weiter, welche sich sonst als Sinkstoffe ablageren würden und dann ausgeräumt oder fortgespült werden müßten. Das Regenwasser wirkt nicht immer verdünnend. Beim Platzregen werden die auf den Straßen und in den Höfen lagernden Schmutzstoffe aufgelockert und dem Kanalwasser zugeführt, so daß das Kanalwasser bald nach Beginn eines Platzregens schmutziger zu sein pflegt, als sich aus dem Grade der Verdünnung ergeben müßte. Bei länger dauerndem Regen klärt sich das Wasser, zuerst an den Einlaufstellen, schließlich aber auch am Kanalauslauf.

Über den Einfluß des Kanalwassers auf die Kanalwandungen wird in § 124, über die Reinigung des Kanalwassers wird in § 140 Näheres angegeben.

IV. Kanäle.

§ 123. Form und Größe.

Die Form und Größe eines Kanals werden im wesentlichen bedingt durch die abzuführenden Wassermengen, durch die verfügbare Breite und Höhe, durch den Baustoff, aus dem der Kanal gebildet werden soll, und durch die Wirtschaftlichkeit der Leitung.

1. Form der Durchflußöffnung. Während die Größe der Öffnung besonders von der größten abzuführenden Wassermenge abhängt, richtet sich die Form mehr nach der kleinsten Wassermenge oder dem „Trockenwetterabfluß“. Die Kanäle sollen die größte Wassermenge fassen können, sie sollen dabei aber eine solche Form haben, daß sie sich leicht reinspülen. Die im Wasser enthaltenen Schwebestoffe sollen nicht im Kanale niedergeschlagen, sie sollen weitergeführt werden. Auch bei niedrigem Wasserstand muß eine gewisse Schwimmtiefe und Geschwindigkeit vorhanden sein. Dieser Bedingung entsprechen in erster Linie die Ciprofile mit ihrem kleinen

Sohlenhalbmesser, sodann die Kreisprofile, während rechteckige Profile hierfür dann ganz ungeeignet sind, wenn sie mehr breit als hoch sind, oder wenn das Niedrigwasser in ihnen in breiter und dünner Schicht zum Abfluß gelangt. Größere Kanäle erhalten mitunter besondere Schmutzwasserrinnen, über welchen sich der Flutraum für Regenwasser befindet (Doppelprofile, Fig. 159). Ein Kanal heißt überhöht, wenn er höher als breit, er heißt gedrückt, wenn er breiter als hoch ist. Gebräuchliche Profile zeigen die Fig. 160—168.

In engen Straßen sind stark überhöhte Profile zu wählen. Bei sehr ungünstigen Bodenverhältnissen, auch dann wenn der Wasserstand niedrig gehalten werden muß, oder wenn es an Konstruktionshöhe fehlt, kommen gedrückte Profile in Anwendung, ebenso für Notauslässe. Haubenprofile (Fig. 167) werden nur für die Beförderung großer Wassermengen, insbesondere zur Aufnahme von Stadtbächen angewandt.

Das Verhältnis des Kanalprofiles zum Baustoff wird in dem Abschnitt „Bauart der Kanäle“ näher angegeben.

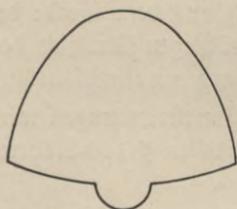


Fig. 159. Doppelprofil.

Wirtschaftlich ist dasjenige Profil das günstigste, das gestattet, mit den geringsten Kosten das meiste Wasser abzuführen. Es ist dieses im allgemeinen die Profilsform, die auf die Einheit Umfang die größte Abflußmenge aufweist, bei der

$$W = \frac{Q}{P} \quad (72)$$

am größten wird, wenn W die Wirtschaftlichkeit des Profils, Q die Wassermenge und P den benetzten Umfang bezeichnet. Von allen Querschnitten hat der Kreis das größte W . Die Wirtschaftlichkeit eines Profils ist jedoch nicht nur abhängig von $Q:P$, sondern bei größeren Abmessungen auch von der äußeren Breite des Kanals. Sobald der äußere Durchmesser über die Mindestbreite des Kanalgrabens hinausgeht (0,80 m), kommen auch die Erdarbeiten in Betracht. Je größer die Breite, je größer der Erdaushub. Die wirtschaftlichsten kreis- und eiförmigen Betonrohre werden später nachgewiesen.

2. Größe der Durchflußöffnung. Es ist:

$$Q = F v$$

und nach Cytelwein:

$$v = k \sqrt{R} \sqrt{J}, \quad (73)$$

wenn Q die Wassermenge in Sekundenkubikmetern,
 F den Leitungsquerschnitt in Quadratmetern,

v die Geschwindigkeit in Sekundenmetern (s/m),

J das Gefällverhältnis der Wasserspiegellinie,

R den hydraulischen Radius $= \frac{\text{Wasserquerschnitt in Quadratmetern}}{\text{benetzten Umfang in Metern}}$,

k einen Koeffizient

bezeichnet. Setzt man:

$$F k \sqrt{R} = q,$$

so wird:

$$Q = q \sqrt{J}. \quad (74)$$

Nach der abgekürzten Kutterschen Formel ist:

$$k = \frac{100 \sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}. \quad (75)$$

Mit Rücksicht auf die in Kanalisationsleitungen sich bildende Siefhaut kann $m = 0,35$ gesetzt werden, ganz gleichgültig, ob es sich um Tonrohre, Beton- oder Klinkerkanäle handelt.¹⁾ Zur Erleichterung der Rechnung dienen die Tabellen 53 und 54, welche sich auf vorstehende Formeln gründen.

Tabelle 53.

J	\sqrt{J}	J	\sqrt{J}	J	\sqrt{J}	J	\sqrt{J}	J	\sqrt{J}
0,25	0,500	0,039	0,197	0,028	0,167	0,017	0,130	0,006	0,077
0,20	0,447	0,038	0,195	0,027	0,164	0,016	0,126	0,005	0,071
0,15	0,387	0,037	0,192	0,026	0,161	0,015	0,122	0,004	0,063
0,10	0,316	0,036	0,190	0,025	0,158	0,014	0,118	0,003	0,055
0,09	0,300	0,035	0,187	0,024	0,155	0,013	0,114	0,002	0,045
0,08	0,283	0,034	0,184	0,023	0,152	0,012	0,110	0,001	0,032
0,07	0,265	0,033	0,182	0,022	0,149	0,011	0,105	0,0008	0,028
0,06	0,245	0,032	0,179	0,021	0,145	0,010	0,100	0,0006	0,024
0,05	0,224	0,031	0,176	0,020	0,141	0,009	0,095	0,0004	0,020
0,045	0,212	0,030	0,173	0,019	0,138	0,008	0,089	0,0003	0,017
0,04	0,200	0,029	0,170	0,018	0,134	0,007	0,084	0,0002	0,014

¹⁾ Vergl. „Sütte“ III, S. 244 (20. Aufl.).

Tabelle 54.

Kreisform (Fig. 160)						Eiform (Fig. 161)					
d	q	F	d	q	F	d	q	F	d	q	F
0,10	—	0,0078	0,45	2,59	0,159	0,10	—	0,015	0,45	—	0,233
0,15	0,12	0,0177	0,50	3,49	0,196	0,15	—	0,026	0,50	5,68	0,288
0,20	0,27	0,0314	0,60	5,78	0,283	0,20	0,45	0,046	0,60	9,35	0,414
0,25	0,51	0,049	0,70	8,75	0,385	0,25	0,84	0,072	0,70	14,2	0,564
0,30	0,85	0,071	0,80	12,6	0,503	0,30	1,39	0,101	0,80	20,4	0,736
0,35	1,31	0,096	0,90	17,3	0,636	0,35	2,12	0,141	0,90	28,1	0,932
0,40	1,89	0,126	1,00	23,1	0,785	0,40	3,09	0,184	1,00	37,4	1,150
			1,20	38,0	1,131						

Es ist d = Durchmesser (Rämpferweite) in m und F = Kanalquerschnitt in qm .

Beispiel: Wie viel Wasser kann ein kreisförmiger Kanal von 50 cm Sichtweite bei einem Gefälle $J = 0,01$ führen und welche Geschwindigkeit hat das Wasser?

Es ist die Wassermenge

$$Q = q \sqrt{J} = 3,49 \cdot 0,1 = 0,349 \text{ s/cbm}$$

und die Geschwindigkeit

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{0,349}{0,196} = 1,78 \text{ s/m.}$$

Beispiel: Welches Profil erhält ein eiförmiger Kanal, der bei 0,012 Gefälle 0,9 s/cbm Wasser führen soll?

Es ist:

$$q = \frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{0,9}{0,110} = 8,181.$$

Gewählt ist ein Kanal mit einer Rämpferweite $d = 0,60$ und einem $q = 9,35$.

Beispiel: Welches Profil erhält ein kreisförmiger oder eiförmiger Kanal, der bei gleichbleibendem Gefälle das Wasser von zwei kreisförmigen Kanälen von je 0,40 m und 0,50 m Durchmesser aufnehmen soll?

Es ist:

$$\text{für 40 cm Durchmesser } q = 1,89$$

$$\text{" 50 " " " } q = 3,49$$

$$\text{zusammen: } q = 5,38$$

Dem entspricht

ein kreisförmiger Kanal mit $d = 0,60$ m und $q = 5,78$

" eiförmiger " " $d = 0,50$ m und $q = 5,68$.

Für teilweise gefüllte Kanäle findet man die Wassermenge und Geschwindigkeit aus nachstehender Tabelle, in der d den Durchmesser $= 2 r$ bedeutet.

Tabelle 55.

Füllhöhe	Eiform (Fig. 161)		Kreisform (Fig. 160)	
	Q	v	Q	v
0,1 d	0,008	0,32	0,019	0,35
0,2 d	0,03	0,48	0,083	0,58
0,3 d	0,07	0,61	0,19	0,75
0,4 d	0,13	0,71	0,33	0,89
0,5 d	0,20	0,79	0,50	1,00
0,6 d	0,28	0,86	0,68	1,08
0,7 d	0,37	0,92	0,85	1,14
0,8 d	0,47	0,98	1,00	1,17
0,9 d	0,58	1,02	1,09	1,15
1,0 d	0,70	1,06	1,00	1,00
1,1 d	0,81	1,09	—	—
1,2 d	0,92	1,11	—	—
1,3 d	1,02	1,11	—	—
1,4 d	1,06	1,10	—	—
1,5 d	1,00	1,00	—	—

Beispiel: Ein kreisförmiger Kanal von 0,60 m Weite führt bei ganzer Füllung 0,9 cbm Wasser in einer Sekunde bei 3,2 m Geschwindigkeit. Wie groß werden Q und v, wenn der Kanal 0,06 m hoch gefüllt ist?

Es ist die Füllhöhe:

$$h = \frac{0,06}{0,60} = 0,1 d,$$

demnach:

$$Q = 0,019 \cdot 0,9 = 0,017 \text{ s/cbm},$$

$$v = 0,35 \cdot 3,2 = 1,12 \text{ s/m}.$$

Verschiedene gebräuchliche Kanalprofile sind in den Fig. 160 bis 168 dargestellt. J. W. Büsing hat diese Profile in bezug auf ihre Wasserführung und Wassergeschwindigkeit für die verschiedenen Füllungsgrade untersucht und das Ergebnis in seinem Werk „Die Städtereinigung“ in Tabellen zusammengestellt. Einen Vergleich der einzelnen Profile miteinander hat Stadtbauinspektor A. Föhrens in der Zeitschrift für Archi-

tektur und Ingenieurwesen, Heft 3, Jahrg. 1902 veröffentlicht. Nach diesem ist:

für das Profil				der Querschnitt
Fig. 160 $x = 3,1415$				$F = \left(0,02942 \frac{Q}{\sqrt{J}}\right)^{\frac{1}{1,33}}$
Fig. 163 $x = 3,981$	Fig. 165 $x = 2,662$			$F = \left(0,0298 \frac{Q}{\sqrt{J}}\right)^{\frac{1}{1,33}}$
Fig. 161 $x = 4,594$	Fig. 164 $x = 4,820$	Fig. 166 $x = 3,388$	Fig. 168 $x = 2,936$	$F = \left(0,0302 \frac{Q}{\sqrt{J}}\right)^{\frac{1}{1,33}}$
Fig. 162 $x = 5,394$	Fig. 167 $x = 1,936$			$F = \left(0,0306 \frac{Q}{\sqrt{J}}\right)^{\frac{1}{1,33}}$

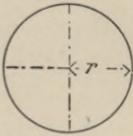


Fig. 160. Kreisform.

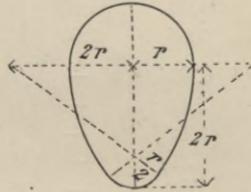


Fig. 161. Eiform.

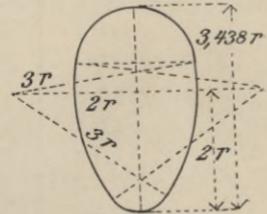


Fig. 162.

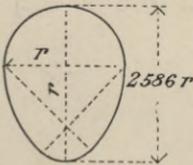


Fig. 163.

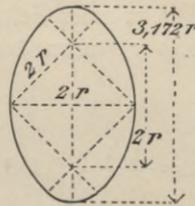


Fig. 164.

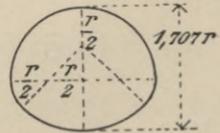


Fig. 165.

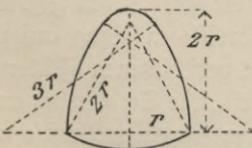


Fig. 166.

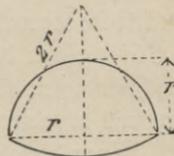


Fig. 167.

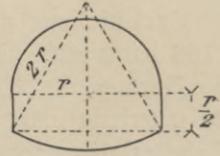


Fig. 168.

$$r = \sqrt{\frac{F}{x}}. \quad (76)$$

Die Profile sind nach der Rutter'schen Formel:

$$k = \frac{100 \sqrt{R}}{0,3 + \sqrt{R}} \quad (77)$$

berechnet worden;¹⁾ der Reibungskoeffizient k ist bei allen ziemlich derselbe, deshalb führen auch gleichgroße Profile annähernd gleichgroße Wassermengen.

Beispiel: Wie groß wird r bei dem in Fig. 168 dargestellten Profil, wenn $Q = 1$ s/cbm und $J = 0,01$ ist?

Es ist:

$$\frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{1}{0,1} = 10,$$

dennoch:

$$\begin{aligned} F &= (0,0302 \cdot 10)^{\frac{1}{1,33}}, \\ \log. 0,302 &= 0,48001 - 1, \\ (0,48001 - 1) \cdot \frac{1}{1,33} &= 0,60903 - 1 \\ F &= 0,4065, \\ r &= \sqrt{\frac{F}{x}} = \sqrt{\frac{0,4065}{2,936}} = 0,37 \text{ m.} \end{aligned}$$

§ 124. Bauart der Kanäle.

1. Beschreibung der Kanäle. Je nach dem Baustoff und der Herstellungsweise unterscheidet man Ton- und Steinzeugrohre, Kanäle aus Beton, aus Eisenbeton, aus Mauerwerk, aus verschiedenen Baustoffen (säurebeständige Kanäle) und aus Eisen.

a) Ton- und Steinzeugrohre. Die Tonrohre, welche zur Kanalisation verwendet werden, sind wie Ziegel aus Ton gebrannt und stets glasiert. Springt die Glasur ab, oder wird sie durch die Geschiebe der Abwässer, durch Sand usw. abgerieben, so lassen die porösen Rohrwandungen Wasser durch, das Kanalwasser diffundiert mit dem Grundwasser und kann letzteres verderben.

Steinzeugrohre (Fig. 169) verhalten sich zu den Tonrohren wie Klinker zu den gewöhnlichen Ziegelsteinen. Sie haben einen dichten ge-

¹⁾ Tabelle 54 ist nach der Formel $k = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}}$ den Angaben der „Hütte“ entsprechend berechnet worden.

interten Bruch und nehmen wenig Wasser auf. Steinzeugrohre sind meist mit einer Salzglasure versehen; sie sind höchst säurebeständig, undurchlässig und besitzen eine große Druckfestigkeit. Die Rohre werden in

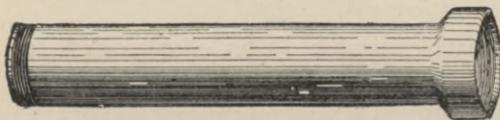


Fig. 169. Gerades Steinzeugrohr.

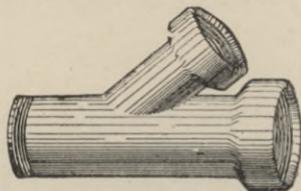
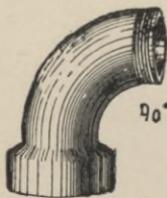
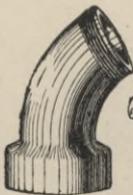


Fig. 170. Abzweig.

Weiten von 50—1000 mm hergestellt; ihr Querschnitt ist meist kreisförmig, mitunter auch eiförmig oder elliptisch gestaltet. In der Regel kommt der Kreisquerschnitt zur Anwendung, weil die Steinzeugrohre sich



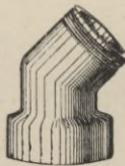
90°



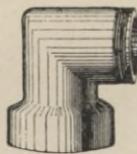
60°



45°



45°



90°

Fig. 171. Bogenrohre.

Fig. 172. Knierohre.

beim Brennen öfters ziehen, ein Rohr mit kreisförmigem Querschnitt aber fast immer so verlegt werden kann, daß die Kanalsohle eben bleibt. Die Wandstärke der Rohre schwankt zwischen 13 und 52 mm; sie ist an-

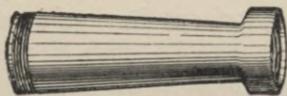


Fig. 173. Übergangsrohr.

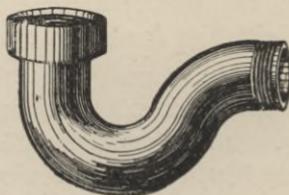


Fig. 174. Siphon.

nähernd $d : 20 + 10$ mm, wenn d den Durchmesser in Millimetern bedeutet. Rohre von 100—650 mm Durchmesser erhalten meist eine Länge von 1,0 m, solche von größerem Durchmesser eine Länge von 0,75 m.

Außer den geraden prismatischen Steinzeugrohren kommen noch in Anwendung: Abzweigungen, Bogenrohre, Knierohre, Übergangsrohre und

Siphons oder Geruchverschlüsse, wie sie in den Fig. 170—174 dargestellt sind.

b) Kanäle aus Beton. Kanäle bis etwa 1 m Lichtweite mit kreis- oder eiförmigem Querschnitt werden meist aus einzelnen Zementrohren zusammengesetzt. Für größere Kanäle würden solche Rohre zu schwer; größere Kanäle werden daher aus mehreren Rohrstücken zusammengesetzt oder in der Baugrube mit Hilfe entsprechender Schalungen betoniert. Über die Zementrohre ist in § 18 Näheres angegeben. Das Betonieren in der Baugrube ist für die Herstellung großer Kanäle am bequemsten; es hat aber den Nachteil, daß der fertig gestampfte Kanal lange Zeit zu seiner Erhärtung bedarf und daher mehrere Wochen stehen muß, bevor er dem Verkehr übergeben werden kann. Dieses erfordert einmal viel Schalung und zum anderen hemmt es den Verkehr. Der in die Baugrube einzustampfende Beton muß nicht allein die erforderliche Tragfähigkeit erlangen, er muß auch möglichst wasserdicht sein (§ 17). In Wien hat man in neuerer Zeit für solchen Beton ein Mischungsverhältnis 1 : 3 : 3 gewählt. Nach der Ausrüstung wird die Innenseite des Kanals noch mit einer etwa 2 cm starken Puzschicht aus Zementmörtel (1 : 2) versehen, um die Wasserdichtigkeit zu erhöhen.

c) Kanäle aus Eisenbeton. Auch hier kann man wieder unterscheiden zwischen Kanälen, die durch Aneinanderreihen einzelner Röhren entstehen, und solchen, die in der Baugrube aus Beton und Eisen aufgebaut werden.

Betonrohre mit Eiseneinlage können bis 2,0 m Weite fabrikmäßig hergestellt werden, ohne daß ihr Gewicht übermäßig groß wird. Weil das Rohr sowohl in der Längs- wie in der Querrichtung Biegespannungen erleiden kann, so müssen die Eiseneinlagen sowohl in der Längsrichtung als auch in Umwickelungen vorhanden sein. Wir unterscheiden verschiedene Arten. Bei den Monierröhren wird ein Eisengeflecht eingebettet; bei den Ziffelröhren werden die inneren Längsstäbe mit den äußeren Umwickelungen nicht verbunden, sondern durch eine Zwischenlage Beton getrennt. Bei dem Möllerschen Rohre nähert sich die Umwicklung unten und oben der inneren und links und rechts der äußeren Kanalwand. Das Rohr wird hierdurch gegen lotrechte Außendrucke besonders widerstandsfähig.

Größere Kanäle aus Eisenbeton erhalten oft die Form eines Gewölbes mit verlorenen Widerlagern. Die aus Beton herzustellende Kanalsohle wird meist mit einer besonderen Schmutzwasserrinne versehen. Namentlich bei allen Kanälen mit geringer Bauhöhe läßt sich der Eisenbeton mit Vorteil zu der tragenden Decke verwenden, die dann manchmal

so gestaltet wird, daß die Kanalwiderlager nur lotrechte Lasten aufnehmen haben.

d) Gemauerte Kanäle werden meist aus Klinkern, selten aus Bruchstein hergestellt. Backsteine sind im allgemeinen wasserdurchlässig. Es dürfen daher zum Kanalbau nur Ziegel mit möglichst dichter und sonst guter Beschaffenheit verwendet werden, die eine glatte Sichtfläche besitzen und bis zur Sinterung gebrannt sind (Klinker). Weil aber die meiste Zeit in den Kanälen nur der Trockenwetterabfluß stattfindet, bei dem die Druckhöhe gering ist, so wird ein merkliches Durchsickern des Kanalwassers durch die Kanalwand in den Untergrund kaum zu fürchten sein. Dies wird namentlich dann zutreffen, wenn man das Mauerwerk größerer Kanäle in konzentrischen Ringen ausführt, zwischen denen eine durchgehende Schicht aus Zementmörtel angebracht wird, ferner zum Vermauern guten Zement- oder Traßmörtel verwendet und die Innenseite des Kanals sorgfältig ausfugt. Für die gewölbten Teile des Kanals benutzte man meist Normalsteine und einzelne Keilsteine.

e) Kanäle aus verschiedenen Baustoffen (säurebeständige Kanäle). Bei großen Kanälen werden manchmal Widerlager, Decke und Schmutzwasserrinne aus Beton, die übrigen Teile aus Klinkern hergestellt. Kleine Kanäle, namentlich die mit eiförmigem Querschnitt, erhalten dagegen oft eine Sohle aus Beton oder Steinzeug, während der übrige Teil aus Mauerwerk gebildet wird. Mitunter wird auch nur der untere Teil der Kanalöffnung mit einem anderen Baustoff ausgekleidet; es geschieht dieses, um die Kanalwandungen gegen die Angriffe der säurehaltigen Kanalwasser zu schützen.

Säurebeständige Kanäle. Vom gewöhnlichen Hauswasser werden Betonkanäle nicht angegriffen; zerstörend wirken namentlich Salz-, Salpeter- und Essigsäure, weniger Milch-, Gerb- und Ölsäure. Haben die Kanalwasser einen Säuregehalt von mehr als $\frac{1}{12}$ ‰, so muß Zementbeton vor dessen Angriffen geschützt werden. Eine Auskleidung der Brauchwasserrinne mit Asphalt hat sich nicht bewährt, ein Anstrich der von den sauren Abwässern benetzten Flächen mit Goudron oder Teer-asphalt schützt nur so lange, wie er durch die reibende Wirkung nicht beschädigt oder beseitigt ist. Den besten Schutz gegen Säure gewährt eine Sohle aus Steinzeug (Fig. 175), oder eine Auskleidung des Betonkanals mit Steinzeugplatten (Knauff'sche Platten).

f) Eisenrohre werden in der Kanalisation nur dort angewandt, wo die Rohre einem starken inneren oder äußeren Druck zu widerstehen haben, namentlich bei Dück- und Heberanlagen, bei Pumpwerken, unter Gleisanlagen usw. Es kommen sowohl gußeiserne Muffenrohre, wie auch

geschweißte schmiedeeiserne Rohre zur Verwendung. Über diese Rohre ist in § 34 Näheres angegeben.

2. Wahl der Bauart. Für die Wahl sind besonders bestimmend die Baustelle, das Kanalwasser und die Wirtschaftlichkeit der Anlage.

Einfluß der Baustelle. In engen Straßen müssen schmale, stark überhöhte Profile zur Anwendung kommen, bei sehr ungünstigen Bodenverhältnissen breite, gedrückte Profile. Durch die breite Grundfläche wird der Druck auf eine größere Breite verteilt, der Kanal mithin standfester. In den Straßen mit starkem Verkehr können Kanäle nicht in der Baugrube aus Beton gestampft werden, weil der Beton zuviel Zeit zu seiner Erhärtung erfordert. Hier müssen die Kanäle gemauert oder aus einzelnen großen Stücken zusammengesetzt werden.

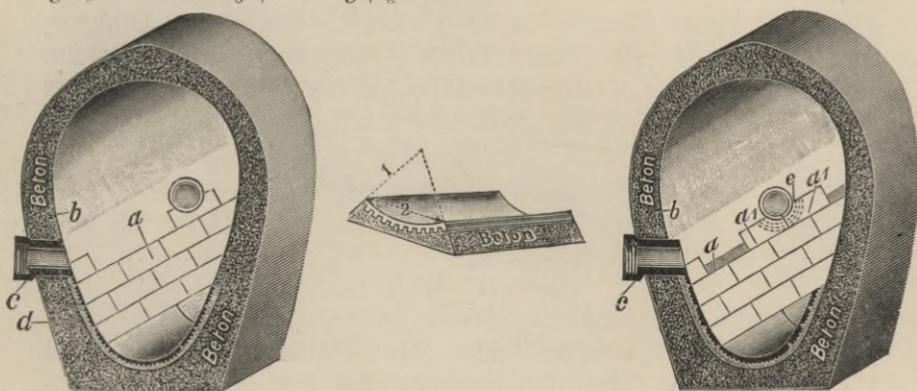


Fig. 175. Rohr mit Steinzeugplatten.

Einfluß des Kanalwassers. Das Kanalprofil wird mehr durch die Menge, der Baustoff des Kanals durch die Beschaffenheit des Kanalwassers bedingt. Die Größe des Profils richtet sich nach der größten Wassermenge, die Form nach dem Trockenwetterabfluß. Der Kanal soll die größte Wassermenge fassen und er soll bei niedrigstem Wasserstande nicht verschlammen. Hat der Kanal bei Trockenwetter nur das Brauchwasser abzuführen, so muß dieses in einer schmalen Rinne zusammengehalten werden, damit die Geschwindigkeit und Schwimmtiefe genügend groß bleiben. Man wählt bei kleinen Weiten kreisförmige, bei mittleren eiförmige, bei großen Doppel-Profile, das sind Profile mit besonderer Schmutzwasserrinne. Dient der Kanal gleichzeitig zur Aufnahme von Stadtbächen, wird er also bei Trockenwetter vom Bach- und Brauchwasser durchflossen, so wählt man Profile mit breiter Sohle, sog. Haubenprofile (Fig. 167). Auch dann, wenn der Wasserstand niedrig gehalten werden muß, wird man mehr breite als hohe Profile wählen.

Die Beschaffenheit, namentlich der Säuregehalt des Kanalwassers hat Einfluß auf die Wahl des Baustoffs. Gegen zu warme Abwässer oder gegen solche Abwässer, die verhältnismäßig stark mit Säure vermischt sind, bietet Zement nicht genügende Sicherheit. Zementrohre können durch die Einwirkung solcher Wässer im Laufe der Zeit zerstört werden; für solche Abwässer verwendet man besser „säurebeständige Rohre“ (§ 124, 1 e).

Die Einwirkung der Säure, wie auch der Einfluß der erhöhten Wassertemperatur wird im allgemeinen nur unmittelbar nach dem Eintritt in den Kanal schädlich wirken. Die schädlichen Einflüsse werden beseitigt oder wenigstens stark abgeschwächt, wenn eine entsprechende Verdünnung der säurehaltigen oder zu warmen Abwässer mit Kanalwasser normaler Beschaffenheit erfolgt. Daher werden oft nur die Anfangsstrecken der Kanäle (Kanäle von 20—35 cm Durchmesser) aus Steinzeug hergestellt und für alle weiteren Kanäle Zementrohre gewählt, die dann nach Bedürfnis mit Steinzeugplatten ausgekleidet werden können oder deren Sohlen aus Steinzeug gebildet werden.

Wirtschaftlichkeit.¹⁾ Wirtschaftlich ist dasjenige Profil das günstigste, das auf die Preiseinheit die größte Wassermenge abführt. Bezeichnet Q die sekundliche Wassermenge und k die Kosten für 1 m Kanal, so wird die Wirtschaftlichkeit:

$$W = \frac{Q}{k}. \quad (78)$$

Der Preis für eine Kanalleitung setzt sich zusammen aus dem Preis für den eigentlichen Kanal oder die Kanalrohre, dem Preis für die Erdarbeit und für das Verlegen der Rohre. Es ist:

$$k = k_1 + k_2 + \mu k_3, \quad (79)$$

wenn k_1 die Kosten für 1 m Rohr, k_2 die Kosten für das Verlegen von 1 m Rohr und μk_3 die Kosten für 1 m Kanalgraben bedeutet. μ ist ein von der Breite des Kanals abhängiger Beiwert. Die Mindestbreite des Kanalgrabens ist 0,80 m, sobald aber der äußere Durchmesser des Rohres eine gewisse Grenze erreicht, muß der Kanalgraben erweitert werden, die Kosten $1 \cdot k_3$ erhöhen sich auf μk_3 . Das wirtschaftlichste Profil erhält man demnach, wenn

$$W = \frac{1}{k_1 + k_2 + \mu k_3} \cdot Q \quad (80)$$

am größten wird. Für die kreis- und eiförmigen Zementrohre läßt sich das wirtschaftlichste Profil mit Hilfe der nachstehenden Tabelle finden.

¹⁾ Abhandlung des Verfassers in der Zeitschrift für Transportwesen und Straßenbau 1910, S. 475.

Tabelle 56.

Durchmesser m	Kreisform		Eifform		Kanalgraben	
	q	k ₁	q	k ₁	b	μ
0,30	0,85	3,30	1,39	4,90	0,80	1,0
0,35	1,31	4,00	2,12	6,00	0,80	1,0
0,40	1,89	5,00	3,09	7,40	0,80	1,0
0,45	2,59	6,00	—	—	0,88	1,1
0,50	3,49	7,10	5,68	10,40	0,94	1,2
0,60	5,78	8,75	9,35	14,00	1,07	1,3
0,70	8,75	11,20	14,2	18,50	1,22	1,5
0,80	12,6	13,90	20,4	21,50	1,38	1,7
0,90	17,3	16,00	28,1	26,50	1,54	1,9
1,00	23,1	18,00	37,4	30,00	1,70	2,1

In dieser Tabelle bedeutet q den in Formel 74 angegebenen Vergleichswert und b die Breite des Kanalgrabens in Metern.

Beispiel: Die Wirtschaftlichkeit eines 0,7 m weiten eiförmigen und eines gleichwertigen kreisförmigen Zementrohres sind miteinander zu vergleichen. Es betragen die Kosten für das Verlegen von 1 m Rohr = 7,0 M. und für 1 m Kanalgraben von 0,8 m Breite = 10,0 M.

Bei einem 0,7 m weiten eiförmigen Rohr ist $q = 14,2$ und bei einem 0,9 m weiten kreisförmigen Rohr ist $q = 17,3$; beide sind gleichwertig. Es ist für das eiförmige Rohr:

$$W = \frac{1}{18,5 + 7,0 + 1,5 \cdot 10,0} \cdot Q = 0,0247 Q$$

und für das kreisförmige Rohr:

$$W = \frac{1}{16,0 + 7,0 + 1,9 \cdot 10,0} \cdot Q = 0,0238 Q.$$

Folglich ist das Rohr mit eiförmigem Querschnitt das wirtschaftlichste.

§ 125. Tiefenlage und Gefällverhältnisse der Kanäle.

1. Tiefenlage. Mischkanäle, sowie die Brauchwasserleitungen sind so tief zu legen, daß auch die Keller in dieselben frei entwässern können. Die Regenwasserkanäle des Trennsystems können höher gelegt werden. Die Strecke der Hauptsammler, die nicht mehr zur Aufnahme der Abwässer, sondern lediglich zur Weiterführung derselben nach dem Vorfluter oder der Reinigungsanlage dienen, erhalten meist eine flachere Lage und können, wenn sie durch unbebaute Gebiete führen, oftmals sogar als offene Leitungen ausgeführt werden. Die Tiefenlage wird ferner

bedingt durch die Boden- und Grundwasserverhältnisse, durch die Hochwasserstände des Vorfluters und durch die gewählte Profilform der Kanäle, ferner durch den Verkehr, die vorhandenen Leitungsnetze und durch die Tiefenlage der Kellersohlen. Es soll die Entfernung des höchsten Wasserspiegels im Kanal bis zur Straßenkronen mindestens betragen:

mit Rücksicht auf die Frostgefahr und den Druck		
	der Wagenräder	etwa 1,20 m.
" " " "	vorhandenen Gas- und	
	Wasserleitungen	etwa 1,6—1,8 "
" " " "	Kellerentwässerung	etwa 3,0 "

Liegen einzelne Kellersohlen ausnahmsweise tiefer, so kann hierauf nicht Rücksicht genommen werden, weil sonst die Kanalisation wesentlich verteuert wird.

2. Gefällverhältnisse. Im großen und ganzen soll das Gefälle der Kanäle dem Straßengefälle gleichlaufen. Das Gefälle soll nicht zu groß sein. Starke Gefälle haben bei kleinen, mit unregelmäßigem Wasserzufluß versehenen Leitungen leicht die Folge, daß das Wasser vorausseilt, ohne die Sink- und Schwimmstoffe mitzunehmen, die trotz der vermehrten Stoßkraft des Wassers nicht immer mitgerissen werden, sondern zum Teil als Ablagerungen zurückbleiben. Auch kann der Fall eintreten, daß bei den durchströmenden Brauchwassermengen Wassertiefen (Schwimmtiefen) unter 2 cm entstehen, wobei gröbere Schwimmstoffe nicht mehr schwimmen können. Namentlich haben aber zu starke Gefälle den Nachteil, daß die vom Wasser mitgeführten Sandteilchen die Kanalwandungen und besonders die Kanalsohlen angreifen. Eine Geschwindigkeit des ständigen Wasserablaufes (Brauchwasser) über 2 m und bei nicht ständig laufenden größten Regenwassermengen über 4—5 m, in Ausnahmefällen bis 6 m sollte nicht überschritten werden.

Andrerseits soll das Gefälle aber auch nicht zu klein sein. Es sollte mindestens eine solche Größe haben, daß auch beim Trockenwetterabfluß eine Geschwindigkeit von wenigstens 0,6 m/s vorhanden ist, weil eine solche Geschwindigkeit erforderlich ist, um die im Kanalwasser mitgeführten Schwebstoffe fortzutragen. Diese Mindestgeschwindigkeit läßt sich aber nicht immer erreichen. Namentlich in den oberen Enden des Kanalnetzes ist die abfließende Wassermenge zeitweise so gering, daß es unmöglich ist, fortdauernd eine ausreichende Geschwindigkeit und nötige Schwimmtiefe zu erhalten; in den Nachtstunden kann sogar vollständiges Trockenlaufen eintreten. Demgemäß sind solche Gefälle als die günstigsten zu betrachten, welche die zur Fortbewegung der mitgeführten und zur Weiterspülung der abgelagerten Stoffe erforderliche Geschwindigkeit mög-

licht oft herbeiführen. Bei kleineren Profilen ist der verhältnismäßig größeren Reibung wegen ein größeres Gefälle nötig als bei Kanälen mit größerem Wasserquerschnitt. Für verschiedene Kanalgrößen sind die kleinsten und größten, sowie die günstigsten Gefälle in nachstehender Tabelle angegeben.

Tabelle 57.
Kanalgefälle.

Kanäle	Gefälle		
	kleinste	größte	günstigste
Hauswasserkanäle	1: 100	1: 10	1: 15 bis 1: 50
Straßenkanäle (0,25—0,30 m I. B.) . . .	1: 250	1: 15	1: 30 bis 1: 150
Sammler (0,30—0,60 m I. B.)	1: 500	1: 25	1: 50 bis 1: 200
Hauptkanäle (0,60—1,0 m I. B.)	1: 1000	1: 50	1: 200 bis 1: 500
Stammkanäle (1,0—2,0 m I. B.)	1: 3000	1: 75	1: 300 bis 1: 750

$66,6 \div 20\%$
 $33,3 \div 6,66\%$

Wo hiernach das Kanalgefälle dem Gefälle der Straße folgend zu klein wird, muß die Kanaltiefe allmählich vergrößert, wo das Kanalgefälle zu groß wird, müssen Abstürze eingebaut werden. Bei Hausentwässerungen bildet man die Abstürze durch senkrechte Fallrohre aus, bei Straßenkanälen als gekrümmte Gerinne in den Schächten, in den Hauptsammlern als Abtreppungen.

Sohlen- und Spiegelgefälle. Spricht man schlechtweg vom Gefälle eines Kanals, so versteht man darunter dasjenige der Sohle. Nach dem Sohlengefälle richtet sich die Geschwindigkeit des abfließenden Wassers bei niedrigem Wasserstande, demnach die Fortbewegung der vom Brauchwasser mitgeführten Sinkstoffe oder die Reinspülung des Kanals. Das Spiegelgefälle, das ist dasjenige Gefälle, welches sich im Wasserspiegel während eines Sturzregens bildet, ist bestimmend für die Größe des Kanalquerschnittes. Beide Gefälle sind oft verschieden, Sohle und Spiegel nicht gleichlaufend.

Sohlengefälle. Das kleinste Sohlengefälle kann aus vorstehender Tabelle entnommen werden. Soll bei der Einmündung von Nebkanälen im Hauptkanal ein Rückstau (durch Vermehrung des Wassers) nicht entstehen, so muß dort ein Gefällabsatz angebracht oder die Sohle des Hauptkanals auf eine kurze Strecke mit stärkerem Gefäll versehen werden. Soll in dem Nebkanale kein Rückstau eintreten, so muß der Hochwasserspiegel in beiden Kanälen die gleiche Höhe haben, die Scheitel des Haupt- und Nebkanals müssen gleich hoch liegen. Dieses läßt sich jedoch nicht immer

erreichen, der Nebenkana! muß oft tiefer angelegt werden mit Rücksicht auf sein Gefälle. Stets soll aber der Nebenkana! so hoch liegen, daß bei Trockenwetterabfluß der Wasserspiegel im Nebenkana! etwas höher liegt als der im Hauptkana!.

Die Erweiterung des Hauptkana! geschieht am vorteilhaftesten an der Mündung eines Nebenkana! durch einen Gefällabfag, mitunter auch durch einen Abfag in der Decke. Gefällabfäge vermeiden den Rückstau im Hauptkana!, vermindern aber das Sohlengefälle; bei Deckenabfägen wird das Sohlengefälle größer, der Rückstau aber nicht verhindert. Beide Anordnungen kommen vor; welche von beiden anzuwenden ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden.

Spiegelgefälle. Bei der Berechnung der Kanalkuerschnitte wird man zunächst das Spiegelgefälle ermitteln aus der Höhenlage der zu entwässernden Keller und der Hochwasserspiegel des Vorfluters an den Notausläffen und der Mündung des Kanals und hierbei beachten, daß an allen Einmündungen und Brechpunkten der Wasserstand im Kanal um ein bestimmtes Maß unter Straßenpflaster bleibt. Alsdann kann die Berechnung nach folgender Tabelle ausgeführt werden.

Tabelle 58.

Kanaltabelle.

Kanal	Höhenzahl		Kanalweite	Größte Abflußmenge				Trockenwetterabfluß			Breite des Rohrgrabens			
	Bezeichnung	Länge		Straßenkrone	Kanalsohle	Q	Spiegelordinate	Spiegelgefälle	Füllhöhe	Geschwindigkeit		Q	Sohlengefälle	Füllhöhe
m		m	sl								m			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hauptkana! (1)	100	80,3	76,77	0,70	800	77,3	1:100	0,53	2,63	16	1:100	0,07	0,78	1,20
		79,3	75,77			76,3								
Hauptkana! (2)	100	79,3	75,88	0,60	500	76,3	1:100	0,42	2,40	10	1:100	0,05	0,71	1,10
		78,3	74,88			75,3								
Nebenkana! (3)	80	79,3	75,94	0,45	250	76,3	1:100	0,36	1,80	5	1: 90	0,04	0,60	0,90
		78,5	75,05			75,5								

In der Tabelle bedeutet die Zahl:

über dem Bruchstrich die Höhe am Einlauf,
 unter " " " " " Auslauf.

Für den Hauptkanal (1) findet man z. B. aus der Wassermenge Q und dem Spiegelgefälle (Spalte 6 und 8) mit Hilfe der Tabelle 54 die Kanalweite $d = 0,70$ m. Ein solcher Kanal kann bei 0,01 Gefälle 875 sl führen, bei einer Geschwindigkeit von 2,27 m. Der Kanal hat zu führen 800 sl oder $\frac{800}{875} \cdot Q = 0,91 Q$. Diesem Wert entspricht nach Tabelle 55 eine Füllhöhe von 0,75 d (Zwischenwert). Mithin ist die Füllhöhe $0,75 \cdot 0,70 = 0,53$ m und die Geschwindigkeit $1,16 v = 1,16 \cdot 2,27 = 2,63$ m/s (Zwischenwert in Tabelle 55). Aus der Füllhöhe und der Spiegelordinate ergibt sich alsdann die Ordinate der Kanalsohle. Die Werte für die übrigen Kanäle findet man auf ähnliche Weise, ebenso die Werte für den Trockenwetterabfluß. Beim Trockenwetterabfluß berechnet sich das Gefälle aus den Ordinaten der Kanalsohle.

§ 126. Verlegen der Rohre.

Soll eine längere Leitung in dem Gefälle 1 : n verlegt werden, so kann man in 1 Meter Entfernung (Bisierweite) zwei Latten quer über den Kanal befestigen derart, daß die Oberkante der einen Latte um 1 : n höher liegt als die Oberkante der anderen Latte. Eine Parallele zu der Bisur über diese Latten muß ebenfalls das Gefälle 1 : n haben, folglich auch die Kanalsohle, wenn sie parallel zur Bisurlinie verlegt wird. Man erreicht dieses dadurch, daß man am Auslauf ein Rohr (mit der Spitzmuffe kanalabwärts zeigend) verlegt, die Entfernung von Kanalsohle bis zur Bisurlinie mißt und jedes weitere Rohr in derselben Entfernung von der Bisurlinie verlegt.

Steinzeugrohre sollen mit Rücksicht auf die Verkehrslast in die Steinbahn eingebettet werden:

bei 100—150 mm	Wichtweite	mindestens	1,5 m	tief,
" 175—250	"	"	2,2	" "
" 270—400	"	"	3,0	" "
" 450—600	"	"	4,0	" "

Die Rohre sollen bei schlechtem, steinigem Erdreich in feinen Sand gebettet werden. Der eingefüllte Boden ist gehörig festzustampfen, damit der lockere Boden sich wieder mit dem festen Erdreich verbindet, wodurch sowohl der Einfluß des Erdrucks, als auch die Verkehrslast auf die Röhren erheblich abgeschwächt wird. Bei Tiefen von 5 m und darüber wirkt die Verkehrslast überhaupt nicht mehr. Bei einer Einbettung in Beton kann der Rücken des Rohres sich der Fahrbahnkrone bis etwa 0,30 m nähern.

Man dichtet Steinzeugrohre, indem man einen Leerstrick in die Muffe einführt und einstemmt, dann Ton dahinterstopft und zum Schluß die Dichtungsstelle durch einen Zementaufstrich säurefest und undurchlässig verkleidet. Besser noch ist es, die Muffe mit Asphaltkitt auszugießen. Der Asphaltkitt verbindet sich mit dem Steinzeug zu einem Körper, bleibt dabei aber derart elastisch, daß beim Senken der Rohrleitung keinerlei Undichtigkeiten in der Muffe entstehen. Man führt zu dem Zweck zuerst einen Leerstrick in die Dichtungsstufe, den man gut einstemmt, damit der flüssige Asphaltkitt nicht in das Innere des Kanals laufen kann. Alsdann wird ein dickes Tauende mit Ton bestrichen und so um das Rohr vor die Muffe gelegt, daß eben eine Gußöffnung bleibt. Der erwärmte Asphaltkitt wird eingegossen; nach dem Erkalten wird das Tauende entfernt; die Dichtung ist fertig.

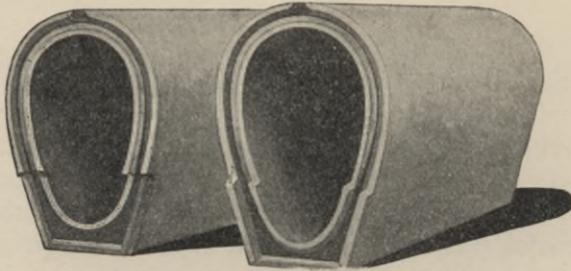


Fig. 176. Rohre mit Asphalttrillendichtung.

Zu empfehlen ist auch die Asphalttrillendichtung von Bechtel und Biedendorf in Friklar (Fig. 176). An den beiden Stirnseiten eines jeden Rohres befindet sich eine Rille mit halbkreisförmigem oder dreieckigem Querschnitt, die sich gegen den Rohrboden, der größeren Wandstärke entsprechend, verbreitert. Die Stirnflächen selbst sind abgesetzt und verhindern so die lotrechte Bewegung der einzelnen Rohre bei der Versetzungsarbeit. Am Scheitel der Rohrenden sind halbkreisförmige Öffnungen nach oben angebracht, die nach der Zusammenfügung der Rohre runde Löcher bilden. Die Verbindung und Dichtung des in der Baugrube verlegten Stranges erfolgt dadurch, daß in die runden Öffnungen am Scheitel heißer Asphalt eingegossen wird.

Zementrohre werden vorteilhaft nach den vom Deutschen Betonverein aufgestellten „Leitsägen für die Ausführung von Zementrohrleitungen“ verlegt. Nach diesen Leitsägen soll die Baugrube so breit sein, daß auf jeder Seite des Rohrstranges ein freier Raum von 15 bis 25 cm verbleibt. Ist der Baugrund nicht tragfähig, so wird eine tragfähige Bausohle durch Sand-, Kies-, Steinschüttung u. dergl. geschaffen.

Felsengrund soll ein ausgleichendes Sandbett, eine zu tief angelegte Baugrube, eine Aufschüttung von festgestampftem Kies oder Magerbeton erhalten.

Das Verlegen der Rohre soll an der tiefsten Stelle der Baugrube beginnen. Das gut gereinigte Rohr wird in die Baugrube versenkt, dann die Spitzmuffe des neu versenkten Rohres auf der oberen Hälfte, die Stumpfmuffe des bereits verlegten Rohres auf der unteren Hälfte mit Zementmörtel verstrichen, hierauf das Rohr nach Richtung und Gefälle festgelegt.

Beim Verfüllen der Baugrube soll auf beiden Seiten des Rohres gleichzeitig begonnen werden. Die Erde ist schichtenweise einzubringen und festzustampfen.

Wenn Betonrohre nur eine geringe Überschüttung erhalten können, mithin einem einseitigen Druck durch die Fuhrwerke ausgesetzt sind, so kann man sie dadurch verstärken, daß man die Rohre in Beton einbettet. In zusammendrückbarem Boden, wo das Rohr durch die aufgelagerten Erdschichten einem besonders starken Vertikaldrucke ausgesetzt ist, verwendet man vorteilhaft Keilrohre (Fig. 177). Das Keilrohr —

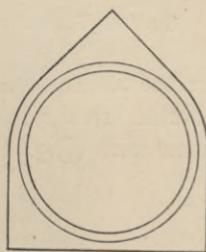


Fig. 177. Keilrohr.

D. R.-G.-M. der Firma Hüser & Co. — durchdringt mit seiner scharfen Schneide die sinkenden Erdmassen und drängt sie zur Seite, wo sie dann den seitlich lagernden Boden dichter pressen.

§ 127. Beseitigung des Grundwassers.

Am einfachsten geschieht die Ableitung des Grundwassers durch Sickerleitungen, welche man unter die Sohle des zukünftigen Kanals oder seitlich verlegt, und an den Mündungsstellen der Kanäle oder Notauslässe in den Vorfluter einführt. Bei mäßigem Wasserzudrange genügen gewöhnliche Drainrohre, welche mit möglichst sandfreiem Kies umhüllt werden. Demselben Zweck dienen auch hohle Sohlstücke aus Steinzeug (Fig. 178), in welche das Grundwasser durch die seitwärts oder unten offen gelassenen Stoßfugen eintritt. Auch Sohlstücke aus Beton erhalten mitunter in der Längs- und Querrichtung Öffnungen zur Aufnahme und Fortführung des Grundwassers.

§ 128. Kanalverbindungen.

In welcher Höhenlage Nebenkanäle in die Hauptkanäle übergeführt werden sollen, ist in § 125 angegeben. An den Verbindungsstellen zweier

Sammelkanäle wird stets ein Einsteigeschacht eingebaut. Die Sohle des Einsteigeschachtes wird zweckmäßig mit Beton derart befestigt, daß der

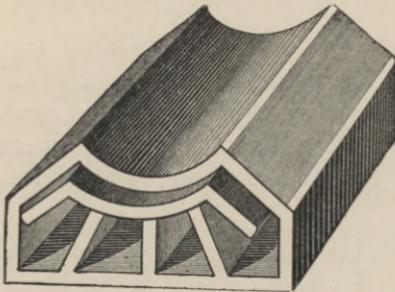


Fig. 178. Sohlstein aus Steinzeug.

untere Teil der Rohrquerschnitte, etwa bis zur Rohrmitte oder bis zum Kämpfer in den Beton eingeschnitten wird. Es sollen niemals zwei Sammelkanäle unter einem rechten Winkel zusammenstoßen, weil sonst Ablagerungen an der Verbindungsstelle entstehen. Vielmehr müssen die Seitenrohre mit einem Bogen angeschlossen werden, dessen Halbmesser mit der

Weite des Rohres wächst. Bei kleineren Rohren genügt eine Krümmung der Rinne, welche in das Betonfundament des Einsteigeschachtes eingeschnitten wird (Fig. 181).

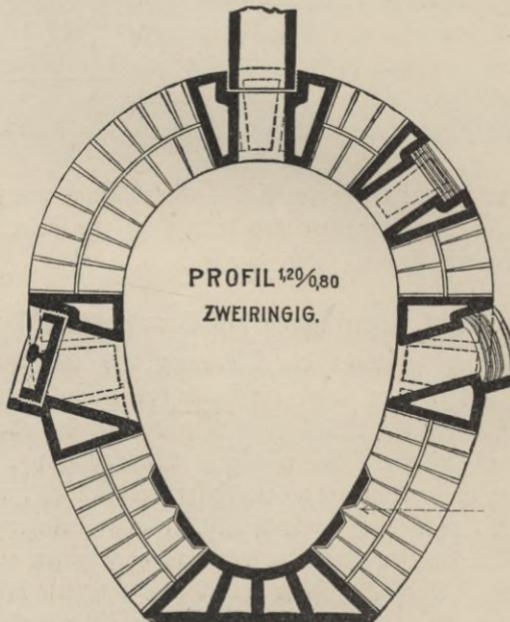


Fig. 179. Kanal mit Einlässen.

Die Verbindung der Anschlußleitungen für Hausentwässerungen, Regenrohre und Straßeneinlässe mit den gemauerten oder aus einzelnen Formstücken zusammengesetzten Sammelkanälen erfolgt mittels stumpf ab-

geschnittener Steinzeugrohre oder besser mittels besonderer Einlaßstücke aus Steinzeug oder Zementbeton, welche den vorher ermittelten Stellen ein-

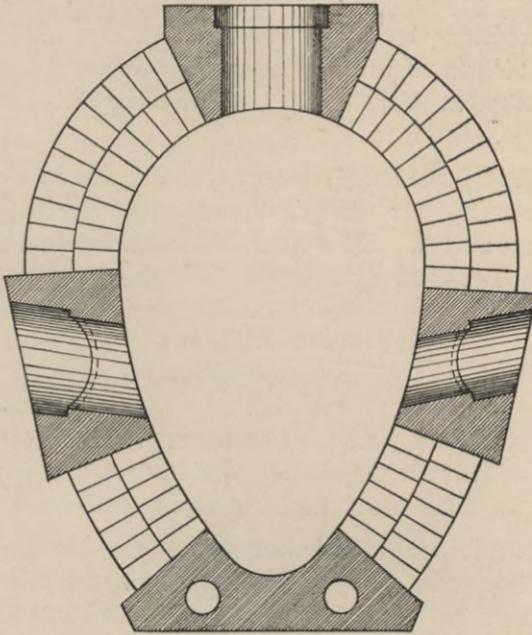


Fig. 180. Kanal mit Einläßen.

gemauert oder eingestrichelt werden und so gestaltet sind, daß sie zugleich einen schräg gerichteten Einlauf des Wassers bewirken (Fig. 179 u. 180).

§ 129. Dächer und Heberleitungen.

Unterführungen unter Eisenbahnlinien, Wasserläufen usw. zwingen manchmal die Kanäle \square -förmig zu führen, sie bilden dann einen Dächer. Seltener sind Heberleitungen im Kanalbau erforderlich.

Beim Dächer werden an beiden Enden Einsteigeschächte vorgesehen, von denen aus die etwa erforderlichen Reinigungsarbeiten vorgenommen werden. Der Einlaßschacht erhält größere Abmessungen und einen Schlammfang, um die von dem Wasser mitgeführten Sinkstoffe möglichst vor dem Einlauf abzusetzen und von dem Dächer fernzuhalten. Von dem Schacht zweigt außerdem noch ein Notauslaß nach dem vorbeiziehenden Wasserlauf ab, einmal um den Dächer zu entlasten, zum andern aber, um bei einer etwaigen Ausbesserung oder Außerbetriebsetzung Vorflut für das Kanalwasser zu haben. Der Dächer erhält zu diesem Zwecke auch am Ein-

Auslauf eiserne Schieber, von denen der Schieber im Auslaufschaft so angebracht wird, daß der Dücker vom Schachte aus zugänglich bleibt, das Wasser aus der Vorflut aber von ihm ferngehalten werden kann.

Die Berechnung der Dücker erfolgt in ähnlicher Weise, wie die der Kanäle und Rohrleitungen; ihr Durchmesser ergibt sich aus dem zur Verfügung stehenden Gefälle und der abzuleitenden größten Wassermenge.

Nach Prof. Frühling¹⁾ können zur Berechnung der Dücker die für die Berechnung der übrigen Kanäle angegebenen Formeln und Tabellen benutzt werden. Oft werden Dücker mit kreisrundem Querschnitt auch nach der Weißbachschen Formel

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 + \zeta_0 + \zeta \frac{1}{d}}} \quad (81)$$

berechnet.²⁾ Zur Erleichterung der Berechnung können alsdann die vom Ober-Landmesser Hürten aufgestellten „Kurvrentafeln zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit unter Druck liegender Bauwerke“ dienen.

Die Heberleitungen gestatten eine Hebung des Wassers über die Gefällinie, und zwar bis zur Höhe $H = 10 \text{ m} - h$, wenn H die Erhebung des Wassers über den Wasserspiegel im Zuflußkanal und h das zur Bewegung des Wassers erforderliche Gefälle bezeichnet. Zur Sicherung des Betriebs setzt man $H < 9 \text{ m} - h$.

Das Heberrohr muß so angeordnet werden, daß keine Luft in dasselbe eintreten kann. Aus diesem Grunde wird das Heberrohr am Einlauf möglichst tief in das Wasser eingesenkt und am Auslauf nach oben gekrümmt, damit es an beiden Enden stets durch das Wasser verschlossen bleibt. Um die in dem Abwasser befindliche Luft, welche sich an der höchsten Stelle im Heberrohr sammelt und nach einiger Zeit die Wirkung des Hebers aufheben würde, zu beseitigen, wird an dieser Stelle eine Entlüftungseinrichtung (Wasserstrahlpumpe, Luftpumpe usw.) angebracht. Auch die Heberleitungen müssen am Ein- und Auslauf besondere Einsteigeschächte erhalten, welche die Anlage zugänglich machen. Als Baustoff für Heberleitungen wird wie auch für viele Dücker oft Schmiedeeisen verwendet. Die Berechnung der Heberleitung ist in meiner „Hydraulik“ S. 152 angegeben.

¹⁾ Handbuch der Ing.-Wissenschaften, III. Teil, 4. Band, S. 195.

²⁾ Gamann, Hydraulik und ihre Anwendung in der Kulturtechnik, S. 26.

V. Bauwerke.

§ 130. Anlagen zur Untersuchung und Reinhaltung der Kanäle.

1. **Einsteigeschächte.** - Die Einsteigeschächte, in Berlin Einsteigebrunnen und in Mitteldeutschland auch wohl Schrote genannt, sollen die Leitung zugänglich machen. In nicht begehbaren Kanälen werden sie in 40—70 m Abstand und sonst überall da angeordnet, wo Kanäle miteinander verbunden werden, oder das Profil oder die Richtung wechselt. Bei kleinen Kanälen werden die Schächte enger gestellt als bei großen. Die Schächte werden meist kreisförmig gestaltet; sie erhalten unten 0,8—1,0 m und oben etwa 0,70 m Durchmesser. Meist werden sie aus fertigen Betonformstücken (Schachtringen) aufgebaut (Fig. 181).

Die Sohle wird gewöhnlich aus Stampfbeton gebildet. Die Leitungen werden rinnenartig durch den Schacht geführt. Bei Profiländerungen wird die Rinne kegelförmig, bei seitlich einmündenden Leitungen gekrümmt gestaltet; Absätze in der Sohle werden durch entsprechend stärkeres Gefälle ausgeglichen. Manchmal werden die Rinnen auch durch halbe Steinzeugrohre gebildet oder mit denselben ausgekleidet. Zum Besteigen der Schächte dienen Steigeisen, welche man in Deutschland fast ausschließlich aus Gußeisen herstellt (Fig. 182). Die Eisen werden zum Schutz gegen Rost mit einem Überzuge von Asphaltlack versehen und in zwei senkrechten, etwa 0,4 m von Mitte bis Mitte entfernten Reihen in etwa 0,30 m Höhenabstand eingeseht.

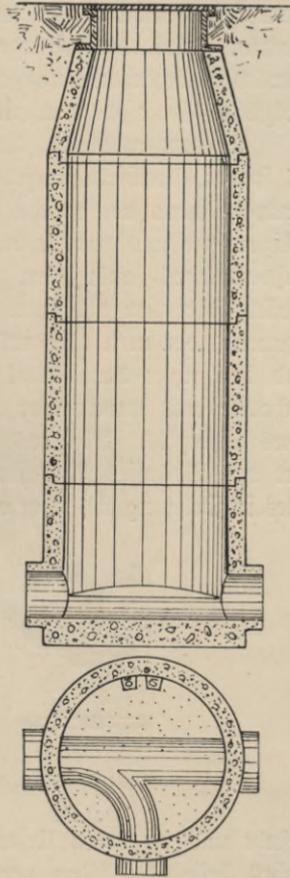


Fig. 181. Einsteigeschacht.

In Straßenhöhe erhält der Schacht eine gußeiserne, quadratisch oder kreisförmig gestaltete Schachtabdeckung, bestehend aus Rahmen und Deckel. Die abhebbaren Deckel erhalten in der Regel Öffnungen zum Entweichen der Luft bei starken Regengüssen und auch zur Entlüftung des Kanalnetzes. Gewöhnlich werden die Deckel zwischen Rippen mit

Holzklöze ausgefeilt, um ein Ausgleiten der Pferde zu verhüten (Fig. 183).

Bei den begehbaren Kanälen werden die Einsteigeschächte ähnlich gestaltet. Bei engen Straßen und starkem Verkehr wird mitunter der Kanalzugang in den Bürgersteig verlegt. Meistens wird der Einsteigeschacht senkrecht oder schräg bis annähernd Kanalsohle niedergeführt und dann Schacht und Kanal durch einen überwölbten Gang miteinander verbunden. Auf dem Bürgersteig genügen schwächere Schachtabdeckungen, die statt der Holzklöze Gußasphalt erhalten können.

2. Lampenlöcher. Um an Schächten zu sparen, wechseln diese manchmal mit Lampenlöchern ab, welche in der Anlage billiger sind und zur Beobachtung des Abfluvorganges ausreichen. Nachdem der Deckel abgehoben ist, kann man hinunterschauen, oder man läßt eine Lampe hinab und beobachtet den Kanal vom nächsten Schachte aus unmittelbar oder mit Hilfe eines Spiegels. Meistens gibt schon die Art des Abflusses Aufschluß darüber, ob alles in Ordnung ist, oder ob eine Störung

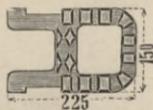
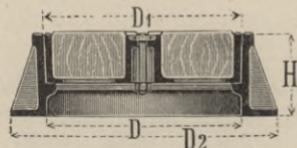


Fig. 182. Einsteigeschacht.

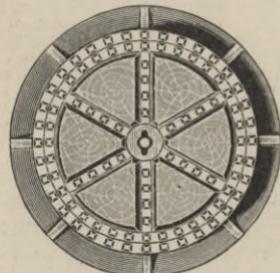
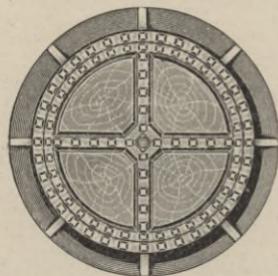


Fig. 183. Schachtabdeckungen.

besteht und ob deren Ursache sich oberhalb oder unterhalb des Lampenloches befindet. Man verwendet zu Lampenlöchern meist Rohre aus Steinzeug, Zement oder Eisen, selten aus Mauerwerk. Eine Abdeckung zeigt Fig. 184.

3. Lüftungsvorrichtungen. Öffnungen zum Austritt der Kanalluft sind schon deshalb erforderlich, weil die Luft beim Eintritt eines Sturzregens aus dem Kanal entweichen muß. Zu einer gründlichen Entlüftung ist es notwendig, daß die Öffnungen vom Scheitel der Rohre aus abgehen. Als Entlüftungsröhr können die Einsteigeschächte und Lampenlöcher

dienen; die Deckel dieser Bauwerke müssen zu dem Ende durchlocht werden. Mitunter werden auch besondere Entlüftungsröhre angebracht, welche man an geeigneten Punkten, z. B. öffentlichen Bedürfnisstellen, in Dachrinnen usw. münden läßt. Bei den Hausentwässerungen muß bei einer Schwemmkanalisation das Entlüftungsröhr gradlinig bis über das Dach geführt werden. Meistens wird ein Temperaturunterschied und somit auch ein Unterschied im Gewicht zwischen Kanalluft und der Außenluft vorhanden sein, der eine Luftströmung hervorruft.

4. Spülvorrichtungen. Auch an den mit guten Gefällen versehenen Kanälen reichen Geschwindigkeit und Schwimmtiefe nicht immer aus, um die Stoffe, welche in dem absatzweise zufließenden Brauchwasser enthalten sind, weiter zu führen; sie bleiben auf der Sohle liegen. Durch starke Regen werden diese Sinkstoffe allerdings infolge größerer Spülkraft des Wassers teilweise wieder entfernt, doch treten jene so selten auf, daß sich inzwischen die Ablagerungen festgesetzt haben und nur noch mit der Hand herauszubringen sind. Soll dieser Uebelstand vermieden werden, so muß der Kanal von Zeit zu Zeit künstlich gespült werden. Die Spülung hat zugleich die günstige Nebenwirkung, daß jedesmal eine bestimmte Menge Kanalluft nach außen gedrängt und durch reine Luft ersetzt wird.

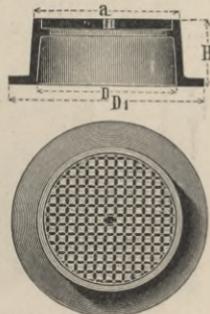


Fig. 184. Lampenschilde.

a) Wirkungsweise. Die Spülung erfolgt in der Weise, daß man in das obere Ende der Kanäle so viel Wasser einläßt, daß eine starke Strömung entsteht. Die Anfangsgeschwindigkeit der Spülwelle findet man bei Stauschleusen annähernd aus der Formel

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{\sqrt{2gh_1} + \sqrt{2gh_2}}{2},$$

$$v = 2,2 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}). \quad (82)$$

In dieser Formel bedeutet:

h_1 die Entfernung vom Stauspiegel bis zur Sohle der Schleusenöffnung,
 h_2 „ Stauhöhe oder den Unterschied zwischen Ober- und Unterwasserspiegel.

Ist z. B. $h_1 = 1,0$ m und $h_2 = 0,64$ m, so wird $v = 3,96$ m. Bei dem weiteren Fortschreiten der Welle, welche den Querschnitt kleiner Kanäle eine Strecke weit vollständig ausfüllen kann, wirkt die Reibung an den Kanalwänden verzögernd, das Gefälle des Kanals dagegen beschleunigend ein; die Höhe der Welle nimmt infolge des auf der durch-

laufenen Strecke zurückgelassenen Wassers immer mehr ab; ebenso die Geschwindigkeit. Beträgt die Höhe der Welle noch 6—8 cm, ihre Geschwindigkeit noch etwa 0,9 m, so hört ihre Wirksamkeit auf. Die Abschwächung tritt um so früher ein, je kleiner man die Menge und die Stauhöhe des Spülwassers gewählt hatte, je weniger Gefälle die Spülstrecke besitzt und je größer der Widerstand ist, den Ablagerungen und Beschaffenheit der Rohrwandungen der Spülwelle bereiten. Auch das im Kanal vorhandene Wasser wirkt nachteilig ein, da es die lebendige Kraft des Spülwassers schwächt. Alle diese Umstände, welche bei den einzelnen Fällen verschieden sind, bewirken, daß die Wirkungslänge der Spülung stark wechselt; sie kann sich auf 100 m beschränken, kann aber auch mehrere hundert Meter betragen.

b) Technische Einrichtung. Das Spülwasser kann nur in Ausnahmefällen einem hoch gelegenen See oder Flusse entnommen werden, meist muß man dasselbe in besonderen Behältern ansammeln. Als

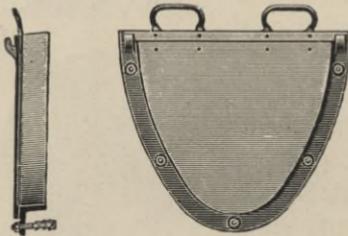


Fig. 185. Versehbare Spültür.

man Sammelbehälter können Teiche, überdeckte Behälter oder auch Einsteigeschächte dienen.

In den Einsteigeschächten werden die Abflußrohre durch Klappen oder Schieber verschlossen; das Wasser wird dadurch angestaut. Öffnet

man den Verschluss, so tritt das Wasser mit großer Geschwindigkeit in den zu spülenden Kanal und reißt die abgelagerten Stoffe mit sich fort. Die Spülverschlüsse können fest und auch versetzbar angeordnet werden, sie können sich selbsttätig öffnen oder mit der Hand bedient werden (Fig. 185 u. 186). Damit kein schädlicher Rückstau für die oberhalb gelegenen Hausanschlüsse entsteht, kann ein Überlaufrohr angebracht werden, welches bei einem gewissen Wasserstande das gestaute Wasser dem Abzugskanal zuführt. Bei größeren Kanalquerschnitten verwendet man zu dem Zweck Überfalltüren, die sich auch noch selbsttätig öffnen können. — Die Einführung des Spülwassers in die Rohrkanäle kann auch durch fahrbare Spülbehälter erfolgen, welche in die Abfallschächte entleert werden.

Bei den Selbstspülern wird das Spülwasser in einem über der Kanalsohle gelegenen Behälter gesammelt. Sobald der Wasserstand eine bestimmte Höhe erreicht hat, entleert sich der Behälter selbsttätig und plötzlich. In den meisten Fällen erfolgt die Entleerung durch entsprechend

angeordnete Heber. Der in Fig. 187 dargestellte Selbstspüler¹⁾ besteht aus einem Glockenheber, dessen inneres Rohr mit seinem unteren Ende in einen Wasserverschluß taucht. Am oberen Ende des inneren Rohres ist ein trichterförmiger Ansaß, welcher bewirkt, daß das überlaufende Wasser nicht an den Innenwänden herabrieselt, sondern als Regel frei

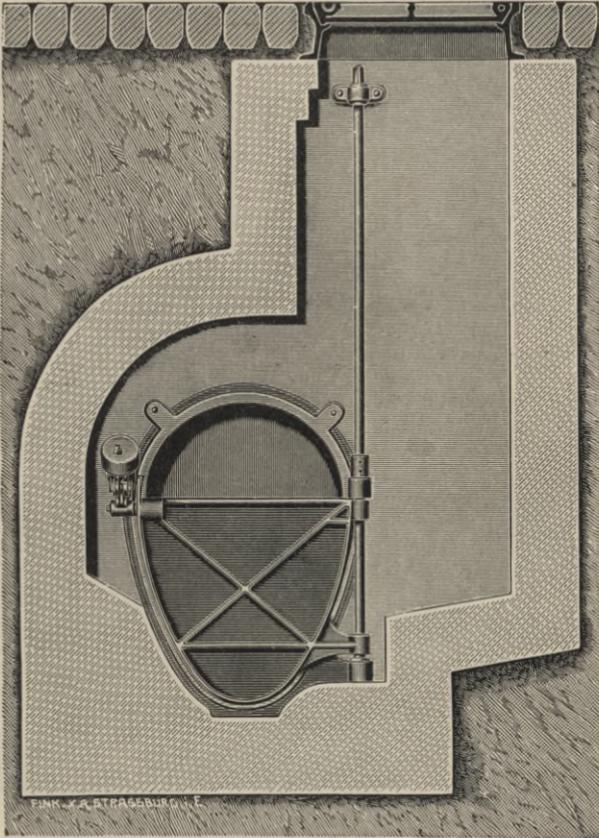


Fig. 186. Selbsttätige Spültür.

herabfällt. Sobald der Sammelbehälter genügend gefüllt ist, beginnt das Wasser über den Trichter des inneren Rohres überzulaufen. Infolge des sich beim Überlaufen bildenden Wasserkegels wird die Luft im inneren Oberteil der äußeren Glocke mitgerissen und ein Unterdruck erzeugt, der gegen den Kanal durch den unteren Wasserverschluß wirksam geschützt ist.

¹⁾ Kanalspüler von Rudolf Böcking & Cie. in Halbergerhütte.

Kurze Zeit nach Beginn des Überlaufens ist die Luft in der Glocke so verdünnt, daß der Druck der äußeren Atmosphäre den Heber in Tätigkeit setzt. Es entleert sich alsdann der ganze Inhalt des Spülbehälters, das Ablaufrohr strömt voll Wasser, und zwar so lange, bis Luft unter die Glocke tritt und die Saugwirkung des Hebers gestört wird. Der Spüler bleibt dann in Ruhe, bis der Behälter wieder so weit gefüllt ist, daß das Wasser in den Trichter läuft.

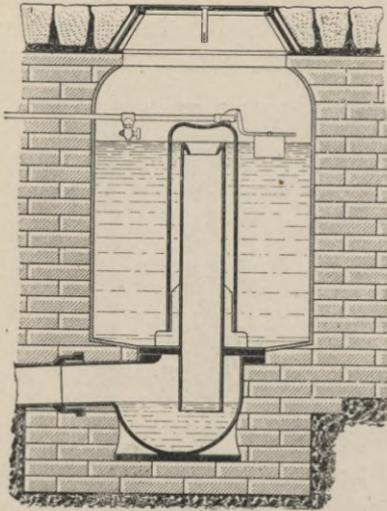


Fig. 187. Selbstspüler.

c) Spülbetrieb. Die Spülung beginnt an den oberen Enden der Kanalstrecke und wird unter teilweiser Wiederverwendung der benutzten Wassermengen nach unten hin fortgesetzt, so daß die Schmutzstoffe abwärts geschwemmt werden und schließlich zum Ausgang ge-



Fig. 188. Kanalbürste (Kreisform).

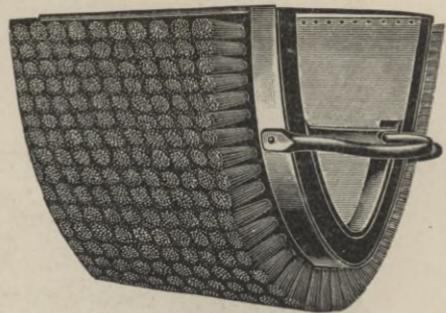


Fig. 189. Kanalbürste (Eiförmig).

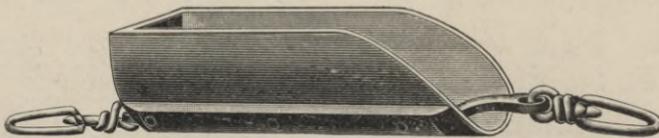


Fig. 190. Kanalschaufel.

langen, wenn nicht vorher eine Ausräumung der zusammengespülten Massen stattfindet. In Hamburg werden Kanäle mit sehr schwachen

Gefälle alle paar Tage, Kanäle mit starkem Gefälle nach mehreren Monaten wieder gespült. In Danzig und Frankfurt a. M. findet ein Auspülen der Kanäle etwa alle 3 Wochen statt. Die Menge des erforderlichen Spülwassers richtet sich nach dem Gefälle und der Bauart der Kanäle, sie hängt aber auch von der Brauchwassermenge und den Vorrichtungen zum Zurückhalten der Schmutz- und Sinkstoffe in das Kanalnetz ab.

5. Sonstige Vorkehrungen zum Reinigen der Kanäle. Zum Reinigen der nicht begehbaren Kanäle werden besonders folgende Geräte verwendet:

a) Die Kanalbürste, aus Piajawa oder Stahldraht hergestellt, dient zur Entfernung loser Sinkstoffe; sie wird der Form des Kanals entsprechend gestaltet, nach Fig. 188 für kreisförmige, nach Fig. 189 für eiförmige Profile, kugelförmig für Dächer.

b) Die Kanalschaufel (Fig. 190), der Kanaleimer (Fig. 191) und ähnliche Geräte werden bei stark versandeten Kanälen besonders zum Aufwühlen des Sandes benutzt; meist wird mit der Bürste nachgereinigt.

c) Der Kanalpflug (Fig. 192) soll starke Verwachsungen im Kanal losreißen, damit sie mit der Bürste oder durch Spülung usw. beseitigt werden können.

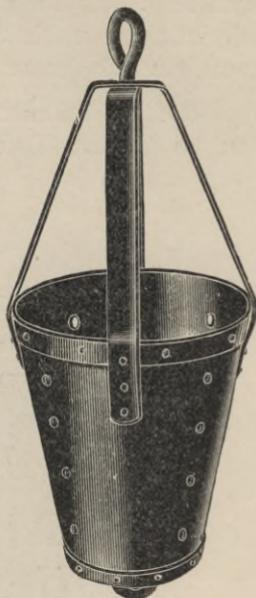


Fig. 191. Kanaleimer.

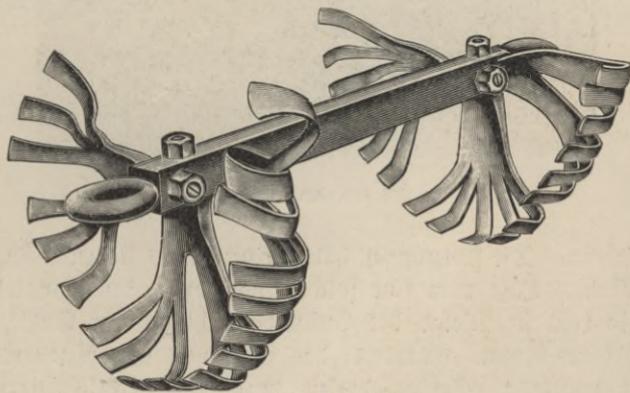


Fig. 192. Kanalflug.

Diese Geräte werden mittels Drahtseil und Winde durch den Kanal gezogen, wie in Fig. 193 gezeigt wird. Das Seil wird mit einem Schwimmer,

mit einer biegsamen Welle (Fig. 194) oder mit aneinandergeschnittenen „Seildurchführungsstäben“ durch den Kanal gebracht. Meist wird außer der gezeichneten noch eine zweite Winde über dem benachbarten Einsteigeschacht aufgestellt, damit die Bürste oder ein anderer „Kanalreiniger“ in dem Kanal hin und her bewegt werden kann.

Um die spülende Wirkung des Wassers zu verstärken, verwendet man bei Dückern Holzlagern, in geraden Kanälen „Spülwagen“ oder

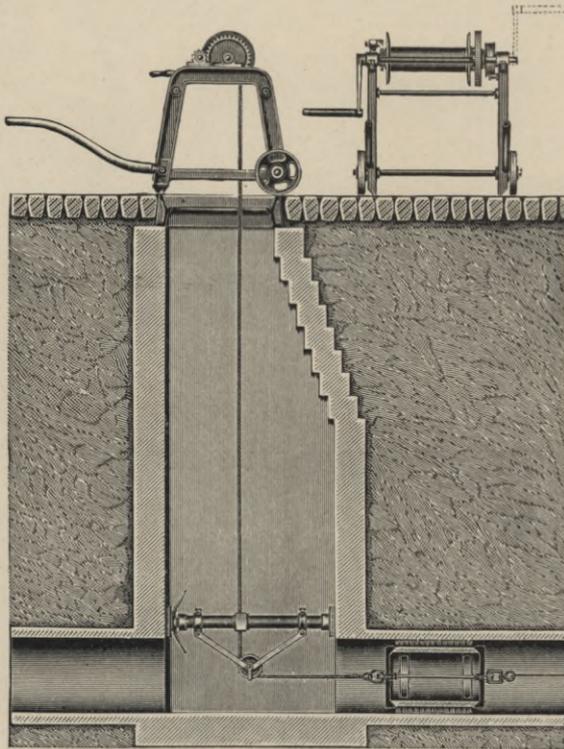


Fig. 193. Kanalwinde.

„Spülschieber“. Die Holzlagern haben einen etwas kleineren Durchmesser als das Rohr. Läßt man eine solche Lagern durch den Kanal hindurchtreiben, so rollt sie infolge des Auftriebs nicht auf der Sohle, sondern am Scheitel des Rohres vorwärts; das sich hinter ihr aufstauende Wasser fließt mit verstärkter Geschwindigkeit durch den sichelförmigen Raum zwischen Lagern und Innenwand, wühlt die auf dem Boden lagernden Sinkstoffe auf, und schiebt sie vor sich her bis zum Ausgang des Rohres.

Demselben Zweck soll auch der in Fig. 195 dargestellte Kanalspülwagen dienen. Das Stauschild des Wagens verschließt den unteren Teil des Kanals bis auf eine kleine Öffnung, durch welche das gestaute Wasser mit großer Geschwindigkeit hindurchströmt und die auf dem Boden sitzenden Stoffe mit sich fortreißt. Meist kann die Größe der Durchflußöffnung durch eine Schütztafel verändert werden. Ähnlich arbeitet der in Fig. 196 dargestellte Spülschieber, der auch, wie die Kanalbürste, hin- und hergezogen werden kann.

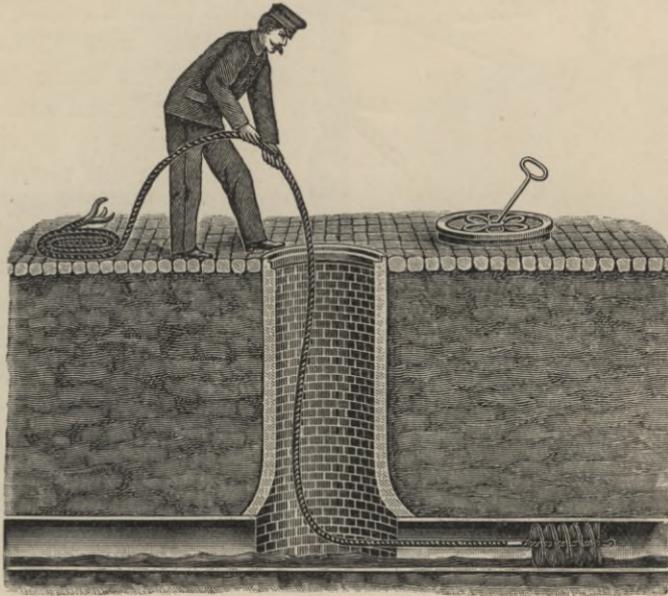


Fig. 194. Biegsame Welle.

Begehbare Kanäle werden durch Handarbeit gereinigt, mittels fahrbarer Kraken oder mittels Spülwagen u. dergl. Die Spülwagen haben Ähnlichkeit mit dem vorherbeschriebenen Wagen. Ein solcher Spülwagen ist im wesentlichen ein fahrbares Schütz, welches das Wasser anstaut und dadurch unter der Schütztafel eine starke Strömung und somit ein Fortspülen der Ablagerungen erzeugt.

§ 131. Kanaleinlässe.

1. Einläufe für Straßenwasser. Straßeneinläufe, auch Straßensinkkasten, Straßeneinlässe, Rinneneinlässe, Einfallschächte usw. genannt, nehmen das Wasser von den Straßen auf und führen es den Kanälen zu. Sie werden im allgemeinen in 30—50 m Abstand in den Straßen-

rinnen angeordnet. An jedem Straßeneinlauf unterscheidet man die Einflußöffnung, den Schlammfang, den Wasserverschluß und die Abflußleitung.

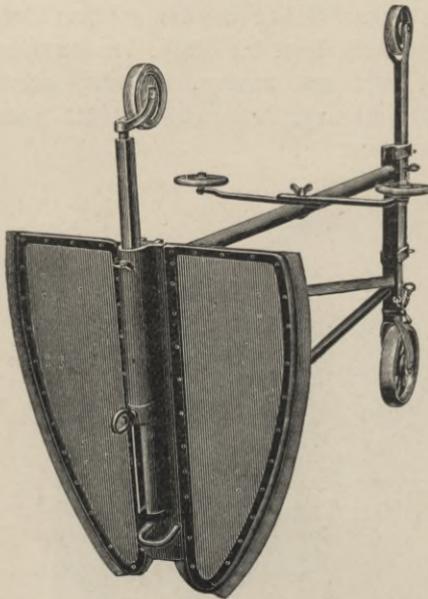


Fig. 195. Kanalspülwagen.

Die Einflußöffnung wird mit einem kräftigen, abhebbaren Rost abgedeckt (Fig. 197). Die Schlammfänge werden aus Steinzeug, Backstein oder Beton, in seltenen Fällen aus Eisen hergestellt. Sie bestehen meist aus einem zylindrischen, etwa 40 cm weiten Schachte und einem Schlammmeimer. Der Wasserverschluß besteht im wesentlichen aus einem Wasserbehälter, dessen Abfluß unter dem Wasserspiegel liegt. Durch diesen Verschluß soll ein Entweichen der Kanalgaße verhindert werden (Fig. 198). Die Ableitung der Wassers vom Schlammfänger aus erfolgt meist in 15—20 cm weiten Steinzeugröhren unter einem

Winkel von etwa 60° gegen die Kanalachse. Kanaleinlaßstücke aus Steinzeug sind in den Fig. 179 u. 199 dargestellt.

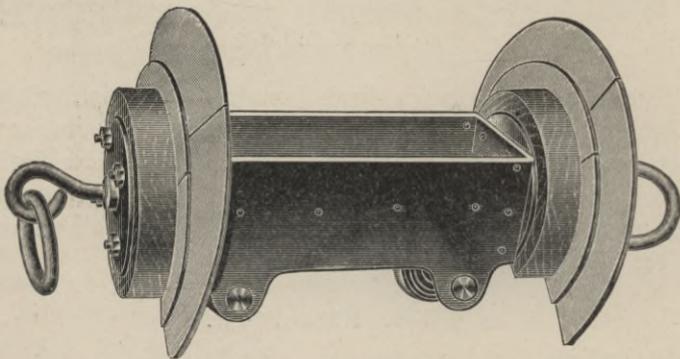


Fig. 196. Spülschieber.

2. Schneeschächte. Das aus dem Straßenschnee sich bildende Schmelzwasser fließt durch die Straßeneinläufe ab. Bei stärkeren Schnee-

fällen kann jedoch das Schmelzen nicht immer abgewartet werden, die Schneemassen sind dann nach den Wasserläufen oder den Lagerplätzen außerhalb der Stadt abzufahren. In der neueren Zeit benutzt man zur Aufnahme der zusammengeführten Schneemassen besondere Schneeschächte, in die man den Schnee einschaufelt. Diese Schneeschächte münden in die Straßenkanäle; das Kanalwasser, welches auch in den kältesten Wintertagen eine Temperatur von etwa $+10^{\circ}$ C. hat, schmilzt den Schnee und führt das Schmelzwasser mit sich fort. Mitunter benutzt man hierzu auch gewöhnliche Einsteigeschächte, welche über Kanälen mit starker Wasserführung und weitem Querschnitt stehen, z. B. in Hamburg. In Dresden wird ähnlich verfahren; doch ist eine Brause zum Zerstäuben der Schneemassen angebracht und

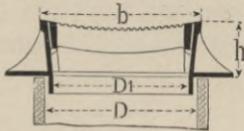


Fig. 197. Rost.

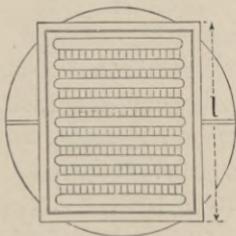


Fig. 198. Einfallkasten.

man wählt möglichst Schächte, in denen ein Gefällabsturz stattfindet. Auch in Köln werden die eingeschaukelten Schneemassen in den Schneeschächten durch Spritzwasser zerteilt.

§ 132. Kanalausläufe.

1. **Mündung der Hauptkanäle.** Die Mündung der Hauptkanäle in ein offenes Gewässer erfolgt stets unterhalb der bebauten Ortsteile

derart, daß die Mischung von Fluß- und Kanalwasser möglichst begünstigt wird.

Die Mündungsstelle ist tunlichst so zu wählen, daß vor der Mündung auch bei Niedrigwasser eine lebendige Strömung vorhanden ist.

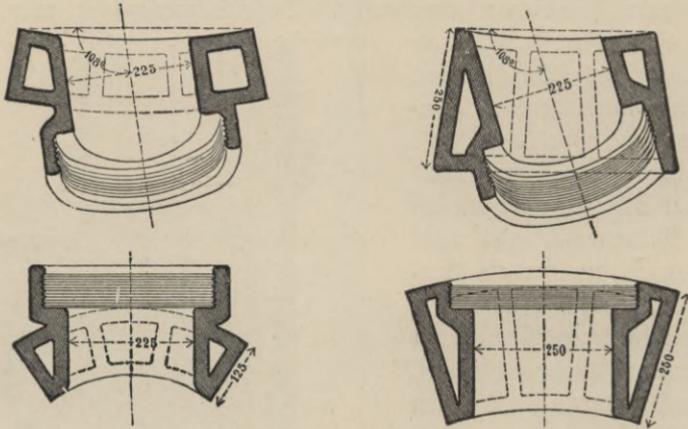


Fig. 199. Scheitel- und Seiteneinflüsse.

In geraden Strecken eines Flußlaufes kommen Stellen dieser Art unmittelbar am Ufer seltener und meist nur da vor, wo dieses mit Ufermauern und Bohlwerken eingefast ist; in den gekrümmten Strecken ist das einbuchtende Ufer geeigneter als das ausbuchtende. Fehlt dem Flusse in der Uferlinie des Mittelwassers eine ausreichende Wasserführung bei niedrigem Wasserstande, so muß zwischen der Kanalmündung und der

Niedrigwasserrinne eine Verbindung hergestellt werden, die das Schmutzwasser abführt. In Köln z. B. ist an der Auslaufsstelle des Kanalwassers in den Rhein unterhalb der Stadt bei Niehl ein Schmutzwasserrohr angebracht, welches bei Mittelwasser 145 m, bei Niedrigwasser noch 35 m weit in den Strom reicht. Der höher gelegene Kanal ist durch eine Klappe geschlossen, die so angeordnet ist, daß sie sich erst bei einem Überdruck von 0,4—0,5 m öffnet.¹⁾

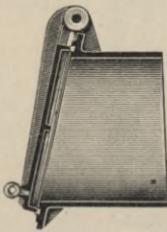


Fig. 200. Kanalflappe.

Ist bei Hochwasser ein weitgehender Rückstau im Kanal zu befürchten, so ist ein besonderer Hochwasserabfluß erforderlich. Der Abfluß wirkt entweder selbsttätig oder erfordert eine Bedienung durch die

¹⁾ Frühling, Prof., Handbuch der Ing.-Wissenschaften, III. Teil, 4. Band S. 334.

Hand. Zu den selbsttätigen Kanalabschlüssen zählen die Klappen (Fig. 200); Kanalschieber dagegen werden durch die Hand bedient (Fig. 201).

2. Notauslässe. Die Größe der Hauptkanäle hat nur der Abführung einer bestimmten Regenmenge zu genügen; wird diese Abflußmenge überschritten, so muß der Hauptkanal durch besondere Not- oder Regenauslässe entlastet werden. Diese Notauslässe bestehen aus Zweikanälen, welche bei starken Regengüssen einen Teil des Wassers aufnehmen und dem Vorfluter zuführen. Die Entlastungsanlagen (Notauslässe) sind meist selbsttätig; sie treten dann in Tätigkeit, wenn der Wasserstand im Hauptkanal eine gewisse Höhe erreicht hat, wenn das Brauchwasser so weit verdünnt ist, daß schädliche Ablagerungen im Vorfluter nicht mehr zu befürchten sind, wenn auf 1 l Brauchwasser etwa 4 l Regenwasser entfallen.

$$\frac{\text{Regenwasser}}{\text{Brauchwasser}} = n \text{ fache Verdünnung.}$$

Man erreicht dieses dadurch, daß man breite Überfallwehre anordnet (Fig. 202), oder flache Entlastungskanäle, deren Sohle höher liegt als die des Hauptkanals. Seltener bringt man zur Entlastung der Hauptkanäle Schieber an, durch die man den Abfluß im Haupt- und Entlastungskanal regelt. Die Mündung der Entlastungskanäle in den Vorfluter wird nach Erfordernis mit einer Hochwasser-Abschlußklappe versehen.

Die Überfälle der Regenauslässe werden berechnet wie die der Wehre. Zunächst sucht man den Wasserstand, bei dem die gewünschte Verdünnung eintritt; dies gibt die Höhe der Wehrkrone.

Bezeichnet Q_1 die vom Regenauslaß abzuführende Wassermenge in Sekundenkubikmetern, h die Höhe vom Wasserpiegel bis zur Wehrkrone im unentlasteten Kanal in Metern, h_1 diese Höhe im entlasteten Kanal

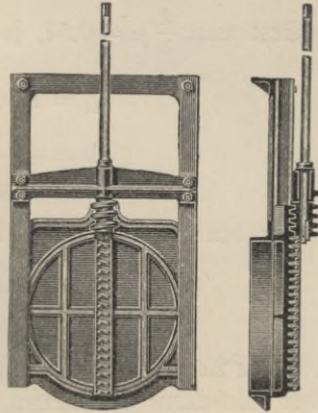


Fig. 201. Kanalschieber.

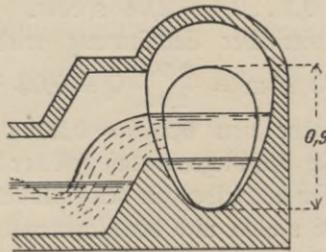


Fig. 202. Notauslaß.

in Metern und b die Breite des Überfalls in Metern, so hat man beim vollkommenen Überfall annähernd:

$$Q_1 = \frac{\frac{2}{3} \mu b h \sqrt{2gh} + \frac{2}{3} \mu b h_1 \sqrt{2gh_1}}{2}.$$

Setzt man $\frac{2}{3} \mu = 0,57$, so wird:

$$Q_1 = 1,263 b \left(h^{\frac{3}{2}} + h_1^{\frac{3}{2}} \right), \quad (83)$$

$$b = \frac{Q_1}{1,263 \left(h^{\frac{3}{2}} + h_1^{\frac{3}{2}} \right)}. \quad (84)$$

Für den unvollkommenen Überfall findet man auf ähnliche Weise:

$$b = \frac{2 Q_1}{2,525 \left(h_2^{\frac{3}{2}} + h_3^{\frac{3}{2}} \right) + 3,10 a \left(h_2^{\frac{1}{2}} + h_3^{\frac{1}{2}} \right)}, \quad (85)$$

wenn a den Abstand des Wasserspiegels im Notauslaß (Unterwasserspiegel) von der Wehrkrone in Metern, $h_2 = h - a$ und $h_3 = h_1 - a$ bedeutet und der Abflußkoeffizient für den eingetauchten Teil = 0,70 gesetzt wird.

Beispiel: Ein eiförmiger Kanal von 80/120 cm Sichtweite und 0,01 Gefälle führt 12 sl Brauchwasser. Derselbe soll einen Regenauslaß erhalten, der bei vierfacher Verdünnung des Brauchwassers in Tätigkeit tritt und den Wasserspiegel des volllaufenden Kanals auf 40 cm senkt.

Nach Tabelle 54 ist für den volllaufenden Kanal $q = 20,4$; nach Tabelle 53 ist $\sqrt{0,01} = 0,1$; folglich Abflußmenge bei gefülltem Kanal $Q = 0,1 \cdot 20,4 = 2,04$ s/cbm. Die Brauchwassermenge beträgt 12 sl; bei vierfacher Verdünnung wird die Wassermenge = $5 \cdot 12 = 60$ sl = $0,060$ cbm = $\frac{0,060}{2,04} Q = 0,03 Q$. Dem entspricht nach Tabelle 55 eine Füllhöhe von $0,2$ d = $0,20 \cdot 0,80 = 0,16$ m = Höhe der Wehrkrone. Durch den Regenauslaß soll der Wasserspiegel auf 0,40 m gesenkt werden; folglich verbleiben für den entlasteten Kanal (nach Tabelle 55) = $0,20 Q = 0,408$ s/cbm und der Regenauslaß hat abzuführen $Q_1 = 2,04 - 0,408 = 1,632$ s/cbm. Es ist $h = 1,20 - 0,16 = 1,04$ m und $h_1 = 0,40 - 0,16 = 0,24$ m.

$$b = \frac{1,632}{1,263 \left(1,04^{\frac{3}{2}} + 0,24^{\frac{3}{2}} \right)} = 1,1 \text{ m.}$$

Um sicher zu gehen, daß der Regenauslaß die vorgesehene Wassermenge abführt, wird man meist bei der Bemessung der Breite über das berechnete Mindestmaß hinausgehen.

VI. Hausentwässerung.

§ 133. Allgemeines.

Die Hausentwässerung umfaßt denjenigen Teil der Kanalisation, der das meiste Schmutzwasser zuerst aufnimmt. Ihre Aufgabe ist es, alles Schmutzwasser von Haus und Hof, auch das dort sich sammelnde Tagewasser aufzunehmen und den Straßenkanälen zuzuführen, die größten Schmutzteile aber von den Kanälen fernzuhalten, auch den Kanalgasen den Eintritt in bewohnte Räume zu verwehren, diese Gase vielmehr über Dach in die freie Luft abzuleiten. Wir können dementsprechend unterscheiden die Rohrleitung, die Einlässe mit ihren Verschlüssen, die Reinigungs- und Lüftungsanlagen. Die näheren Bestimmungen für die Anlage der Hausentwässerung und deren Anschluß an den Straßenkanal werden meist durch Ortsstatut festgesetzt. Unter Anlehnung an die „Technische Vorschriften für die Anlage und den Betrieb der Grundstücksentwässerungen“ in Siegen sind nachstehend einige Erklärungen und allgemein gültige Regeln gegeben.

§ 134. Rohrleitungen.

Sämtliche Rohrleitungen sind luft- und wasserdicht herzustellen. Das vorhandene Gefälle ist möglichst auszunutzen; bei sehr starkem Gefälle sind Abstürze durch senkrechte Fallrohre anzubringen. Man kann alsdann die Abflußleitungen einteilen in Ableitungen und Fallrohren.

Bei den Ableitungen kann man wieder unterscheiden: Haupt- (Sammel-) und Nebenleitungen. Die Ableitungen sollen so geführt werden, daß sie möglichst kurz und geradlinig sind und daß Haupt- und Nebenleitungen ein einheitliches Entwässerungsnetz bilden. Die Hauptleitungen werden vorzugsweise außerhalb der Gebäude gelegt; die Nebenleitungen führen das Wasser von den einzelnen Einlaufstellen in oder außer dem Gebäude den Hauptkanälen zu. Richtungsänderungen werden bei unterirdischen Leitungen fast stets durch Bogenrohren (Fig. 203), nur in Ausnahmefällen durch Knieröhren (Fig. 204) bewirkt. Die Einführung der Nebenkanäle erfolgt durch besondere Abzweigrohre (Fig. 205), und zwar fast stets unter einem spitzen Winkel von 45—70°. Das günstigste Gefälle ist 1:15 bis 1:50; geringeres Gefälle, etwa bis 1:100, ist anwendbar, wenn eine ausreichende Spülung durch Selbstspüler gesichert ist. Die Weite der Rohre richtet sich nach dem Gefälle und der abzuführenden Wassermenge; sie wird für die Hauptleitung selten unter 15 cm, in den Nebenleitungen unter 10 cm angenommen. Meist erhalten die Rohre Lichtweiten von 10, 12,5, 15 oder 20 cm.

Es sind dieses die gebräuchlichen Abmessungen der „deutschen Normal-Abflußröhren“ für Gußeisen und der Normal-Steinzeugrohre. Übergänge von einem kleinen Durchmesser in einen größeren sind durch Übergangsröhren (Fig. 206) herzustellen.

Die Fallrohre werden mit Ausnahme der Regenfallrohre im Inneren der Häuser angebracht. Fallrohre sind möglichst senkrecht zu



Fig. 203. Bogenrohr.



Fig. 204. Knierohr.

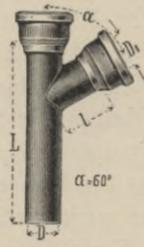


Fig. 205. Abzweigröhr.

führen und an die Ableitung mittels Fußbogen (Fig. 207) anzuschließen. Das Schleifen (Schrägziehen) der Fallröhren ist nach Möglichkeit zu vermeiden; Mauerabsätze u. dergl. werden durch Sprungröhren (Fig. 208) umgangen. Die Weite der Fallröhren soll in der Regel nicht unter 5 cm betragen, Röhren von 4 cm und noch geringerem Durchmesser werden nur für die Anschlußleitungen einzelner Eingußstellen usw. angewandt.



Fig. 206. Übergangsröhr.



Fig. 207. Fußbogen.



Fig. 208. Sprungröhr.

Als Baustoff für die Abflußleitungen dient hauptsächlich Gußeisen, Steinzeug und für kleinere Rohre Blei oder Zink. Die Ableitungen bestehen meist aus asphaltierten, gußeisernen Muffenröhren, die mit Blei gedichtet sind oder aus innen und außen glasierten Steinzeugröhren, deren Muffendichtung am besten durch Asphalt erfolgt. Fallröhren für Schmutzwasser werden fast stets aus Gußeisen oder Blei, solche für Niederschlagswasser aus Gußeisen, Zink oder Kupfer hergestellt.

§ 135. Einläufe.

Wir unterscheiden Einläufe in die Hausentwässerung und Einläufe in die Straßenkanäle. Jeder Einlauf in das Hausentwässerungsnetz soll — wie jeder Straßeneinlauf — so beschaffen sein, daß größere Verunreinigungen nicht in den Kanal gelangen und die Kanalgase nicht durch den Einlauf entweichen können; er wird mit einem Krost und Wassererschluß, manchmal auch mit einem besonderen Schmutz- oder Fettsfang versehen. Nur wenn ein Einlauf unter einem Regenabfallrohre liegt, das gleichzeitig zur Lüftung des Kanals dient, fällt der Wassererschluß weg.

Der Einlauf der Ableitung in den Straßenkanal wird in vielen Fällen nur gegen den Angriff durch die unverdünnten Schmutzwässer geschützt; bloß in Ausnahmefällen (wenn Rückstau zu befürchten ist) wird eine besondere Verschlußklappe angeordnet. — Die wichtigsten Einläufe sind folgende:

1. **Regenrohrsandfänge** (Fig. 209). Diese dienen zum Abfangen der von den Dächern in die Regenabfallröhren gelangenden Sink- und Schwebstoffe, wie Ruß, Sand, Ziegel- und Schiefertheile, Laub usw. Ihre Einrichtung entspricht im wesentlichen den Straßensinkkasten. Sollen die Regenabfallröhren zur Entlüftung des Kanalnetzes dienen, so werden solche Regenrohrsinkkasten verwendet, welche den Abzug der Kanalluft nicht behindern. Man nennt diese Sandfänge ventilierende, während jene mit Wassererschluß nicht ventilierende Regenrohrsandfänge genannt werden. Damit die durch das herabfallende Regenwasser mitgerissene Luft entweichen kann, sind im Deckel Schlitze angebracht.

2. **Fettsfänge** (Fig. 210). Leitungen, welche die Abwässer von größeren Küchen, Metzgereien, Schlachthöfen usw. entwässern, werden zweckmäßig mit besonderen Fettsfängen versehen. Die Fettstoffe, welche mit den warmen Abwässern in flüssigem Zustande in die Kanäle gelangten, würden in dem Kanal erkalten, sich festsetzen und in Verbindung mit

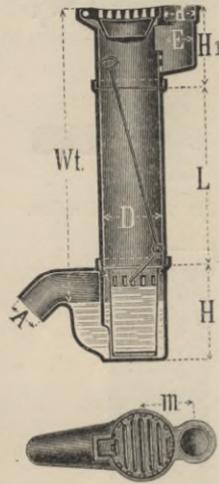


Fig. 209. Regenrohrsandfang.

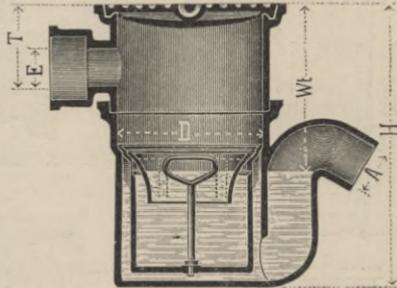


Fig. 210. Fettsfang.

anderen Schmutz- und Schwebestoffen den Abfluß behindern. Im Fettfang werden die Fettstoffe zurückgehalten und können dort leicht entfernt werden. Der Fettfang hat einen größeren Querschnitt als das Leitungsrohr und ist mit mehreren Zwischenwänden versehen. Das Wasser muß sich deshalb mehreremal langsam ab- und aufbewegen, das Fett gerinnt hierbei und setzt sich ab.

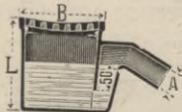


Fig. 211. Hoffintkasten.



Fig. 212. Hoffintkasten.

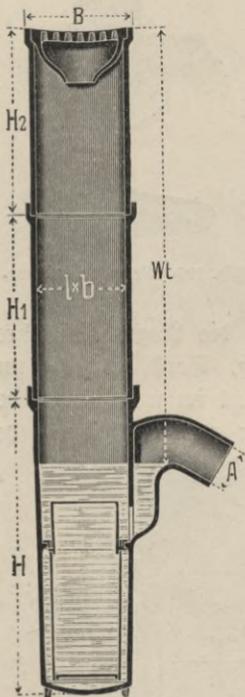


Fig. 213. Wandbrunnen.

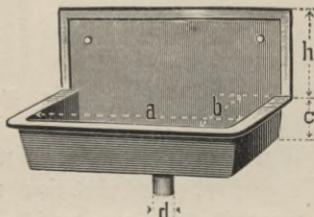


Fig. 214. Küchenausguß.

3. Hof- und Fußbodeneinläufe für Schmutzwasser sind mit einem Rost und mit Geruchverschluss zu versehen (Fig. 211 u. 212). Wenn solche Einläufe viel begangene oder unbefestigte Flächen entwässern oder für Spülzwecke benutzt werden, so ist ein Sandfang anzubringen.

4. Einläufe über dem Fußboden (Wand-einläufe), wie Wandbrunnen (Fig. 213), Küchenausgüsse (Fig. 214) usw. erhalten stets ein Sieb und einen Geruchverschluss (Siphon).

Solche Geruchverschlüsse sind in den Fig. 215 bis 217 dargestellt. Soll der Siphon in Fig. 216 gereinigt werden, so wird die Schlammshale abgeschraubt, wodurch sich die ganze Wassermenge des Siphons in die Schlammshale entleert und hier mit dem Schlamm beiseitigt werden kann.

5. Pissoirbecken

und Spülaborte, welche an die Kanalisation angeschlossen sind, erhalten stets einen Geruchverschluss, welcher ein Austreten der Kanalgaße ver-

hindert. In Fig. 218 ist eine Abortanlage mit selbsttätiger Spülung dargestellt, wie sie in Schulen, Gerichtsgebäuden usw. in Anwendung kommt.

6. Rückstauverschlüsse arbeiten selbsttätig oder werden mit der Hand bewegt. Mit der Hand bewegt werden

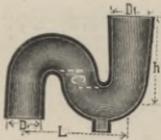


Fig. 215. Geruchverschluss.

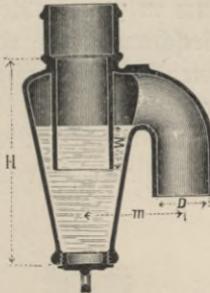


Fig. 216. Geruchverschluss.

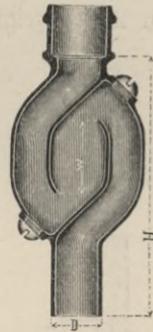


Fig. 217. Geruchverschluss.

Kanalschieber (Fig. 219). Bei Ableitungen, die selten benutzt werden, wie in Waschküchen u. dergl., hält man sie meist geschlossen und öffnet sie nur

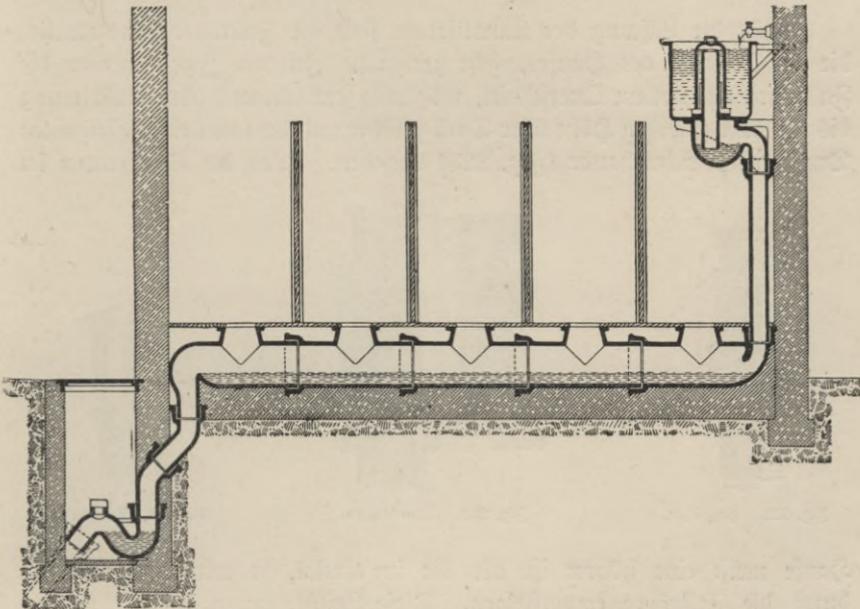


Fig. 218. Schulabort.

zum jedesmaligen Gebrauch. Die selbsttätig wirkenden Rückstauverschlüsse bestehen im wesentlichen aus Schwimmgelben oder Klappen (Fig. 220).

§ 136. Reinigung und Lüftung.

Die Einrichtungen zur Fernhaltung der Schmutzteile von dem Rohrinernen sind bereits beschrieben, auch die Reinigung eines Siphons in Fig. 213 gezeigt. Wie in dem Bogenstück des Siphons, so werden auch in geraden Rohrstücken manchmal besondere Verschraubungen oder Deckel angebracht, welche eine Besichtigung und Reinigung der Leitung ermöglichen. Fig. 221 zeigt eine solche „Putzröhre“ und Fig. 222 einen „Spundkasten“. Am einfachsten erfolgt die Reinigung durch Spülung.

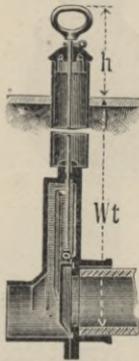


Fig. 219. Abperrschieber.

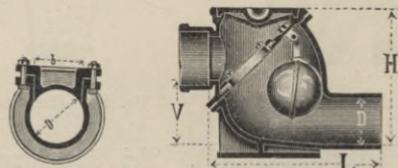


Fig. 220. Hochwassererschüsse.

Für die Lüftung der Kanalisation sind die Fallröhren, namentlich die im Inneren des Hauses, sehr geeignet. Zu dem Zweck werden die Fallröhre mit vollem Querschnitt, möglichst senkrecht und ohne Krümmung bis zu einer gewissen Höhe über Dach geführt und dort mit einer geeigneten Dunst- oder Schutzhaube (Fig. 223) versehen. Weil die Temperatur im

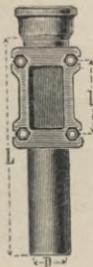


Fig. 221. Putzröhre.

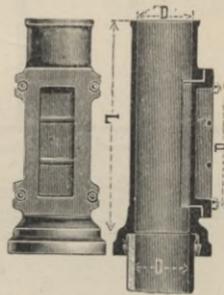


Fig. 222. Spundkasten.



Fig. 223. Dunsthaube.

Hause meist eine höhere ist als die im Kanal, so wird die Kanalluft durch die Fallröhre emporsteigen. Diese Luftbewegung ist um so lebhafter, je größer der Temperaturunterschied ist und je weniger Widerstände sich der Bewegung durch Krümmungen usw. entgegensetzen. Regenfallehröhren können nur dann zur Lüftung dienen, wenn sie nicht unter oder in unmittelbarer Nähe von Fenstern bewohnter Räume münden.

VII. Anlagen zum Heben des Kanalwassers.

§ 137. Pumpwerke.

Das Kanalwasser ist zu heben, wenn sein natürlicher Abfluß gar nicht oder nicht mit dem erforderlichen Gefälle möglich ist. Die Hebung erfolgt in das als Vorflut dienende Gewässer, in das Kanalnetz einer höher gelegenen Zone, nach Riefelfeldern, Reinigungsanlagen usw. Sie kann einheitlich für das ganze Entwässerungsgebiet erfolgen oder sich auf verschiedene Punkte des Netzes verteilen. Die Hubhöhe ist in den meisten Fällen nicht erheblich. Wird das Kanalwasser in einen offenen Wasserlauf gehoben, so wechselt die Hubhöhe mit der Höhe des Wasserstandes. Die Lage des Pumpwerks ist im allgemeinen durch die Lage der Wassersammelstelle bedingt, sie ist dort so zu wählen, daß die Anlage am einfachsten den beabsichtigten Zweck erfüllt, daß das Baugelände die passende Höhenlage und Bodenbeschaffenheit hat, daß es leicht zugänglich ist usw.

Jedes Pumpwerk ist zunächst mit einem „Sandfang“ zu versehen, in dem die in den Zuflüssen vorhandenen größeren Sink- und Schwimmstoffe wegen ihrer nachteiligen Einwirkung auf die Pumpen zurückbleiben. Diese Vorreinigung des Kanalwassers wird jedoch auf das zulässige Maß beschränkt, wenn die Hauptreinigungsanlage von dem Pumpwerk entfernt liegt, weil der Transport der Schwimm-, Schweb- und Sinkstoffe durch das Druckrohr billiger wird als die Abfuhr von der Pumpstation durch Wagen. Näheres über den „Sandfang“ wird unter „Abwasserreinigung“ angegeben.

Die Pumpen selbst müssen sich in ihrer Leistung leicht der wechselnden Tageswassermenge anpassen. Es kommen deshalb in neuerer Zeit fast nur schnelllaufende Maschinen mit 15—80 Umläufen in der Minute und gesteuerten Pumpventilen in Anwendung. Für die Bewältigung der Sturzregen sind Gaskraft- und elektrisch angetriebene Maschinen oder Dieselmotoren zweckmäßig zu verwenden, die sofort betriebsfähig sind.

Von den sonstigen zum Heben des Kanalwassers geeigneten Vorrichtungen kommen Schöpfrad (Wurf- und Pumprad) und Wasserschraube oder Wasserschnecke, welche früher recht gebräuchlich waren, nur noch vereinzelt vor, dagegen findet ein Heben durch Druckluft (System Schone) in bestimmten Fällen öfters statt. Je nach der Gestaltung des Geländes und den örtlichen Verhältnissen ist es manchmal zweckmäßiger, statt eine Sammelstelle mit einem Pumpwerk für das ganze Kanalnetz zu bauen, das Entwässerungsgebiet in mehrere Bezirke zu teilen, von denen jeder nach einem tiefliegenden Behälter entwässert. Dadurch kann sich die Leitung dem Gelände besser anpassen; auch erhalten die Kanäle in nahezu wagerechten Gebieten ein genügendes Gefälle, ohne daß die Ausführungs-

tiefe zu groß wird. Aus diesen einzelnen Sammelbehältern wird dann das Kanalwasser durch Druckluft in Druckleitungen der Reinigungsstelle oder dem Mündungspunkte zugeführt (Schone-System). Das Heben des Wassers geschieht beim Schone-System wie folgt: Das Kanalwasser fließt zunächst in einen geschlossenen Behälter und wird aus diesem durch Druckluft emporgehoben. Sobald der Behälter vom Wasser entleert ist, schließt sich das Wasserabflußrohr, die Luft im Behälter entweicht, der Behälter füllt sich von neuem mit Wasser; dann wird der Wasserzufluß abgesperret, die Druckluft tritt von neuem in den Behälter und so fort. Die Druckluft wird gewissermaßen als Pumpenkolben benutzt. Die Steuerung erfolgt meist durch Schwimmer, welche in dem Behälter angebracht sind.

§ 138. Druckrohrleitungen.

Druckrohre werden mit ungefähr 1 m Scheiteldeckung in den Boden verlegt und folgen im allgemeinen dem Geländegefälle. Ist es ohne besondere Schwierigkeiten durchzuführen, so wird man das Rohr so verlegen, daß es leer laufen kann, man wird die einmal erstiegene Höhe nicht wieder verlassen. Im anderen Falle muß man dort, wo das Steigen in Fallen übergeht, an der höchsten Stelle einen Lufthahn, und dort, wo aus dem Fallen ein Steigen wird, an der tiefsten Stelle ein Entleerungsrohr anbringen. Auch scharfe Krümmungen soll man tunlichst vermeiden, weil durch solche die Rohrleitung meist verteuert und der Widerstand des durchfließenden Wassers vergrößert wird. Die Widerstandshöhe für gerade oder schwach gekrümmte Rohre von 100 m Länge findet man nach der „Hütte“ (20. Aufl., I., S. 269) aus folgender Tabelle.

Tabelle 59.

Die Widerstandshöhen in Millimetern für ein 100 m langes Rohr.

Geschwindigkeit m/s	Rohrdurchmesser in Zentimetern								
	20	25	30	35	40	50	60	70	80
0,50	164	128	105	89	77	60	50	42	36
0,60	231	181	148	123	109	86	70	60	52
0,70	310	243	199	169	146	115	95	81	70
0,80	400	314	257	218	189	149	123	104	91
0,90	500	393	323	274	237	187	155	131	114
1,00	612	481	396	336	291	230	190	161	140
1,25	940	740	609	517	449	355	293	249	217
1,50	1335	1052	867	737	640	506	419	356	310
1,75	1798	1419	1170	993	864	686	570	485	420
2,00	2329	1839	1517	1290	1122	889	735	627	546

Beispiel: Wie viel Pferdestärken sind erforderlich, um durch eine 120 m lange und 0,5 m weite Rohrleitung jede Sekunde 0,30 cbm Wasser 2,0 m hoch zu heben?

Nach Tabelle 54 ist der Rohrquerschnitt $F = 0,196$ qm, demnach die Durchflußgeschwindigkeit $0,30 : 0,196 = 1,5$ m. Dieser Geschwindigkeit entspricht nach Tabelle 59 für ein 100 m langes Rohr eine Widerstandshöhe von 506 mm = 0,506 m; für ein Rohr von 120 m Länge demnach $1,2 \cdot 0,506 = 0,607$ m; mithin Gesamtdruckhöhe $2,0 + 0,607 = 2,607$ m und erforderliche Pferdestärken $= \frac{300 \cdot 2,607}{75} = 10,5$.

Als Baustoff wählte man früher ausschließlich Gußeisen, in neuerer Zeit oft Schmiedeeisen. Die Wandstärken entsprechen bei gußeisernen Muffenrohren den deutschen Rohrnormalien des Vereins Deutscher Ingenieure und des Vereins Deutscher Gas- und Wasserfachmänner. Schmiedeeiserne Rohre werden meist aus Siemens-Martin-Flußeisenblechen gebildet, deren Nähte mittels Wassergasgebläse zusammengeschweißt sind. Geschweißte Rohre haben eine größere Baulänge als gußeiserne; sie erfordern daher weniger Dichtungsstellen. Schmiedeeiserne Rohre sind auch zäher als gußeiserne; Rohrbrüche können daher bei gußeisernen Leitungen leichter eintreten als bei schmiedeeisernen. Die Verbindung der schmiedeeisernen wie der gußeisernen Rohre geschieht meist durch Muffen, in die ein Teerstrick eingebracht und Blei eingestemmt wird. Das Verlegen der Rohre erfolgt wie bei den Wasserleitungen¹⁾ unter Beachtung der für das Verlegen der Kanalrohre gegebenen Regeln.

VIII. Abwasserreinigung.

Die städtischen Abwässer dürfen nur in Ausnahmefällen in ungereinigtem Zustande den öffentlichen Wasserläufen zugeführt werden; ihre Schwimm-, Schweb- und Sinkstoffe, die in ihm gelösten Bestandteile, sowie die mitgeführten Bakterien können das Wasser der Vorfluter so verunreinigen, daß die Uferbewohner und Benutzer des Flußwassers in wirtschaftlicher und gesundheitlicher Beziehung Schaden leiden. Durch die dem Vorfluter zugeführten Schmutzstoffe werden namentlich die auf die Benutzung des Wassers angewiesenen landwirtschaftlichen und gewerblichen Betriebe geschädigt, dann auch die Fischzucht, sowie der Verkehr an den Ufern und in den Badeanstalten. In gesundheitlicher Beziehung sind es besonders die im Wasser gelösten Stoffe und die Bakterien, welche

¹⁾ Vergl. Heinemann, Leitfaden und Normal-Entwürfe für die Aufstellung und Ausführung von Wasserleitungsprojekten.

Schaden bringen, denn neben vielen für die Gesundheit unschädlichen führt das Abwasser auch manchmal sehr gefährliche Bakterienarten, welche als die Erreger vieler ansteckender Krankheiten (Typhus, Cholera usw.) nachgewiesen sind.

Deshalb werden im allgemeinen wirtschaftlichen und gesundheitlichen Interesse von den Behörden die Vorflutgewässer sorgfältig überwacht und es dürfen umfangreiche, zur Abführung von unreinen Abgängen bestimmte Kanalisationsanlagen erst dann ausgeführt werden, wenn die Entwürfe seitens der Staatsbehörden genehmigt sind.¹⁾

Die Reinigung der Abwässer vollzieht sich

- a) im Kanalnetz selbst durch Ablagerung und Verfaulung,
- b) in besonderen Reinigungsanlagen,
- c) im Vorfluter durch die „Selbstreinigung“.

Die Selbstreinigung im Vorfluter ist abhängig von der Menge und Beschaffenheit des Abwassers und von der Wasserführung und Beschaffenheit des Vorfluters. Sie beruht teils auf chemischen, teils auf biologischen Vorgängen. Namentlich die biologische Reinigung ist ein Naturvorgang von ganz bedeutender Wirkung. Pflanzliche wie tierische Organismen wirken hierbei zusammen, um schädliche organische Stoffe in unschädliche abzuführen. Unter den pflanzlichen sind es namentlich die Bakterien und gewisse Abwässerpilze, welche die Stoffe in ihre letzten Bestandteile auflösen oder sie zu ihrer Nahrung verwerten und dadurch dem Wasser entziehen. Ebenso wirkt reinigend das Heer der niederen Tiere: Wurzelfrüßler, Würmer der verschiedensten Art, Insektenlarven, Schnecken, bis hinauf zu den Fischen nehmen die ins Wasser eingeleiteten organischen Stoffe auf und verzehren sie.²⁾ — In den besonderen Reinigungsanlagen kann die Reinigung oder Klärung auf verschiedene Weise erfolgen.

§ 139. Die Reinigungsanlagen.

1. Übersicht der Reinigungsverfahren. Durch die Abwasserreinigung sollen dem Wasser möglichst alle Verunreinigungen entzogen werden. Bei der Klärung werden nur die sichtbaren Schmutzteile ausgeschieden; das geklärte Wasser ist weder blank noch vollständig geruchlos. Die gebräuchlichsten Reinigungsverfahren sind folgende:

¹⁾ Durch Ministerialerlaß vom 20. Februar 1901 ist bestimmt, unter welchen Bedingungen in Preußen die Zuführung des Kanalwassers in öffentliche Flüsse erfolgen darf.

²⁾ Zentralblatt für Wasserbau und Wasserwirtschaft 1907, S. 298.

- a) das chemische Verfahren, bei welchem dem Abwasser besondere Klärmittel zugesetzt werden, um eine rasche und gründliche Fällung der Verunreinigungen hervorzubringen;
- b) das mechanische Verfahren, welches in der Hauptsache nur eine Klärung des Kanalwassers durch Fällung der Schmutzstoffe bewirkt;
- c) das biologische Verfahren, bei dem das Abwasser unter Einwirkung von Kleinlebewesen noch weiter gereinigt wird;
- d) die Bodenfiltration und das Rieselfverfahren, bei welchem das Abwasser auf landwirtschaftlich betriebene, mit einer Draineinrichtung versehene Felder geleitet wird, in denen es versickert, während die Schmutzstoffe von dem Boden zurückgehalten, zerlegt und von der Pflanzenwelt aufgezehrt werden.

2. Das chemische Verfahren. In besonderen Fällungsbecken werden dem ganz langsam fließenden Kanalwasser besondere Stoffe beigegeben, welche die Fällung der mitgeführten Verunreinigungen befördern sollen. Meist werden beigegeben: Kalk, Eisen- und Tonsalze; diese wirken auch als Fällungsmittel vieler Bestandteile der Abwässer recht günstig, sie bilden aber ungemein viel Schlamm, mehr als ohnehin vorhanden ist. Besonders der Kalk, der noch vor wenig Jahren in erster Reihe stand, erzeugt bedeutende Schlammmassen, die landwirtschaftlich kaum zu verwerten sind. Außerdem scheiden sich bei der Anwendung von Kalk im Vorfluter große Kalkmengen aus, was oft unangenehm empfunden wird. Weil außerdem durch das Verfahren auch keine einwandfreie Reinigung des Kanalwassers erreicht wird, so kommt die chemische Reinigung bei Neuanlagen kaum noch in Betracht, und Städte, welche seither ausschließlich mit chemischen Zusätzen arbeiteten, haben das Verfahren bereits aufgegeben oder streben eine Veränderung an (Wiesbaden, Frankfurt a. M.).

3. Die mechanische Reinigung. Die mechanische Reinigung kommt vor als selbständiges Verfahren dort, wo das Abwasser nach Beseitigung der größeren Verunreinigung ohne Schaden in den Vorfluter geleitet werden kann, oder als Vorstufe für eine nachfolgende gründlichere Reinigung durch ein anderes (biologisches) Verfahren. Im ersten Falle muß das Wasser frisch in den Vorfluter kommen, die Kläranlage also möglichst rasch durchlaufen, im zweiten Falle kann das Wasser angefault sein. In beiden Fällen kann die mechanische Klärung erfolgen im Sandfang, ferner im ersten Fall in Schlammbecken oder Schlammbrunnen, im zweiten Falle in Faulräumen (Faulbecken oder Faulkammern).

a) Der Sandfang. Dieser hat den Zweck, die schweren Sinkstoffe und größeren Schwimm- und Schwebestoffe abzufangen. Die

Sinkstoffe werden dadurch abgefangen, daß man die Durchflußöffnung vergrößert, die Geschwindigkeit und Schleppkraft des Wassers mithin verkleinert. Die Schwimm- und Schwebestoffe werden durch Gitter oder Rechen zurückgehalten. Die Reinigung der Sohle und Gitter geschieht bei größeren Anlagen auf mechanischem Wege. Die Sinkstoffe werden ausgebaggert, der Rechen wird beweglich angeordnet, entweder an einer wagerechten Welle befestigt und als Rad gestaltet oder über zwei Trommeln geführt.

Fig. 224 zeigt einen „Frankfurter Klärrechen“ in der Seitenansicht.¹⁾ Die als Radrechen ausgebildete Einrichtung besteht aus fünf Tafeln, die

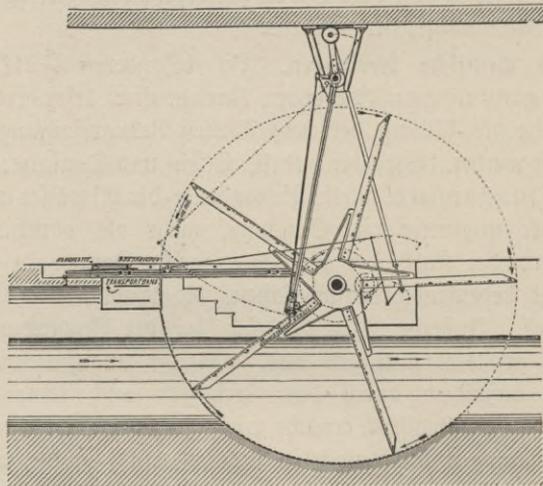


Fig. 224. Klärrechen.

dem Schmutzwasserstrom entgegen, gleichförmig bewegt werden. Die Tafeln sind gitterartig; sie fangen die Schwimm- und Schwebestoffe durch Feingitter von 10 mm Abstand und weniger und heben sie über Wasser. Eine Abstreifbürste streift die aufgefischten Stoffe nach vorn auf eine Auffangeplatte, von der sie leicht beseitigt werden können.

b) Schlammbecken und Schlammbrunnen. Nachdem alle größeren Schmutzstoffe aus dem Wasser beseitigt sind, werden die feinen Schlammteilchen niedergeschlagen; dieses geschieht in Schlammbecken oder Schlammbrunnen, in denen sich das Wasser mit sehr geringer Geschwindigkeit bewegt. In den Brunnen fließt das Wasser lotrecht von unten nach

¹⁾ Der Klärrechen ist durch D. N.-P. geschützt; das ausschließliche Vertretungsrecht für Deutschland und die Schweiz steht der Halbergerhütte zu.

oben, in den Becken wagerecht. Schlammbrunnen werden dort angelegt, wo es an Platz für langgestreckte Becken fehlt. Ihr Grundriß ist gewöhnlich kreisrund, ihre Sohle zum bequemeren Ablassen des Schlammes trichterförmig gestaltet. Schlammbecken erhalten eine langgestreckte, meist rechteckige Form. Günstige Beckentiefen sind 0,5—2,0 m. Weil an der Einlaufstelle sich der meiste Schlamm ablagert, so legt man wohl dort die Sohle am tiefsten und läßt sie bis zum Auslauf langsam ansteigen. Die Geschwindigkeit des Wassers soll im Becken nicht über 20—40 mm, im Brunnen 1—2 mm betragen. Die Wirkung der Schlammbecken wird um so besser, je gleichmäßiger der Durchfluß stattfindet, deshalb soll der Wasserzufluß und Wasserabfluß möglichst über den ganzen Querschnitt verteilt werden. Man erreicht eine günstige Verteilung dadurch, daß man an den Stirnwänden des Beckens Rinnen anbringt, über deren Rand das Wasser in einem dünnen Strahl hinweg fließt und vor diese Rinnen Tauchplatten anordnet, welche das zu- und abfließende Wasser nötigen, unterzutauchen.

Wird das Wasser aus den Schlammbrunnen oder Schlammbecken unmittelbar dem Vorfluter zugeführt, so darf der Schlamm nicht in Fäulnis geraten, er muß in frischem Zustande (im Sommer alle 2 bis 3 Tage) entfernt werden, weil frisches Abwasser schneller vom Vorfluter verdaut wird als angefaultes. Soll das mechanisch geklärte Wasser vor seiner Ableitung in den Vorfluter aber noch weiter gereinigt werden, so läßt man oftmals den Schlamm absichtlich faulen; es entstehen dann die sog. Faulbecken.

c) Faulbecken sind größere Schlammbecken, in denen der Schlamm längere Zeit liegen bleibt und fault. Beim Faulverfahren entstehen im Schlamm Gasblasen, die den Schlamm zur Beckenfläche heben. Wenn er auch nach Entweichen der Gase wieder zu Boden sinkt, so bildet sich doch nach und nach eine Schwimmdede, die bei Faulkammern dauernd bleibt und immer dicker wird. Im Wasser findet dann eine Abnahme der gelösten fäulnisfähigen Stoffe statt. Die schleimigen Bestandteile des Kanalwassers, nebst Fett, Seife, auch Giftstoffe werden verändert und unschädlich gemacht.¹⁾ Hierzu kommt, daß der Schlamm dichter wird, also weniger Raum einnimmt und seltener entfernt zu werden braucht, als beim einfachen Schlammbecken. Nachteilig ist, daß der Faulvorgang üble Gerüche erzeugt, deshalb werden die Faulräume manchmal überdeckt. Liegt ihr Dach hoch, so bleibt der Name Faulbecken, ist die Decke nahe dem Wasserspiegel angebracht, so entstehen Faulkammern.

¹⁾ Imhoff-Knauff im Zentralblatt für Wasserbau und Wasserwirtschaft 1906, S. 82.

4. Das biologische Verfahren. Beim biologischen Verfahren wird das vorgereinigte Wasser durch Brockenkörper (Filter) geführt, welche stark durchlüftet werden. Man unterscheidet zwischen dem „Füllverfahren“ und dem „Tropfverfahren“.

Beim Füllverfahren benutzt man Filter, welche in wasserdicht gemauerten Becken aus Schlacke, Koks usw. aufgeschichtet sind. Diese Becken oder Filter werden mit dem vorgereinigten Abwasser gefüllt, das Wasser verbleibt in diesen Becken 0,5—2 Stunden, dann wird es abgelassen und der Filter wird mindestens 2 Stunden lang der Einwirkung der durchstreichenden Luft ausgesetzt. Ist das abfließende Wasser noch nicht genügend gereinigt, so wird es einem zweiten oder dritten Filter zugeführt; man spricht dann von Stufenfilter. Beim Stufenfilter müssen die zweiten Filter feineres Korn erhalten. Die Höhe der Filter beträgt 1,5—2,0 m bei grobem Korn über 8 mm; sie nimmt ab mit der Korngröße und beträgt noch etwa 0,5 m bei 1 mm großem Korn.

Beim Tropfverfahren verwendet man Tropfkörper, die ähnlich wie die Filter aufgeschichtet werden, aber frei, und auf vielen kleinen Kanälen ruhend, so daß die Luft von allen Seiten durchstreichen kann. Die Höhe der Tropfkörper ist fast unbegrenzt, 3,0 m Höhe ist etwa die untere Grenze. Der aus größeren Stücken aufgebaute Tropfkörper wird zweckmäßig mit einer 0,1—0,5 m hohen Deckschicht versehen, die aus mehreren Übergangsschichten zusammengesetzt ist. Die oberste feine Deckschicht von 2—4 mm Korngröße ist zu walzen. Das Abwasser wird nun über die Deckschicht durch Überstauung, Rieselrinnen, drehbare Sprengrohre usw. verteilt, so daß es tropfenweise durch den Körper sickert und sich der Vorgang der Füllung und Durchlüftung gewissermaßen gleichzeitig vollzieht.

Für den Aufbau der Tropfkörper und Filter eignet sich jeder wetterfeste Stoff, vornehmlich Koks und Schlacke, die auch zackig und blasig, nicht rund sind. Nach Prof. Dr. Thumm sind für 1 cbm tägliches Abwasser 2,2 cbm Filterstoff (Koks oder Schlacke) bei zweistufigen und 1,7 cbm bei einstufigen Anlagen zu nehmen und bei Tropfkörpern 1,4 cbm, einschließlich der erforderlichen Reserveranlagen.

Die Erklärung der Reinigungsvorgänge in den Füllkörpern ist derzeit noch keine einheitliche.¹⁾ Nach Prof. Dr. Dunber kommen hierbei drei Kräfte in Betracht: 1. die rein mechanische des Filters (Abseihen), 2. die physikalisch-chemische der Absorption (Verschluckung), 3. die biologische,

¹⁾ Dr. R. Weidert im Zentralblatt für Wasserbau und Wasserwirtschaft 1907, S. 513.

das ist die Tätigkeit der Kleinlebewesen. Privatdozent Rnauff sagt, daß namentlich bestimmte Bakterien und andere Mikroben das gewollte Reinigungsverfahren herbeiführen, d. h. sie besorgen die Umwandlung der stickstoffhaltigen organischen Faulstoffe in unschädliche mineralische Verbindungen. Dazu ist die Gegenwart von Luftsaauerstoff erforderlich.

Die älteste biologische Anlage stammt bei uns aus dem Jahre 1898, die älteste städtische Anlage aus dem Jahre 1902; das biologische Reinigungsverfahren ist noch mitten in der Entwicklung begriffen.

5. Bodenfiltration und Kieselung. An Stelle der künstlichen Brockenkörper wird bei der Bodenfiltration und Kieselung der natürliche, gut durchlässige Erdboden zur Reinigung der Abwässer benützt. Die Bodenfiltration hat den Hauptzweck, das Abwasser zu reinigen; bei der Kieselung soll das Abwasser gereinigt, gleichzeitig aber auch als Dünger für Nutzpflanzen verwendet werden. Prof. Dr. Dünkelberg¹⁾ schreibt darüber: „Borurteilsfreie Hygieniker haben anerkannt, daß die Reinigung des Abwassers am natürlichsten durch Überrieselung von Kulturländereien, also durch die Ausbeutung seiner Düngerschätze erreicht und dauernd gesichert werden kann, wenn die Kieselanlagen selbst sachgemäß angeordnet und verständnisvoll gepflegt werden. Leider ist diese Maßregel nicht überall anwendbar, weil es an der dazu erforderlichen größeren Landfläche in geeigneter Lage zur Abwässerung mangelt. Diesem Mangel aber kann in sehr vielen Fällen auf dazu geeigneten Bodenarten durch Bodenfiltration auf sehr beengten Flächen erfolgreich und billig dadurch abgeholfen werden, daß man den Boden als den natürlichsten und billigsten Drydationskörper benützt und sich von allen künstlich ersonnenen Ersatzmitteln frei macht.“

a) Bodenfiltration. Der Boden hierzu muß in erster Linie durchlässig sein; am besten eignet sich Sandboden, ferner lehmiger Sand oder sandiger Lehm, aber auch Schiefer- und Schotterboden können verwendet werden, wenn man sie mit Drainzügen durchzieht, und diese um so näher aneinander legt, je mehr die natürliche Durchlässigkeit des Bodens nachläßt. Die Oberfläche des Erdfilters soll eine wagerechte Ebene bilden, damit das aufstießende Wasser sich gleichförmig darüber ergießt und zur Versickerung gelangt, so daß auf jeden Quadratmeter eines normalen Bodens 1 cbm Abwasser an einem Tage in den Untergrund versinken und gereinigt werden kann.

Es darf dieselbe Fläche nur 24 Stunden mit der obigen Wassermenge beschickt werden, dann muß sie ungefähr 72 Stunden trocken liegen, damit sie sich bis auf 1,5 m Tiefe wieder mit Luft und Wärme

¹⁾ Zentralblatt für Wasserbau und Wasserwirtschaft 1909, S. 323.

sättigen kann und die darin angesiedelten sauerstoffbedürftigen Bakterienkolonien sich mittels ihrer organischen Nahrung üppig entwickeln und die Reinigung des Abwassers genügend bewirken zu können.

b) Rieselung. Schon im Jahre 1559 ist in Bunzlau eine Rieselanlage in Betrieb gekommen. Freilich wird bei der Anlage der dortigen Rieselfelder mehr die Absicht bestanden haben, durch die Düngung mit Jauche die Fruchtbarkeit des Landes zu erhöhen als die Abwässer der Stadt zu reinigen und zu beseitigen. Im Siegerlande sind die Abwässer der Ortschaften zum Bewässern der Wiesen noch viel früher benutzt worden. In England wurden um die Mitte des abgelaufenen Jahrhunderts Versuche angestellt, das Abwasser durch Berieselung der Ländereien zu reinigen. Prof. Dr. Dünkelberg, welcher die englischen Einrichtungen an Ort und Stelle kennen lernte, hat festgestellt, „daß die dort geübte Rieselpraxis weit hinter den Methoden zurückstand, die in Deutschland seit langen Jahren in weit gründlicherer Weise Gemeingut der Landwirte und empirischer Techniker einzelner Gegenden, z. B. in Siegen auf Wässerungswiesen mit weit besserem Erfolg bereits durchgeführt und erprobt worden waren.“¹⁾ Die ausgedehntesten Rieselfelder der Welt finden wir in Berlin und Paris.

Zu Rieselfeldern eignet sich, wie zur Bodenfiltration, durchlässiger Boden, der aber auch stark geneigt sein darf. Alle Rieselfelder werden drainiert; man benutzt weitere Röhren als bei gewöhnlicher Drainage und legt die Stränge enger, um reichlich Wasser ab- und Luft zuzuführen. Bei stark geneigtem Gelände kann zur Grasgewinnung Hangbau wie auf vielen Kunstwiesen benutzt werden. Schwach geneigtes Gelände wird ebenfalls zum Grasbau oder auch für den Anbau von Gemüse und Futterrüben benutzt. Auf ebenen Flächen werden Beete errichtet; dort wird auch Stauberieselung angewandt, eine Vereinerung der Berieselung mit zeitweiser Überstauung. In der neuesten Zeit wird das durch einfache Rieselung gereinigte Wasser noch einmal zum Rieseln benutzt (Doppelberieselung). Die Leistung wechselt sehr mit der Bodenbeschaffenheit; auf 1 ha Riesel land kommen die Abwässer folgender Einwohnerzahl:

Berlin	Breslau	Paris	Englische Städte
200	400	400	450

Das Drainwasser, das aus den Rieselfeldern abfließt, ist so rein, daß in demselben Forellen und andere Edelstische üppig gedeihen. In Berlin hat man von 1 ha Teichfläche Fischwerte bis zu 800 M. erzielt.

Besprennen der Felder mit Abwasser.²⁾ In Deutschland ist dieses Verfahren zuerst in den Jahren 1898—1902 auf dem Gut Eduards-

¹⁾ Zentralblatt für Wasserbau und Wasserwirtschaft 1909, S. 305.

²⁾ Zentralblatt für Wasserbau und Wasserwirtschaft 1906, S. 102.

felde bei Posen mit Erfolg angewendet worden. Von dem Hauptdruckrohr zweigt ein Netz von frostsicher verlegten Zweigleitungen ab, an denen verschließbare Anschlußstutzen angebracht worden sind. An diese Stutzen werden vor dem Sprengen schmiedeeiserne Rohre befestigt, die das Abwasser den zum Besprengen dienenden Schläuchen zuführen.

§ 140. Schlußfolgerungen.

Ein für alle Fälle passendes, allgemein befriedigendes und allgemein anwendbares Verfahren der Abwasserreinigung gibt es nicht; stets muß das Verfahren den örtlichen Verhältnissen angepaßt werden. Die Abwasserbehandlung muß namentlich ästhetischen, gesundheitlichen und wirtschaftlichen Anforderungen genügen. Diese Anforderungen sind nicht feststehend; stets soll aber:

1. kein häßliches Aussehen und kein übler Geruch im Vorfluter entstehen;
2. das Wasser so weit gereinigt werden, daß Schädigungen der Gesundheit beim Gebrauch des Vorflutwassers nicht vorkommen;
3. das Reinigungsverfahren nicht zu teuer werden durch kostspielige, schwierig zu bedienende Anlagen und eine zu weitgehende Reinigung. Auch sollen die den Abwässern entzogenen Stoffe möglichst wirtschaftlich verwertet werden.

Die vollkommenste Reinigung der Abwässer und Verwertung der entzogenen Stoffe bietet die Verteilung auf ausreichende Landflächen von geeigneter Beschaffenheit (Bodenfiltration, Berieselung, Eduardsfelder-Verfahren).

Liebig sagt in seinen chemischen Briefen: „An der äußeren Kruste der Erde soll sich unter dem Einfluß der Sonne das organische Leben entwickeln, und so verließ der große Baumeister den Trümmern dieser Kruste das Vermögen, alle diejenigen Elemente, welche zur Ernährung der Tiere dienen, anzuziehen und festzuhalten, wie der Magnet Eisenteile an sich zieht. In dieses Gesetz schloß der Schöpfer ein zweites ein, wodurch die pflanzentragende Erde ein ungeheurer Reinigungsapparat für das Wasser wird, aus dem sie durch das nämliche Vermögen alle der Gesundheit der Menschen und Tiere schädlichen Stoffe, alle Produkte der Fäulnis und Verwesung untergegangener Pflanzen und Tiergenerationen entfernt.“

Dort, wo die Lage und Beschaffenheit des Bodens eine Rieselanlage nicht gestatten, hat man den Naturvorgang nachzuahmen gesucht, man baute „biologische Brockenkörper“, durch die man, wie bei der Bodenfiltration, die Abwässer zeitweilig hindurchführt (Füllverfahren) oder

stetig hindurchfließen läßt (Tropfverfahren). Man kann das Füllverfahren auch vergleichen mit dem Petersenschen Be- und Entwässerungssystem, das Tropfverfahren mit einer gut drainierten Rieselwiese. Beim biologischen Verfahren muß man die Filter erst künstlich schaffen, die auf den Rieselanlagen bereits vorhanden sind, auch können beim biologischen Verfahren die düngenden Stoffe des Abwassers nicht unmittelbar nutzbar gemacht werden.

Bei der mechanischen Klärung und chemischen Reinigung geschieht die Reinigung und Ausnutzung des Abwassers noch unvollkommener, wie früher bereits nachgewiesen worden ist. Aber trotzdem haben diese Verfahren auch ihre Berechtigung, namentlich dann, wenn der erzielte Reinigungsgrad genügt und die Anlage am billigsten wird. Unter Reinigungsanlagen von derselben Leistungsfähigkeit wird diejenige am billigsten, bei der der Ausdruck

$$k = k_1 + k_2 + k_3 - k_4 \quad (86)$$

am kleinsten wird. In diesem Ausdruck bedeutet

k_1 das Neubaupital;

k_2 ein Kapital, aus dessen Zinseszinsen man die Anlage am Ende ihrer Lebensdauer wieder neu errichten kann;

k_3 ein Kapital, dessen Zinsen für den Betrieb und die Unterhaltung ausreichen;

k_4 der kapitalisierte jährliche Nutzen.

Ein in Geldeswert auszudrückender Nutzen ergibt sich bei einer Schwemmkanalisation dadurch, daß

1. die Abwasserstoffe verwertet werden;
2. die Anlage von Abortgruben bei Neubauten unnötig wird;
3. die Kosten für die Leerung und Unterhaltung der vorhandenen Abortgruben in Fortfall kommen;
4. die Kosten, welche durch das Aufheben der Straßentrinne und durch die Beseitigung der Eisbildungen auf den von den Niederschlagswässern der Höfe und Dächer überströmten Bürgersteige entstehen, sich ganz bedeutend verringern.

Der Hauptnutzen einer Kanalisation kann aber nicht mit Geld berechnet werden, er liegt darin, daß der Gesundheitszustand in der kanalisierten Stadt sich hebt, die Sterblichkeitsziffer aber abnimmt.

Die Unterhaltung der Wege und Fahrstraßen.

Von

H. Gamann,

Lehrer an der Wiesen- und Wegebauschule in Siegen.

Mit 108 Textabbildungen. Kartoniert, Preis 5 M.

Das Buch umfaßt die Unterhaltung, Instandsetzung und den Ausbau der Landstraßen, der Feld- und Waldwege, sowie die Herstellung und Unterhaltung der Verkehrsbahn von städtischen Straßen, von Fuß-, Reit-, Radfahr- und Automobilwegen und wird daher allen, in deren Hand die Unterhaltung der Wege liegt, Wegebautechnikern wie Verwaltungsbeamten, Forst- und Landwirten, sehr willkommen sein.

Hydraulik

und ihre

Anwendung in der Kulturtechnik.

Von

H. Gamann,

Lehrer an der Wiesen- und Wegebauschule in Siegen.

Mit 153 Textabbildungen und 2 Tafeln. Gebunden, Preis 5 M. 50 Pf.

Das Buch ist zur Verwendung in kulturtechnischen Lehranstalten und Tiefbauschulen bestimmt und soll namentlich auch in der Praxis bei der Lösung wasserbautechnischer Aufgaben ein nützliches Werk zum Nachschlagen sein. Es enthält in seinem ersten Teile das Wichtigste aus der Mechanik des Wassers und behandelt im zweiten Teile, der angewandten Hydraulik, Hydrologie, Hydrometrie, offene Wasserläufe, Stauwerke, Brücken und Durchlässe, Kanalisation, Drainage, Wasserversorgung, Wasserkraftmaschinen und Wasserhebemaschinen.

Leitfaden und Normal-Entwürfe

für die

Aufstellung und Ausführung

von

Wasserleitungsprojekten

für Landgemeinden.

Aus der Praxis entnommen und für die Praxis bearbeitet

von

A. Heinemann,

Kgl. Wiesenbaumeister und Lehrer an der Wiesenbauschule zu Siegen i. Westf.

Zweite, neubearbeitete und vermehrte Auflage.

Mit 107 Textabbildungen und 19 Tafeln. Kartoniert, Preis 7 M.

Das Werk ist auf Veranlassung und mit Unterstützung des Ministers für Landwirtschaft verfaßt und herausgegeben, um kleinbäuerlichen, ländlichen Gemeinden die Vorteile einer Versorgung mit gutem Wasser darzulegen und ihnen eine Reihe von Musterentwürfen als Beispiele zu bieten.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Die Ausnutzung der Windkräfte

unter besonderer Berücksichtigung

der ländlichen Gemeinde-, Wasser- u. Elektrizitätsversorgung.

Leitfaden für Fachleute, Gewerbetreibende, Landwirte,
Landgemeinden usw., die sich mit der Nutzbarmachung
der Windkräfte befassen.

Von

Ludwig Hammel,

Zivilingenieur in Frankfurt a. M.

Mit 104 Textabbildungen. Kartoniert, Preis 4 M.

Der Verfasser behandelt die Ausnutzung der Windkräfte unter dem Gesichtspunkte der Technik und des Wirtschaftslebens. Er ging dabei von dem Gedanken aus, daß die Windkraft mit Rücksicht auf die wesentlichen Verbesserungen der Windmotoren in den letzten Jahren viel zu wenig ausgenutzt wird, weil zurzeit noch ein zu großes Vorurteil besteht, dessen Gründe einerseits in der großen Unkenntnis der Windkraftausnutzung, andererseits in den bei Windkraftanlagen eigentümlichen Betriebsschwankungen zu suchen sind.

Leitfaden der Maschinen- und Elektro- Technik für Landwirte.

Unter Mitwirkung von Fachlehrern am Kyffhäuser-Technikum und im Auftrage des Königl. Preuß. Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten

herausgegeben von

Huppert,

Ingenieur, Direktor des Kyffhäuser-Technikums in Frankenhausen.

Mit 102 Textabbildungen. Kartoniert, Preis 3 M.

Dieser ursprünglich für die Lehrkurse in Frankenhausen bestimmte Leitfaden bietet eine Zusammenstellung und kurze Ableitung der wichtigsten Grundlehren der Maschinentechnik, soweit sie für das Verständnis landwirtschaftlicher und verwandter Maschinen notwendig sind.

Elektrotechnik der Landwirte.

Leitfaden für landwirtschaftliche Lehranstalten und Landwirte mit besonderer Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Praxis. Im Auftrage des Königl. Preuß. Ministeriums für Landwirtschaft, Domänen und Forsten

verfaßt von

Rudolf Wotruba,

Ingenieur am Polytechnischen Institute Frankenhausen am Kyffhäuser.

Mit 43 Textabbildungen. Kartoniert, Preis 1 M. 80 Pf.

Das Buch enthält in kurzen Zügen das Wesentlichste aus dem Gebiete der Elektrotechnik und sei Landwirten, die sich darüber informieren wollen, zum Studium bestens empfohlen.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Grundlehren der Kulturtechnik.

Unter Mitwirkung von Dr. M. Fleischer, Geh. Ober-Reg.-Rat, Prof. in Berlin, P. Gerhardt, Geh. Oberbaurat in Berlin, Dr. E. Gieseler, Geh. Reg.-Rat, Prof. in Poppelsdorf, M. Grantz, Geh. Reg.-Rat, Prof. in Berlin, A. Hüser, Oberlandmesser in Kassel, H. Mahraun, Geh. Reg.-Rat in Kassel, W. v. Schleich, Oberfinanzrat in Stuttgart, Dr. W. Strecker, Prof. in Leipzig, Dr. L. Wittmack, Geh. Reg.-Rat, Prof. in Berlin,

herausgegeben von

Dr. Ch. August Vogler,

Geh. Reg.-Rat, Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin.

Erster Band: Naturwissenschaftlicher und technischer Teil. Vierte Auflage.

Mit 912 Textabbildungen und 9 Tafeln. In zwei Bände gebunden, Preis 36 M.

Zweiter Band: Kameralistischer Teil. Dritte Auflage.

Mit 21 Textabbildungen und 9 Tafeln. Gebunden, Preis 18 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, umgearbeitete und erweiterte 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 Stauweiherbauten. — Die Kanalisation der Ortschaften, Reinigung und landwirtschaftliche Verwertung der Abwässer.

Mit 211 Textabbildungen und 23 Tafeln. Gebunden, Preis 18 M.

Der Landwirt

als

Kulturingenieur.

Von

J. F. Zajiček,

Professor an der Landwirtschaftl. Lehranstalt Francisco-Josephinum in Mödling.

Zweite, verbesserte Auflage.

Mit 196 Textabbildungen. Gebunden, Preis 2 M. 50 Pf.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Engel-Schuberts
Handbuch des
Landwirtschaftlichen Bauwesens
mit Einschluß der Gebäude für landwirtschaftliche Gewerbe.

Neunte Auflage,
vollständig neubearbeitet von
Alfred Schubert,
Professor und Baumeister in Kassel.
Mit 1466 Textabbildungen. Gebunden, Preis 20 M.

Engels Bauausführung.

Zweite Auflage,
neubearbeitet von
Conrad Bauer,
Ingenieur und Kgl. Reallehrer für Baukunde an der Kgl. Baugewerkschule in Würzburg.
Mit 1017 Textabbildungen. Gebunden, Preis 12 M.

Eine gemeinverständliche Anleitung zur praktischen Ausführung und zur Beurteilung aller vorkommenden Bauarbeiten.

Elementar-Geometrie
in Anwendung auf die Gewerbe der Bodenkultur.

Anleitung zur Ausführung von Flächen-, Körper- u. Höhenmessungen.

Für den Gebrauch an Fachlehranstalten und zum Selbstunterricht
bearbeitet von

Dr. Adolf Kraemer,
Professor in Zürich.

Mit 478 Textabbildungen und 4 Plänen. Gebunden, Preis 14 M.

Der Hausschwamm
und die wichtigsten Trockenfäuleschwämme
vom botanischen, bautechnischen und juristischen Standpunkte.

Von

Dr. E. Schaffnit, Baumeister **J. Swensitzky,** Rechtsanwalt **Dr. Schlemm.**

Mit 21 Textabbildungen und 1 Tafel. Kartoniert, Preis 2 M.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Mentzel und von Lengerkes

landwirtschaftlicher

Hülf- und Schreibkalender.

65. Jahrgang.

Herausgegeben von **Dr. Hugo Thiel**,

Wirkl. Geheimer Rat und Ministerialdirektor im Kgl. Pr. Ministerium
für Landwirtschaft.

I. Teil (Taschenbuch) gebunden. II. Teil (Jahrbuch) geheftet.

Ausgabe mit einer halben Seite weiß Papier pro Tag.

In Leinen geb. 2,50 M., in Leder geb. 3 M.

Ausgabe mit einer ganzen Seite weiß Papier pro Tag.

In Leinen geb. 3 M., in Leder geb. 4 M.

Der Mentzelsche Kalender folgt mit seinem ganzen Inhalt den modernen Bedürfnissen der Landwirtschaft und ist der zuverlässigste tägliche Begleiter des Landwirts.

Der I. Teil, das mit besonderer Sorgfalt solide gebundene Taschenbuch, enthält außer den bekannten Wirtschaftsformularen 77 Tabellen für Berechnungen aller Art, über Aussaat und Ernteverhältnisse der Kulturpflanzen, Wiesenbau, Düngung, Fütterung, Angaben über Tierheilkunde, Tierzucht, Bau- und Maschinenwesen, landw. Gewerbe, Maße, Gewichte, Gerichtskosten usw.

Der II. Teil, das Jahrbuch, enthält eine Zusammenstellung der landw. Behörden, Berufsgenossenschaften, Landwirtschaftskammern, Zuchtgenossenschaften, landw. Vereine, landw. Unterrichtsanstalten und Versuchsstationen. Es kann gar nicht oft genug wiederholt werden, welcher Schatz von Informationen für jeden Landwirt in diesem zweiten, 600 Seiten starken, Teile des „Mentzel“ enthalten ist, welche Fülle von Angaben er bringt, die nirgends sonst zu finden sind.

Die unübertroffene Reichhaltigkeit, der hohe wissenschaftliche und praktische Wert des Inhaltes und der hierbei außerordentlich niedrige Preis lassen den „Mentzel“ hoch über den zahlreichen Nachahmungen stehen, die er in den letzten Jahren gefunden hat, zumal er auch die

neuen Kellnerschen Fütterungstabellen

enthält, die kein anderer Kalender bringen kann.

Illustriertes Landwirtschafts-Lexikon.

Vierte, neubearbeitete Auflage.

Unter Mitwirkung von B. Dürigen-Berlin, Dr. M. Fesca-Witzenhausen, Dr. H. v. Fürst-Aschaffenburg, Dr. P. Gisevius-Gießen, M. Hesdörffer-Berlin, Dr. O. Kellner-Möckern, Dr. W. Kirchner-Leipzig, H. Kutscher-Hohenwestedt, G. Lehzen-Hannover, Dr. C. J. Lintner-München, G. Meyer-Potsdam, Dr. S. v. Nathusius-Jena, Dr. O. Röder-Dresden, Dr. P. Schiemenz-Berlin, Dr. J. Schumacher-Köln, Dr. P. Sorauer-Berlin, Dr. W. Strecker-Leipzig, Dr. A. Stutzer-Königsberg, Dr. F. Waterstradt-Breslau herausgeg. von Dr. H. Werner-Berlin.

Mit 60 Porträts und 1250 Textabbildungen.

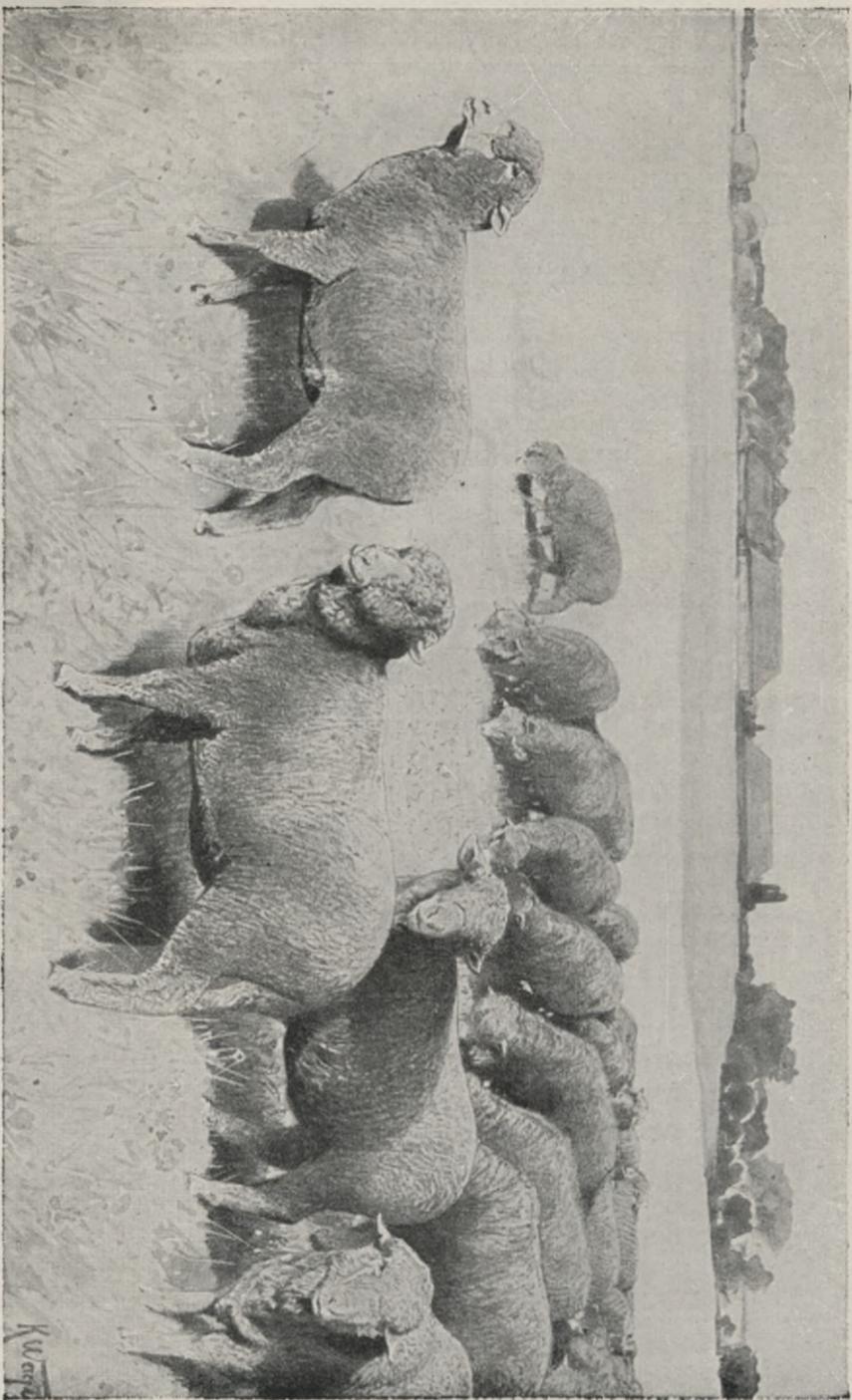
In Halbleder gebunden, Preis 23 M.

So mancher praktische Landwirt hat vielfach nicht die Zeit und auch keine so große Bibliothek, um durch Nachlesen in Spezialwerken Belehrung zu suchen; für ihn handelt es sich meist darum, sofort und ohne vieles Suchen eine Auskunft zu finden. Diesem Bedürfnis entspricht das „Illustrierte Landwirtschafts-Lexikon“.

Durch bereits drei Auflagen hat es seine Existenzberechtigung längst erwiesen; es ist heimisch geworden bei dem größeren wie dem kleinen Landwirt, es gehört längst zum eisernen Bestand jeder Wirtschaft.

Das Landwirtschafts-Lexikon enthält Tausende einzelner Artikel und gibt — aufgeschlagen an der betreffenden Stelle des Alphabets — eine augenblickliche, klare und bündige Antwort auf alle Fragen, wie sie sich täglich im Betriebe aufwerfen.

Der bei alledem niedrige Preis für ein Werk dieses Inhalts und Umfangs konnte nur gestellt werden im Vertrauen auf einen großen Absatz auch dieser neuen Auflage sowie in der Überzeugung, daß das Landwirtschafts-Lexikon immer mehr sich auf jedem Gut als unentbehrliches Hausbuch einbürgern wird.



Herde der Fürstlich Schaumburg-Lippeschen Merino-Stammzucht zu Vietgest.
Verkleinerte Abbildung einer farbigen Kunstbeilage aus der „Deutschen Landwirtschaftlichen Presse“.

Deutsche
Landwirtschaftliche Presse

Begründet 1874.

Wöchentlich zwei starke, reich illustrierte Nummern
(Mittwochs und Sonnabends).

Jede Nummer enthält eine eigene Handelsbeilage.

Jeden Monat eine künstlerisch ausgeführte farbige Beilage.

Durch jedes Postamt bezogen, Preis vierteljährlich 5 Mark.

Unter Kreuzband bezogen: In Deutschland, Österreich und Luxemburg
vierteljährlich 6 Mark. Im Weltpostverein jährlich 30 Mark.

Die „Deutsche Landw. Presse“ ist nach Inhalt und Ausstattung
die bedeutendste landwirtschaftliche Fachzeitung des deutschen
Sprachgebietes. Sie zeichnet sich aus durch:

Strengste Sachlichkeit und wissenschaftliche Gründlichkeit
in der Erörterung aller bedeutenden Vorgänge und Fragen der land-
wirtschaftlichen Technik und des landwirtschaftlichen Betriebes durch
Originalartikel erstklassiger Autoren.

Rege Berichterstattung über alle beachtenswerten landwirtschaftlichen
Verhältnisse im Auslande und in den deutschen Kolonien.

Freien „Meinungsaustausch“ für Vertreter verschiedener Rich-
tungen und Ansichten im Leserkreis.

Ausgedehnten kostenfreien „Fragekasten“ mit zuverlässiger
Auskunftserteilung.

Wöchentlich zweimalige „Handelsbeilage“ in übersichtlicher
Stoff-Gruppierung mit fachmännischen Originalartikeln über die
Marktlage, mit Statistiken etc.

Beste künstlerische Textabbildungen u. farbige Kunstbeilagen.
Feuilletons unterhaltenden und belehrenden Charakters.

Die im Verhältnis sehr geringe Ausgabe für das Abonnement dieses hervor-
ragenden landwirtschaftlichen Organs macht sich vielfältig bezahlt.

Man achte bei der Bestellung auf den genauen Titel:

„Deutsche Landwirtschaftliche Presse“.
Berlin.

Probenummern auf Verlangen umsonst und postfrei.

30



Aufgabestempel



Absender

(Name, Wohnort, Straße,
Hausnummer, Gebäudetell,
Stoßwerk)

Siegersdorfer Werke

vorm. Fried. Hoffmann

Aktiengesellschaft

Siegersdorf i. Schl.

Anbei Paket.....

Bitte in jedes Paket obenauf
ein Doppel der Aufschrift
zu legen!

20, 00



S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351316

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297672