

Sammlung Göschen

III  
H 34

# Die Baustoffkunde

Von

Prof. H. Haberstroh

III

Die Baustoffe des Tiefbaues

Mit 26 Figuren



854



# Hochbautechnische Bibliothek

aus der Sammlung Göschel

<b>Geologie</b> von Dr. Edgar Daqué.	
I. Allgemeine Geologie. Mit 75 Figuren . . . . .	Nr. 13
II. Stratigraphie. Mit 56 Figuren und 7 Tafeln . . . . .	Nr. 846
<b>Mineralogie</b> von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 132 Figuren.	Nr. 29
<b>Petrographie</b> von Prof. Dr. W. Bruhns. Neubearb. von Prof. Dr. P. Ramdohr. Mit 10 Abbild. . . . .	Nr. 173
<b>Praktisches Zahlenrechnen</b> von Prof. Dr.-Ing. P. Werkmeister. Mit 58 Figuren . . . . .	Nr. 405
<b>Technische Tabellen u. Formeln</b> v. Dr.-Ing. W. Müller. Mit 106 Figuren . . . . .	Nr. 579
<b>Materialprüfungswesen.</b> Einführung in die moderne Technik der Materialprüfung von Dipl.-Ingenieur Prof. K. Memmler.	
I. Materialeigenschaften. Festigkeitsversuche. Hilfsmittel für Festigkeitsversuche. Mit 58 Figuren . . . . .	Nr. 311
II. Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmaterialien des Maschinenbaues. Baumaterialprüfung. Papierprüfung. Schmiermittelprüfung. Einiges für Metallographie. Mit 31 Figuren . . . . .	Nr. 312
<b>Statik</b> von Prof. W. Hauber.	
I. Die Grundlehre der Statik starrer Körper. Mit 82 Figuren.	Nr. 178
II. Angewandte Statik. Mit 61 Figuren . . . . .	Nr. 179
<b>Graphische Statik</b> mit besonderer Berücksichtigung der Einflußlinien von Dipl.-Ing. Otto Henkel. 2 Bände. Mit 207 Figuren . . . . .	Nr. 603, 695
<b>Statische Berechnung des Bautechnikers</b> von Dipl.-Ing. Walter Selckmann.	
I. Die statische Untersuchung der Bauteile des einfachen Wohnhauses. Mit 174 Figuren . . . . .	Nr. 784
II. Die zusammengesetzte Festigkeit. Die statische Untersuchung des eisernen Dachbinders. Die Standicherheit. Mit 122 Figuren . . . . .	Nr. 785
<b>Festigkeitslehre</b> von Prof. W. Hauber. Mit 56 Figuren.	Nr. 288
<b>Aufgabensammlung zur Festigkeitslehre mit Lösungen</b> von Dipl.-Ing. R. Haren. Mit 42 Figuren . . . . .	Nr. 491
<b>Hydraulik</b> von Prof. W. Hauber. Mit 44 Figuren . . . . .	Nr. 397
<b>Kinematik</b> von Dipl.-Ing. Hans Polster. Mit 76 Figuren.	Nr. 584
<b>Dynamik</b> v. Dr. Wilh. Müller. 2 Bände. Mit 121 Figuren.	Nr. 902, 903
<b>Elastizitätslehre für Ingenieure</b> von Prof. Dr.-Ing. Max Enßlin. 2 Bände. Mit 104 Figuren . . . . .	Nr. 519, 957
<b>Nomographie des Bauingenieurs</b> von Prof. Dr.-Ing. Max Mayer. Mit 47 Figuren . . . . .	Nr. 959

<b>Geometrisches Zeichnen</b> von H. Becker, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln.	Nr. 58
<b>Schattenkonstruktionen</b> von Prof. J. Vonderlinn. Mit 114 Figuren . . . . .	Nr. 236
<b>Parallelperspektive</b> . Rechtwinklige und schiefwinklige Axonometrie von Prof. J. Vonderlinn. Mit 121 Figuren.	Nr. 260
<b>Zentral-Perspektive</b> von Hans Freyberger, neubearbeitet von Prof. J. Vonderlinn. Mit 132 Figuren . . . . .	Nr. 57
<b>Darstellende Geometrie</b> von Prof. Dr. Robert Hausner.	
I. Mit 110 Figuren . . . . .	Nr. 142
II. Mit 88 Figuren . . . . .	Nr. 143
<b>Die Baustoffkunde</b> von Prof. H. Haberstroh. 3 Bände.	
I. Die Hauptbaustoffe. Mit 35 Abbildungen . . . . .	Nr. 506
II. Die Baustoffe des Hochbaues. Mit 13 Abbildungen.	Nr. 853
III. Die Baustoffe des Tiefbaues. Mit 26 Abbildungen .	Nr. 854
<b>Vermessungskunde</b> von Prof. Dipl.-Ing. P. Werkmeister.	
I. Stückvermessung und Nivellieren. Mit 146 Figuren .	Nr. 468
II. Messung von Horizontalwinkeln, Festlegung von Punkten im Koordinatensystem. Absteckungen. Mit 84 Fig.	Nr. 469
III. Trigonometrie und barometrische Höhenmessung. Tachymetrie u. Topographie. Mit 61 Figuren . . . .	Nr. 862
<b>Das Veranschlagen im Hochbau</b> . Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlages von Architekt B. D. A. Emil Beutinger. Mit 16 Figuren . . . . .	Nr. 385
<b>Die Kostenberechnung im Ingenieurbau</b> von Professor E. Kuhlmann und Dr.-Ing. H. Nitzsche. Mit 5 Tafeln . .	Nr. 750
<b>Bauführung</b> von Arch. B. D. A. Emil Beutinger. Mit 20 Fig.	Nr. 399
<b>Maurer- und Steinhauerarbeiten</b> von Prof. Dipl.-Ing. W. Becker.	
I. Mauern u. Maueröffnungen; Fundamente. Mit 168 Fig.	Nr. 419
II. Bogen und Gewölbe; Steinerne Treppen. Mit 208 Figuren . . . . .	Nr. 420
III. Fußböden, Putz- und Stuckarbeiten, Wandbekleidungen und Stengsimse. Mit 128 Figuren . . . . .	Nr. 421
<b>Schlosserarbeiten</b> von Prof. E. Viehweger. 2 Bände. Mit zahlreichen Figuren . . . . .	Nr. 761, 762
<b>Eisenkonstruktionen im Hochbau</b> von Ing. Georg Janetzky. Mit 175 Abb. . . . .	Nr. 322
<b>Zimmerarbeiten</b> von Prof. Carl Oplitz.	
I. Allgemeines, Balkenlagen, Zwischendecken u. Deckenbildungen, hölzerne Fußböden, Fachwerkswände, Hänge- und Sprengwerke. Mit 169 Figuren . . . . .	Nr. 489
II. Dächer, Wandbekleidungen, Stimmchalungen, Block-, Bohlen- und Bretterwände, Zäune, Türen, Tore, Tribünen und Baugerüste. Mit 167 Figuren . . . . .	Nr. 490
<b>Tischler- (Schreiner-) Arbeiten</b> von Prof. E. Viehweger.	
I. Materialien, Handwerkszeuge, Maschinen, Einzelverbindungen, Fußböden, Fenster, Fensterladen, Treppen, Abort. Mit 628 Figuren auf 75 Tafeln . . . . .	Nr. 502
II. Türen und Tore, Anordnung und Konstruktion, Haustüren, Tore, Balkontüren, Flurtüren. Mit 296 Figuren auf 105 Tafeln . . . . .	Nr. 503
III. Innere Türen, Pendeltüren, Schiebetüren, Drehtüren, Wandverkleidungen, Decken. Mit 323 Figuren.	Nr. 755

<b>Der Eisenbetonbau</b> von Regierungsbaumeister K. Rößle. Neubearbeitet von Dipl.-Ing. O. Henkel. Mit 77 Figuren.	Nr. 349
<b>Heizung und Lüftung</b> von Ingenieur Johannes Körtling. I. Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 24 Figuren . . . . .	Nr. 342
II. Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 172 Figuren . . . . .	Nr. 343
<b>Entwässerung und Reinigung der Gebäude</b> von Dipl.-Ing. Wilhelm Schwaab. Mit 92 Figuren . . . . .	Nr. 822
<b>Gas- und Wasserversorgung der Gebäude</b> von Dipl.- Ing. W. Schwaab. Mit 119 Figuren . . . . .	Nr. 412
<b>Wohnhäuser</b> von Reg.-Baumeister Kurt Gabriel. I. Anlage und Konstr. des Wohnhauses. Mit 91 Fig.	Nr. 839
II. Die Räume des Wohnhauses. Mit 44 Figuren . . .	Nr. 840
<b>Gasthäuser und Hotels</b> von Architekt Max Wohler. I. Die Bestandteile und die Einrichtung des Gast- hauses. Mit 70 Figuren . . . . .	Nr. 525
II. Die verschiedenen Arten v. Gasthäusern. Mit 82 Fig.	Nr. 526
<b>Geschäfts- u. Warenhäuser</b> von Baurat H. Schlepmann. I. Vom Laden zum „Grand Magasin“. Mit 23 Figuren.	Nr. 655
II. Die weitere Entwicklung d. Kaufhäuser. Mit 39 Figuren.	Nr. 656
<b>Industrielle und gewerbliche Bauten</b> (Speicher, Lager- häuser und Fabriken) von Architekt Heinrich Salzmänn. I. Allgemeines über Anlage und Konstruktion der In- dustriellen und gewerblichen Bauten . . . . .	Nr. 511
II. Speicher und Lagerhäuser. Mit 121 Figuren . . . . .	Nr. 512
III. Fabriken. Mit 154 Figuren . . . . .	Nr. 513
<b>Ländliche Bauten</b> von Baurat Ernst Kühn. I. Kultus- und Gemeinde-Bauten. Mit 64 Figuren . .	Nr. 758
II. Das landwirtsch. Gehöft der Gegenwart. Mit 61 Fig.	Nr. 759
III. Landhäuser, Ferienhäuser, Arbeiterwohnungen, Gasthäuser und Wohnhäuser mit gewerblichen An- lagen. Mit 77 Figuren . . . . .	Nr. 760
<b>Militärische Bauten</b> von Regierungsbaumeister R. Lang. I. Mit 59 Figuren . . . . .	Nr. 626
<b>Die Baukunst des Schulhauses</b> von Prof. Dr.-Ing. Ernst Vetterlein. I. Das Schulhaus. Mit 38 Figuren . . . . .	Nr. 443
II. Die Schulräume — Die Nebenanlagen. Mit 31 Figuren.	Nr. 444
<b>Märkte und Markthallen für Lebensmittel</b> von Städt. Baurat Richard Schachner. I. Zweck und Bedeutung von Märkten und Markthallen, ihre Anlage und Ausgestaltung . . . . .	Nr. 719
II. Markthallenbauten. Mit zahlreichen Figuren . . . .	Nr. 720
<b>Öffentliche Bade- und Schwimmanstalten</b> von Geh. Oberbaurat Dr. Carl Wolff. Mit 51 Figuren . . . . .	Nr. 380
<b>Sportanlagen</b> von Prof. Dr. E. Schmitt. I. Mit 78 Figuren.	Nr. 684

---

Weitere Bände sind in Vorbereitung

# Die Baustoffkunde

Von

Professor H. Haberstroh

Studienrat a. D. an der Landesbaugewerkschule zu Holzminden

Zweite, erweiterte und verbesserte Auflage

Dritter Teil

Die Baustoffe des Tiefbaues

Mit 26 Figuren



Berlin und Leipzig

Vereinigung wissenschaftlicher Verleger

Walter de Gruyter & Co.

vormals G. J. Götschen'sche Verlagshandlung — J. Guttentag, Verlagsbuchhandlung — Georg Reimer — Karl J. Trübner — Veit & Comp.



Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,  
von der Verlagshandlung vorbehalten.



CZ-I. 160

Druck von  
C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig.  
834622.

# Inhalt.

	Seite
I. Baustoffe des Erdbaues.	
1. Bodenuntersuchung . . . . .	7
2. Erd- und Bodenarten . . . . .	8
a) Die Erdarten als Baugrund . . . . .	8
b) Erdarten nach ihrer Gewinnung . . . . .	8
c) Erdarten nach ihrer Verwendung zu Dammschüttungen . . . . .	9
3. Bodengewinnung . . . . .	10
4. Bodenbeförderung . . . . .	10
5. Dammschüttungen . . . . .	11
6. Befestigung der Böschungen . . . . .	11
II. Baustoffe des Grundbaues.	
1. Tragfähigkeit des Baugrundes . . . . .	12
2. Künstliche Verbesserung des Baugrundes . . . . .	13
3. Baustoffe der Gründungen . . . . .	13
a) Baustoffe für Gründungen im allgemeinen und für Herstellung und Umschließung der Baugruben . . . . .	13
b) Baustoffe der Flachgründungen . . . . .	15
c) Baustoffe der Tiefgründungen . . . . .	17
III. Baustoffe der Futter-, Stütz-, Kai- und Staumauern . . . . .	21
IV. Baustoffe des Straßenbaues.	
1. Baustoffe der Landstraßen . . . . .	29
2. Baustoffe der städtischen Straßen . . . . .	33
V. Baustoffe der Wasserversorgung und Entwässerung der Ortschaften.	
1. Baustoffe der Wasserversorgung . . . . .	41
2. Baustoffe der Entwässerung . . . . .	49
VI. Baustoffe des Eisenbahnbaues.	
1. Baustoffe des Oberbaues . . . . .	58
a) Baustoffe der Schienen . . . . .	58
b) Baustoffe der Schwellen . . . . .	60
c) Baustoffe der Gleisbettung . . . . .	64
2. Baustoffe der Telegraphen- und Fernsprechleitungen . . . . .	64
3. Angriff von Beton durch Kohlen . . . . .	66
4. Hölzerne Dachkonstruktionen für Bahnsteighallen, Lokomotivschuppen u. dgl. . . . .	66

VII. Baustoffe des Brückenbaues.	Seite
1. Baustoffe hölzerner Brücken . . . . .	69
a) Tragwerke und Pfeilerjoche . . . . .	70
b) Fahrbahnträger und Fahrbahnen . . . . .	74
c) Holzarten und Schutz gegen Fäulnis . . . . .	76
2. Baustoffe steinerner Brücken . . . . .	78
a) Allgemeines über die Baustoffe steinerner Brücken . . . . .	78
b) Gewölbte Brücken . . . . .	82
c) Platten- und Balkenbrücken . . . . .	85
d) Durchlässe . . . . .	85
e) Widerlager und Zwischenpfeiler . . . . .	87
f) Fahrbahn, Entwässerung und Abdeckung . . . . .	88
3. Baustoffe eiserner Brücken . . . . .	90
a) Das zu eisernen Brücken verwendete Eisen . . . . .	90
b) Zulässige Beanspruchung des Eisens im Brückenbau . . . . .	93
c) Fahrbahn und Querkonstruktionen . . . . .	95
A. Eisenbahnbrücken . . . . .	95
B. Straßenbrücken . . . . .	97
C. Fußwege . . . . .	98
d) Allgemeines über Hauptträger . . . . .	98
e) Lager der Träger und Gelenke . . . . .	100
f) Nietverbindungen und Eisenbearbeitung . . . . .	102
g) Sorgfalt bei der Ausführung . . . . .	107
VIII. Baustoffe des Wasserbaues.	
1. Baustoffe der Flußregelung . . . . .	109
2. Baustoffe des Kanalbaues . . . . .	113
a) Baustoffe der Kanalabdichtung . . . . .	113
b) Baustoffe der Kanalschleusen . . . . .	114
c) Schräge Ebenen . . . . .	117
d) Baustoffe der Kanaluferbefestigung . . . . .	118
e) Baustoffe für Kanalbrücken, Sicherheitstore u. dgl. . . . .	119
3. Baustoffe der Flußkanalisierung . . . . .	120
4. Baustoffe der Stauwerke . . . . .	120
a) Baustoffe fester Wehre . . . . .	120
b) Baustoffe beweglicher Wehre . . . . .	122
5. Baustoffe der Flußdeiche und Flußdeichschleusen . . . . .	125
a) Baustoffe des Flußdeichbaues . . . . .	128
b) Baustoffe der Deichschleusen. . . . .	131
6. Baustoffe des Seebaues. Einwirkung des Seewassers auf die Baustoffe . . . . .	134
Anhang. Vorschriften für Eisenbauwerke . . . . .	143



# Literatur.

- R. Scheck, Verdingungsunterlagen für Vergebung von Lieferungen und Leistungen für Ingenieurbauten. 1911.
- Mitteilungen des Materialprüfungsamtes Berlin-Lichterfelde.  
Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.  
Zeitschrift für Bauwesen. Berlin, Wilhelm Ernst & Sohn.  
Zentralblatt der Bauverwaltung. Berlin, Wilhelm Ernst & Sohn.  
Deutsche Bauzeitung. Berlin.
- Kruppsche Monatshefte. Essen 1920ff.
- Eisenbau. Internationale Monatschrift. Leipzig 1910ff., Wilhelm Engelmann.
- Hartwig Klut, Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. 3. Aufl. mit 33 Figuren. Berlin 1916, Julius Springer.
- Dr. Hans Kühl und Dr. Walter Knothe, Die Chemie der hydraulischen Bindemittel. 185 S. Leipzig 1915, S. Hirzel.
- A. Guttman, Die Verwendung der Hochofenschlacke im Baugewerbe. Düsseldorf 1919, Stahl Eisen.
- Ernst Troschel, Handbuch der Holzkonservierung. 540 S. mit 220 Abb. Berlin 1916, Julius Springer.
- Th. Gesteschi, Hölzerne Dachkonstruktionen. Ihre Ausbildung und Berechnung. 242 S. mit 343 Abb. Berlin 1919, Wilhelm Ernst & Sohn. (2. Aufl. 1921.)
- Freitragende Holzbauten. Vorträge, zusammengestellt von C. Kersten. 222 S. mit 335 Abb. Berlin 1921, Julius Springer.
- Dr.-Ing. August Nenning, Moderne Holzbauweisen. 64 S. mit Abb. u. Tafeln. Statische Berechnungen. München 1921., Max Steinebach.
- H. Vespermann, Über die Verwendung des Holzes zu Pflasterzwecken in den Großstädten Europas und Australiens. Leipzig 1912, Wilhelm Engelmann.
- Dr.-Ing. e.-h. M. Förster, Die Grundzüge des Eisenbetonbaues. 2. Aufl. 416 S. mit 170 Abb. Berlin 1921, Julius Springer.
- Karl Esselborn, Lehrbuch des Tiefbaues. 4. Aufl. 2 Bände. Leipzig 1910, Wilhelm Engelmann.
- Prof. Krüger-Bremen, Das Kleinpflaster. 2. Aufl. Von Bauinspektor Vespermann, Frankfurt a. M. Berlin 1915, Union Deutsche Verlagsanstalt.
- P. Ziegler, Der Talsperrenbau. 392 S. mit 314 Abb. Berlin 1919, Wilhelm Ernst & Sohn.
- Barkhausen, Die Eisenbahntechnik der Gegenwart. 5. Bd.: Lagervorräte, Bau- und Betriebsstoffe der Eisenbahnen. Wiesbaden, C. W. Kreidel.
- Th. Landsberg, Die allgemeinen Grundlagen des Brückenbaues. Berlin, Sammlung Göschen.
- Hubert Engels, Handbuch des Wasserbaues. 2 Bde. Mit 1623 Abb. Berlin, Wilhelm Engelmann.
- Vorläufige Grundsätze für die Herstellung und Unterhaltung von Stampfasphaltstraßen. 37 S. Berlin 1913, Wilhelm Ernst & Sohn.
- Franz Börner, Vorschriften und Formeln für die Ausführung und Berechnung von Massivkonstruktionen. 2. Aufl. 177 S. Berlin 1921, Wilhelm Ernst & Sohn.
- Prof. Gustav Lang, Das Holz als Baustoff. Wiesbaden 1915, C. W. Kreidels Verlag.

# I. Baustoffe des Erdbaues.

## 1. Bodenuntersuchung.

Bodenuntersuchungen sind für alle Bauwerke erforderlich, um die Tragfähigkeit des Baugrundes zu ermitteln und je nach der ermittelten Bodenbeschaffenheit, nach dem Grundwasser, der Lage der Bodenschichten u. dgl. die Art der Gründung und ihre notwendige Tiefe bestimmen zu können. Oft wird es sich noch darum handeln, ob gewonnene Massen sich als Baustoffe verwenden lassen, ob und in welcher Weise sich Dämme daraus schütten lassen, wie bei Einschnitten und Dämmen die Böschungen anzulegen und zu befestigen sind usw.

Bei geringen Tiefen verwendet man zur Bodenuntersuchung das Visitiereisen (2—4 cm Durchmesser). Genauere Kenntnis erhält man durch Abgrabungen und Anlegung von Schächten, auch mit Auszimmerung. Bei großen Flächen, unregelmäßigen Schichtenfolgen und großen Tiefen werden Bohrungen ausgeführt, bei durchweichtem Boden oder unter Wasser in Futterröhren.

Je nach der Erdart verwendet man: Erdbohrer, Löffelbohrer, Sandbohrer, Ventilbohrer, Steinbohrer oder Diamantbohrer (Diamantringbohrer, Kernbohrer). Die Bohrer werden gestoßen oder gedreht. In ersterem Falle können sie auch an Seilen hängen; meist geschieht die Bewegung durch die Bohrgestänge (Eisenstangen von 3—5 qcm Querschnitt, 3—5 m Länge, durch Schrauben oder Gewinde aneinander befestigt).

Die Ergebnisse werden in Schürf- oder Bohrtabellen zusammengestellt oder in die Längen- und Querprofile der Geländeaufnahme eingetragen.

## 2. Erd- und Bodenarten.

### a) Die Erdarten als Baugrund.

Schlechter Baugrund: Mutterboden, Moor, Torf, lockerer Flugsand, alle in jüngerer Zeit aufgeschütteten Bodenmassen.

Mittlerer Baugrund: nasser Ton und Lehm sowie mit diesen gemischter Sand.

Guter Baugrund: anstehender Felsen, Kies, Sand, trockener Ton und Lehm.

Felsen muß in annähernd wagerechter, ausgedehnter, 3—4 m mächtiger, natürlicher Schicht vorhanden sein (kein Findling oder aus dem Verbande gerissene Scholle). Er darf nicht auf geneigter, schlüpfriger Schicht aufliegen (Ton), muß fest, unverwittert und ohne größere Spalten und Klüfte sein.

Kies und Sand, nicht zu feines Korn, mindestens 3 m mächtig, bilden guten Baugrund. Zu sichern gegen Unterspülung, Auflockern durch starkes Wasserschöpfen oder Pumpen. Große Vorsicht ist bei feinem Tribsand geboten. — Einsenken von Pfählen durch Wasserspülung.

Ton und Lehm bilden nur trocken, etwa 3 m mächtig, einen guten Baugrund. Weich und nachgiebig durch Wasseraufnahme. Bei geringem Feuchtigkeitsgehalt durch Einstampfen von Steinen oder Einrammen von Pfählen zu verbessern; bei größerem Wassergehalt zu entwässern; auf geneigten Schichten, durchwässert, leicht abrutschend.

### b) Erdarten nach ihrer Gewinnung.

Einteilung in 7 Klassen nach der Leichtigkeit oder Schwierigkeit der Gewinnung und den verwandten Geräten:

I. Lockere Erdarten, mit Spaten und Schaufel gewinnbar.

II. Stichboden, mit dem Spaten stechbar. Festere Arten werden von mehrere Meter hohen Wänden mit eisenbeschlagenen Holzkeilen „abgekeilt“.

III. Zäher Ton, Mergel, grober Kies u. dgl. werden zunächst mit der Breithacke gelöst, dann mit der Schaufel verladen oder weiterschaufelt.

IV. Trümmergesteine, verwitterte Felsarten, schieferartige Gesteine, weiche Sandsteine in dünnen Lagen werden gelöst mit Spitzhacke, Kreuzhacke oder Brecheisen, auch mit Pulver gesprengt.

V. Durch „Schroten“ mit der Spitzhacke, dem Brecheisen oder durch Unterkeilung werden nicht zu dicke Schichten von Absatzgesteinen gelöst.

VI. Felsen in dicken Bänken werden mit Pulver oder anderen Sprengmitteln gesprengt.

VII. Ebenfalls gesprengt werden die sehr festen Massengesteine wie Granit, Porphyr, Basalt u. dgl.

### c) Erdarten nach ihrer Verwendung zu Dammschüttungen.

Zu Dammschüttungen geeignete Bodenarten müssen im Wasser unlöslich, unverwitterbar, leicht gewinnbar und verbaubar und nach der Aufschüttung wenig aufgelockert, fest und dicht gelagert sein.

Aufgeschütteter Felsboden zeigt viele Hohlräume; weichere und verwitterbare Sorten setzen sich anhaltend. Bildung der Böschungen durch Steinpackungen; Schutz durch unverwitterbare Decke.

Reiner, scharf- und grobkörniger Sand und Kies bilden den besten Boden für Dammschüttungen. Dämme aus feinem, mildem Sande müssen an den Außenflächen durch eine Abdeckung (Mutterboden mit Besamung usw.) gegen Verwehung und Fortschwemmung geschützt werden. Schlecht eignen sich Lehm und Ton. Nie dürfen sie aufgeweicht oder gefroren verwandt werden.

Alle Bodenarten werden durch die Gewinnung aufgelockert, manche Felsarten bis 30%. — Zusammensacken durch das Gewicht, durch Einstampfen, Zusammenschlämmen bei Regen. — Dauernde Raumvergrößerung bei Sandboden 1—1,5%, bei Felsboden bis 8—12%.

Der „natürliche Böschungswinkel“ bestimmt die Böschungsneigung — meist 1:1,5. — Einschnittsböschungen können durch die festere Bodenlagerung etwas steiler angenommen werden, wenn sie nicht von wasserführenden Schichten durchzogen sind; Neigung von Tonböden 1:2, Gestein im Auftrag 1:1 bis 1:¾, im Abtrag bis 1:⅛.

### 3. Bodengewinnung.

Sie geschieht durch Hand- oder Maschinenbetrieb. Die Kosten richten sich bei ersterem nach dem Lohnsatz und der für Lösen und Fortschaufeln oder Laden für 1 cbm erforderlichen Arbeitszeit (bei losem Sande 0,5—0,9 Arbeitsstunden, bei Felsen bis zu 6—10 Arbeitsstunden). Dazu kommen die Kosten für Arbeits- und Bohrgeräte sowie für Sprengmittel.

Maschinen zum Lösen und Laden sind pflugähnlich: „Schraper“ (Amerika), oder baggerähnlich: Löffelbagger (Menck & Hambrock), Eimerkettenbagger (Hochgräber, Tiefgräber). Leistungsfähigkeit (Lübecker Maschinenfabrik) für 10 Stunden bei leichtem Boden 900 bis 2400 cbm, bei schwerem 450—1500 cbm. — Greifbagger bei weichem, schwammigem oder zum Teil unter Wasser liegendem Boden.

### 4. Bodenbeförderung.

Die Beförderung geschieht bei kleinen Massen auf geringe Entfernung und Höhe durch Werfen, sehr selten durch Tragen, zuweilen auf Kähnen, Beförderungsbändern, Schüttrinnen, durch Drahtseilbahnen, Bremsberge, meist durch

Schiebkarren oder Kippkarren auf Bohlenbahnen für nicht große Entfernungen und Massen, endlich für große Massen und Entfernungen in Rollwagen (Kippwagen) auf Schienengleisen mittels Lokomotiven.

### 5. Dammschüttungen.

Die Beschüttungsfläche ist von Mutterboden und Rasen zu befreien, welche für spätere Böschungsbekleidungen zur Seite zu setzen sind. Wurzelwerk ist auszuroden. Geneigte, namentlich wasserdurchlässige Schichten sind zur Verhütung von Abrutschungen abzutrepfen. Feuchte Flächen, namentlich geneigte, undurchlässige Tonschichten sind durch Sickerschlitze oder Dränröhren zu entwässern. Weicher Moorboden geringer Mächtigkeit wird, wenn nötig, zwischen geschütteten Kiesdämmen, entfernt. Bei größeren Tiefen wird der Damm geschüttet, nachdem die Decke seitlich aufgeschlitzt ist. Die Schüttung der Bodenmassen erfolgt als Lagen-, Kopf- oder Seitenschüttung oder von Gerüsten her als Gerüstschüttung.

Am besten ist die Lagenschüttung in wagerechten Schichten (Verdichten der unteren Schichten beim Aufbringen neuer Lagen durch das Befahren). Für wasserdichte Dämme werden die einzelnen Lagen gestampft oder mit Erdwalzen gedichtet. Stärke der Lagen 0,5–1,0 m.

Die Hinter- und Überfüllung von Bauwerken soll stets in dünnen, gestampften Lagen erfolgen, bei nachgiebigem Untergrunde erst, nachdem der Damm auf beiden Seiten bis zur vollen Höhe aufgeschüttet ist. — Alle Dämme sind um das Sackmaß höher zu schütten.

### 6. Befestigung der Böschungen.

Unter gewöhnlichen Verhältnissen werden die eingeebneten Böschungsflächen 10–25 cm hoch mit Mutter-

boden bedeckt, welcher festgestampft wird. Tonboden ist vorher abzustufen. Die Flächen werden dann besamt (Gras-, Klee- und Hafersamen). — Die Böschungen werden auch mit zirka 7 cm starken Rasenziegeln oder Rasenstreifen belegt (höchstens drei Wochen alt). Der Rasen wird auf den Mutterboden aufgedrückt oder gestampft und bei steileren Böschungen mit Holznägeln befestigt. — Am Fuß höher Dämme verwendet man Kopfrasen.

Abpflasterungen sind bei länger dauernden Überschwemmungen und in Gebirgsgegenden anzuwenden. Neigung 1:1. Die Steine werden auf Quarzsand oder feinerem Kies versetzt ohne Mörtel. — Böschungsfüße am Wasser werden durch Steinpackungen gesichert.

Gegen Erdrutschungen schützt man Einschnitte durch möglichste Abhaltung oder schnelle, unschädliche Abführung des Regenwassers (Auffanggräben, gemauerte Abfallrinnen, Sickersinnen usw.).

## II. Baustoffe des Grundbaues.

### 1. Die Tragfähigkeit des Baugrundes.

Tragfähigkeit des Baugrundes ist die Last, welche die Flächeneinheit desselben noch gerade tragen kann, ehe sie einsinkt. Der achte bis zehnte Teil der Tragfähigkeit heißt „zulässige Belastung“ des Baugrundes (bei gutem Baugrunde nach den Bestimmungen vom 24. Dezember 1919 3—4 kg/qcm). Sie kann bei gesundem Felsen 6—18 kg/qcm betragen; kann aber natürlich nie höher ausgenutzt werden als bis zur zulässigen Höchstbeanspruchung des Baustoffes der Fundamentsohle. — Ermittlung der Tragfähigkeit geschieht durch allmähliche Belastung eines Probepfeilers, auch durch Einrammen eines Probepfahles.

## 2. Künstliche Verbesserung des Baugrundes.

Für kleinere Bauwerke kann der minderwertige Baugrund bei sehr tiefer Lage des guten durch Zusammenpressen u. dgl. verdichtet und dadurch verbessert werden: Belastung eines Bohlenbelages mit Schienen, Steinen u. dgl. (nicht sehr wirksam); Abrammen oder Abwalzen mit schweren Walzen; Einstampfen von hochkantig gestellten Steinen, Steinbrocken oder Steinschlag in mehreren 30 cm hohen Schichten übereinander; Einrammen von Pfählen oder Fallenlassen schwerer, kegelförmiger Eisenkörper aus größerer Höhe und Ausfüllen der entstandenen Hohlräume mit Sand oder Beton; Zusammenschwemmen und Verdichten lockerer Kies- und Sandschichten durch Begießen mit Wasser; Einpressen von flüssigem Zementbrei; Abheben lockerer Schichten und Ersetzen derselben durch Kies oder Sand; Tieferlegung des Wasserspiegels; Verdichtung des Baugrundes durch eingerammte Pfähle, 1–2 m lang oder bis in den tragfähigen Baugrund reichend (Pfahlrost).

Gefrierverfahren von Pötsch bei Triebssand, wo wegen zu großer Tiefe die Druckluftgründung nicht angewandt oder die Baugrube wegen zu großer Ausdehnung auf andere Weise nicht trocken gelegt werden kann.

## 3. Baustoffe der Gründungen.

### a) Baustoffe für Gründungen im allgemeinen und für Herstellung und Umschließung der Baugruben.

Die Fundamentsohle muß so groß sein, daß weder die zulässige Beanspruchung des Baugrundes noch die des Baustoffes überschritten wird. Die Sohlenfläche soll in der Regel eben und senkrecht zur zu übertragenden Druckkraft gerichtet sein; Abweichung höchstens gleich dem halben Reibungswinkel ( $15-18^\circ$ ) zwischen Fundament und Erde.



— Die Fundamentbreiten sollen so bestimmt werden, daß der Druck für die Einheit überall derselbe ist, damit bei zusammenpreßbarem Baugrund ein gleichmäßiges Setzen stattfindet. Getrennte Aufführung der einzelnen Bauteile bei ungleichmäßiger Baugrundbeschaffenheit oder bei sehr großem Gewicht einzelner Teile (Türme, Schornsteine), bei großen Erschütterungen einzelner Teile, oder wenn einzelne Teile vor solchen bewahrt werden sollen.

Alle Baustoffe des Grundbaues sollen Festigkeit und Dauer besitzen, Widerstandsfähigkeit gegen die umgebenden Bodenarten, gegen das Grund- oder sonstige Wasser und darin etwa vorhandene Gase, gelöste Säuren oder Salze. — Holz (nicht getränkt) muß immer unter dem niedrigsten Wasserstande liegen und gegen den Angriff von Fäulnispilzen und Tieren (Bohrwurm) geschützt sein. — Die Fundamentsohle soll unter der Frostgrenze liegen (1—1,25 m).

Das Ausheben der Baugrube erfolgt auch bis 0,35 m unter Wasser durch Ausgraben, bei größeren Wassertiefen durch Hand- oder Maschinenbagger, Pumpenbagger oder Sand- und Schlamm-pumpen.

Zur Abhaltung der Wasserströmung oder des seitlichen Wasserzutritts bei Trockenlegung der Baugrube wird letztere durch Erddämme, einfache oder Kastenfangdämme Spund- oder Pfahlwände oder durch bewegliche Fangdämme umschlossen. — Bei einfachen, bis zu 1,5 m hohen Fangdämmen wird die Erde gegen eine Bretter-, Stülp- oder Spundwand gestampft, die sich gegen einen, eine Pfahlreihe verbindenden Holm stützt. Kastenfangdämme für größere Höhen ( $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  m über Hochwasser) erhalten zwei solche Wände. Nach Ausbaggerung des lockeren Bodens wird der Raum zwischen Ihnen mit wasserundurchlässigem Boden ausgefüllt. — Doppelte Kastenfangdämme mit drei Holzwänden. — Im Anschluß an eine Betonsohle werden Fangdämme auch aus Beton zwischen Spundwänden aus-

geführt und bilden später nach Entfernung der inneren Wand einen Teil des Mauerwerks.

Pfahlwände aus vierkantigen Pfählen dienen namentlich zur Abhaltung der Strömung. Spundwände bestehen aus Bohlen, Halb- oder Ganzholz, auch aus Eisen oder aus Eisenbeton. Die Spundung hölzerner Bohlen ist quadratisch, trapez- oder keilförmig. — Dünnere Bohlen erhalten eine halbe Spundung. — Seltene Anwendung findet die Federrung, bei der alle Bohlen auf beiden Seiten mit Nuten versehen werden, in welche dann besondere Federn aus bestem Kernholz von oben eingetrieben werden (Ersparnis an Holz, aber schwierige Ausführung). Spundbohlenstärke 8—30 cm, Breite 25—35 cm. Unten sind die Bohlen mit einer etwas geneigten Schneide zugeschärft und erhalten bei sehr festem Boden einen eisernen Schuh. Nach Fertigstellung des Bauwerks sind (nicht getränkte) Pfahl- wie Spundwände unter dem niedrigsten Wasserstande abzuschneiden.

Zum Entleeren der Baugrube verwendet man: Händelimer, Wurfschaufel, Schöpfräder, Schneckenrad, Wasserschnecke, Kettenpumpe, Kolben-, Zentrifugal-, Kreiselpumpe, Pulsometer usw.

### b) Baustoffe der Flachgründungen.

Da die zulässige Beanspruchung des Grundmauerwerks fast immer größer ist als die des Baugrundes, ist meist eine Verbreiterung der Fundamentsohle erforderlich, die durch Anordnung einer breiteren Fundamentplatte, durch Abtreppung des Grundmauerwerks, durch umgekehrte Gewölbe, Sand- oder Steinschüttung erfolgen kann. Größe der Platte  $F = \frac{P}{K}$ ; Dicke der Platte  $h =$  mindestens seitlicher Ausladung, besser doppelt so groß wie diese.

Durch Sandschüttung werden die Unebenheiten des Bodens ausgefüllt und der Druck gleichmäßig auf eine größere Fläche übertragen. Der Sand muß rein, grob und scharfkörnig sein. Im Trocknen werden 30 cm hohe Sand-

schichten mit Wasser eingeschlämmt und eingestampft oder eingewalzt.

Bei Gründungen im Wasser darf kein heftiger Wasserauftrieb vorhanden sein, und muß die Baugrube dauernd gegen fließendes Wasser durch eine Spundwand umschlossen sein, wenn man Sand-schüttung anwenden will.

Steinschüttungen dienen sowohl gegen Angriffe von Strömung und Wellen, wie zur Fundamentverbreiterung.

Schwellrost oder liegender Rost (aus Holz) findet Anwendung, wenn der Baugrund etwas nachgiebig, aber gleichmäßig ist, und wenn die Fundamentsohle dauernd unter Wasser liegt. Spundwände u. dgl. schützen ihn gegen Unterspülung. Verlegung im Trocknen. Unten  $18/24$  bis  $25/30$  cm starke Querschwellen, darüber 20–30 cm starke Langschwellen in Entfernungen von 1–1,5 m. Ausstempelung der Felder bis Langschwellenoberkante mit Steinen, Ton, Sand u. dgl. vor Aufnagelung des 5–12 cm starken Bohlenbelages. Auch verschiedene andere Schwellenanordnungen kommen vor.

Senkkasten werden aus Holz oder Eisen, auch aus Stein in den Seitenwänden hergestellt und besitzen einen hölzernen Boden. In ihnen wird das Mauerwerk im Trocknen hergestellt und auf den Baugrund allmählich versenkt. Holz- und Eisenseitenwände werden dann vom Boden gelöst. Lange und hohe Wände werden im Innern versteift.

Bei der Mantelgründung wird der aus Holz oder versteiftem Eisenblech bestehende Mantel bei geringen Tiefen versenkt, am Boden durch eine Betonschicht gedichtet und dann das Wasser ausgepumpt.

Bei der Gründung auf Beton wird die Fundamentsohle verbreitert und gedichtet. Der Druck auf die Flächeneinheit wird ermäßigt und gleichmäßiger. Nach Erhärtung und Auspumpen des Wassers kann im Trocknen weitergebaut werden. Auch im Trocknen werden nur hydrau-

liche Mörtel verwandt. Mischung z. B. 1 Zement: 3 Sand: 6 Kies oder Steinschlag. Im Trocknen wird der Beton in 15–20 cm starken Schichten gestampft; unter Wasser verwendet man Schüttbodyeton, der nicht mit bewegtem Wasser in Berührung kommen darf. Man versenkt ihn in Kästen, Säcken oder Trichtern. Zusatz von hydraulischem Kalk, im Seewasser von Traßkalk, vermindert die Auswaschung.

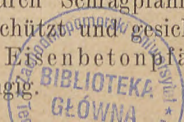
Dünne Betonplatten werden durch Eiseneinlagen widerstandsfähiger gemacht. Durch Einlagerung sich kreuzender Eisenträger in den Beton entsteht der Beton-Eisenschwellrost, der von der Lage des Wasserspiegels unabhängig ist.

### c) Baustoffe der Tiefgründungen.

Der tief liegende Baugrund wird durch die Gründung erreicht, bei Nichterreichbarkeit durch Einrammen von Pfählen so verdichtet, oder es entsteht an den abgesenkten Gründungskörpern eine so große Reibung, daß die Last des Bauwerks ohne Einsinken getragen wird. — Bei Vorhandensein von Wasser werden Pfahlrost, Schraubenpfähle oder Druckluftgründungen verwendet, unabhängig vom Wasser Brunnen-, Röhren- oder Kastengründungen.

Beim Holzpfaflrost tragen die Pfähle oben einen aus Holmen, Querschwellen oder Zangen und Bohlen bestehenden Rost, oder ihre Köpfe sind durch eine Betonplatte verbunden.

Beim „tiefliegenden Pfaflrost“ („Grundpfähle“) erhebt sich der Rost nur wenig über die Sohle der Baugrube oder des Flusses. Beim „hochliegenden Pfaflrost“ werden dessen „Langpfähle“ durch Schrägpfähle, Steinschüttungen oder Faschinen geschützt und gesichert. Bei Verwendung von Beton- oder Eisenbetonpfählen ist man vom Wasserstande unabhängig.



Hölzerne Rostpfähle müssen gerade, astfrei, gesund und entrindet sein. Sie werden unten mit einer drei- oder vierseitigen, abgestumpften Spitze ( $l = 1,5d$ ) versehen und bestehen am besten aus Kiefern-, Buchen- oder Ellernholz. Weniger gut sind Tannen- oder Fichtenholz. — Eichenholz oder teeröldurchtränktes Holz verwendet man bei Langpfählen, die abwechselnd dem Wasser und der Luft ausgesetzt sind.

Für sehr festen, steinigen Boden werden die Pfähle unten mit einem eisernen Schuh aus Guß- oder Schmiedeeisen versehen. Der Pfahlkopf wird zum Schutz gegen Zersplittern abgerundet und mit einem schmiedeeisernen, 2,5 cm starken und 6 cm hohen Ring umgeben, der warm aufgetrieben wird. — Das Eintreiben der Pfähle geschieht durch Einrammen oder durch Wasserspülung.

Die Pfahlrichtung soll möglichst der Richtung der aufzunehmenden Belastung entsprechen.

Beton-Stampfpfähle können hergestellt werden, indem kegelförmige Rammklötze von etwa 70 cm Durchmesser und 1500 kg Gewicht durch besondere Rammen (Menck & Hambrock) 6–10 m gehoben und dann frei fallen gelassen werden. Mit etwa 25 Schlägen wurden in lehmigem Mergelboden bis 5 m tiefe Löcher, die bis auf den festen Boden reichten, hergestellt. Es wurden dann eingeschüttete Steine durch einen „Fallstämpfel“ von etwas geringerm Durchmesser in den Untergrund und die seitlichen Schachtwände eingekeilt und der Schacht in Lagen von etwa 40 cm Höhe mit Beton ausgestampft.

Bei zähem Tonboden bleibt der Fallstämpfel leicht fest stecken, während bei weichem die Löcher sich über dem Stämpfel wieder schließen. Hier können eiserne Röhren, die auf Betonspitzen mit Streckmetalleinlage aufruhend, eingetrieben und absatzweise, indem der Beton eingestampft wird, wieder hoch gezogen werden, während die Betonspitze unten steckenbleibt (Simplexpfähle!). — Bei einer anderen Konstruktion ist die hohle, eiserne Spitze beim Einrammen geschlossen, während sie sich beim Heraufziehen öffnet, so daß das schichtweise Ausstampfen mit Beton erfolgen kann. —

Bei anderen Konstruktionen wird der eingestampfte Beton auch mit Eiseneinlagen versehen.

Rammpfähle und Spundbohlen aus Eisenbeton haben vor den hölzernen den großen Vorzug der Unabhängigkeit vom Wasserstande. Die Eiseneinlagen bestehen meist aus Rundeisen, die in Abständen von 20—30 cm durch Drahtschlingen verankert oder mit einer Spiralumschnürung versehen sind.

Die Pfahlspitze wird aus einem besonderen eisernen Schuh gebildet oder aus dem unten zusammengeschweißten oder in einem kleinen Spitzenschuh durch einen Dorn eingekleiteten Enden der Längsstäbe. Die Pfahlköpfe werden beim Einrammen durch eine besondere Haube mit Sand- oder Sägespanausfüllung geschützt. Auch Blei-, Holz- und Eisenblechplatten hat man zwischen Pfahlkopf und Schlagplatte angeordnet und durch einen 50 cm breiten, zusammengeschraubten Eisenring zusammengehalten. Der Pfahlquerschnitt ist quadratisch oder dreieckig mit abgestumpften Ecken, achteckig oder auch rund. Das Bärge wicht ist meist bedeutend größer als bei Holzpfählen, dafür die Fallhöhe kleiner (z. B. 4 t und 1,2 m). Nach Eintreibung der Pfähle werden die freigelegten Eiseneinlagen der Pfahlköpfe mit den Eiseneinlagen der aufzubringenden Eisenbetonplatte verbunden. — Eintreiben auch durch Wasserspülung.

Eiserne Scheibenpfähle wurden bereits vor siebzig Jahren durch Wasserspülung versenkt. Die untere scheibenförmige Verbreiterung schützte den gußeisernen, hohlen Pfahl vor tieferem Einsinken.

Schraubenpfähle werden eingedreht und für Landungsbrücken, zur Befestigung von Bojen usw. benutzt. — Auch hölzerne Pfähle sind mit Schraubenschuhen versehen worden und angewendet, wo ein Einrammen oder Einspülen nicht statthaft erschien.

Brunnengründung findet statt, wo der feste Baugrund sich erst in größerer Tiefe (6—8 m) befindet und von wenig tragfähigem oder beweglichem Boden überlagert wird, der sich nicht dichten läßt. Es werden dabei durch Ausgraben

oder Ausbaggern des inneren Bodens röhren- oder kastenförmige Mauerkörper bis auf den festen Baugrund abgesenkt. Bei Vorhandensein von Wasser kann im Brunnen eine Sohle aus Schüttbodyeton hergestellt, nach deren Erhärtung das Wasser ausgepumpt und die Ausmauerung mit Bruch- oder Ziegelsteinen in hydraulischem Mörtel oder mit Stampfbeton im Trocknen vorgenommen werden. Oben werden die Brunnen durch Gurtbögen, eiserne Träger usw. verbunden. Der Querschnitt ist meist kreisförmig, doch kommen auch andere Querschnittsformen vor, die dann bei größeren Abmessungen meist größere Wandstärken erfordern. Besten Baustoff bilden hartgebrannte Ziegel in Zementmörtel. Mit letzterem werden auch die Außenflächen zur Dichtung und Verminderung der Reibung beim Absenken verputzt. Wandstärke bis 4 qm Querschnitt 1 Stein, bei großen, rechteckigen Querschnitten bis 1 m.

Zur Erleichterung des Einsinkens und zur Unterstützung des Mauerwerks ruht dasselbe auf einem aus mehreren Bohlenlagen zusammengenagelten und zusammengeschaubten oder aus Eisen zusammengenieteten, nach unten zugeschärften Kranz oder Schling, der durch Ankerbolzen mit mehreren Mauerschichten verbunden ist. Werden weichere Schichten unter dichteren durchsunken, so gehen die Anker auch durch die ganze Brunnenhöhe und sind von Strecke zu Strecke an ringförmigen, im Mauerwerk liegenden Flacheisenringen befestigt, um ein Abreißen des Brunnens zu verhindern. Um bei festerem Boden das Einsinken, das durch künstliche Belastung beschleunigt wird, zu erleichtern, wird der Brunnen unten etwas konisch erweitert und auch im Innern zugeschrägt.

Auch aus Benton, Eisen oder Holz werden Brunnen hergestellt. — Belastet wird beim fertigen, abgesenkten Brunnen sowohl das Füllmauerwerk wie der Mantel. Bei der Röhren- und Kastengründung dagegen bildet nur der im Schutze des in gleicher Weise wie die Brunnen abgesenkten Mantels ausgeführte Mauerwerks- oder Betonpfeiler den tragenden Teil, während der Mantel stets unbelastet bleibt.

Schmiedeeiserne Röhren bestehen aus 6–12 mm starken Eisenblechringen, die durch Laschen verbunden und durch vertikale Winkeleisen versteift werden. Gußeiserne Röhren bestehen bei kleineren Durchmessern aus einzelnen Ringen, bei größeren aus einzelnen Segmenten, die mittels nach innen vortretender Flansche zusammengeschaubt werden. — Bei der Kastengründung werden die Holzkörper aus Holz, bei großen Abmessungen aus Schmiedeeisen hergestellt.

Bei der Druckluftgründung ist der einzusenkende Hohlkörper unten offen, an den Seiten und oben geschlossen. Das von unten eindringende Wasser wird durch Druckluft verdrängt, so daß die Erde im Trocknen ausgegraben werden kann. Nur gesunde und kräftige Leute können den Überdruck der Luft ertragen. Das Ein- und Ausschleusen muß langsam erfolgen. Die größte erreichbare Tiefe beträgt 35 m unter dem Wasserspiegel. Zum Herausschaffen der Erde und Hineinschaffen von Baustoffen dienen besondere Materialschleusen. Durch Ausgraben der Erde und Aufmauern sinkt der Kasten in ähnlicher Weise wie ein Senkbrunnen. Nach Erreichung des festen Baugrundes wird der untere Arbeitsraum ausbetoniert oder ausgemauert und ebenso der Hohlraum der Steigröhre nach Herausziehen der letzteren. — Zur Beleuchtung des Arbeitsraumes dienen am besten elektrische Glühlampen.

### III. Baustoffe der Futter-, Stütz-, Kai- und Staumauern.

Während Futtermauern besonders aus wetterfesten Baustoffen bestehen müssen, sollen die übrigen genannten Mauern außerdem standsicher bei allen möglichen Beanspruchungsfällen sein. Sie müssen ein so großes Gewicht haben, daß sie durch seitliche Angriffe nicht ver-



schoben oder umgekippt werden können, und daß für keinen dieser Fälle an irgendeiner Stelle die zulässige Beanspruchung des Baustoffes überschritten wird. Die Mittelkraft soll an jeder Stelle im Kern des Querschnitts angreifen und möglichst senkrecht auf der Lagerfuge stehen.

Während der Wasserdruck stets senkrecht zur gedrückten Fläche gerichtet ist und seine Größe nur von der Wassertiefe abhängt, ist Größe und Richtung des Erddrucks von der Höhe der Hinterfüllung, dem Gewicht/cbm, dem natürlichen Böschungswinkel sowie dem Reibungswinkel zwischen Hinterfüllungserde und Mauer und von der Neigung der Mauerrückfläche abhängig. — Die Größe des natürlichen Böschungswinkels wächst mit der Trockenheit ( $45^{\circ}$  bei trockener Dammerde, Kies und Sand) und wird durch Feuchtigkeit oder vollständige Durchnässung bedeutend herabgedrückt (bei nassem Lehm und Ton bis  $20^{\circ}$ , bei Schwimmsand bis  $10^{\circ}$ ). Die Gewichte/cbm liegen zwischen 1400 und 2000 kg (1400 kg bei grobem, trockenem Sand oder Kies, 2000 kg bei Schwimmsand). Der Reibungswinkel zwischen Erde und Mauer wächst mit der Rauigkeit der Mauerrückfläche und der Trockenheit der Hinterfüllungserde bis zur Größe des natürlichen Böschungswinkels.

Stütz- und Kaimauern werden zur Ersparung an Mauerwerk und Erhöhung der Standsicherheit oft an der Vorderfläche abgeböschet. Stützmauern werden vielfach im unteren Teil der Rückfläche unterschritten, auch vorn mit einem vorgezogenen Fuß versehen, wobei die Sohle wie bei gekrümmten Mauern (englischen Stützmauern) eine schräge, auf der Mittelkraft annähernd senkrechte Lage erhält.

Für Staumauern ergeben sich aus der Forderung möglichst günstiger Beanspruchung des Mauerwerks bei allen Wasserständen, namentlich bei gefülltem und leerem Becken, Querschnitte, die sich einem rechtwinkligen Dreieck nähern, wobei die dem Becken zugekehrte Kathete wenig geneigt oder gekrümmt ist, während die Außenseite eine starke Neigung oder Krümmung mit weit vorgezogenem Mauerfuß zeigt.

Futter-, Stütz- und Kaimauern erhalten je nach Beschaffenheit und Lage des Baugrundes die verschiedensten

Gründungen. Die Tragfähigkeit des Baugrundes ist wegen der seitlich angreifenden Kräfte sorgfältig zu ermitteln.

Schwere Steine sind für diese Zwecke stets vorzuziehen. Bruchsteinmauern werden mindestens 60 bis 75 cm stark gemacht, Ziegelmauern mindestens 51 cm, während Trockenmauerwerk 1,25—1,50 mal so stark gemacht wird wie bei Mörtelmauerwerk. — Der Mauerkerne oder die Hintermauerung besteht oft aus Beton, Bruchsteinen oder Ziegeln, während die Außenflächen mit Werksteinen, lagerhaften Bruchsteinen, Hartbrandsteinen oder Klinkern verkleidet werden. Hierbei ist langsames Aufmauern und die Verwendung nicht zu hoher Werksteine erforderlich, um Ribbildungen durch ungleichmäßiges Setzen zu vermeiden. — Schräge Lagerfugen sind sorgfältig mit dichtem, hydraulischem Mörtel an den Außenflächen auszufugen, um das Eindringen von Wasser zu verhindern.

Die Mauerkronen werden mit 10—15 cm starken Steinplatten abgedeckt, Bruchsteinmauern mit behauenen Bruchsteinen, Ziegelmauern auch mit einer Ziegelrollschicht, stets in Zementmörtel. Abdeckplatten von Kaimauern müssen aus recht festem Gestein bestehen, etwa aus Basaltlava, und genügende Stärke (20 cm) besitzen, um dem Anprall der Schiffe widerstehen zu können. Um die einzelnen Steinplatten unverschieblich zu machen, erhalten sie leicht gekrümmte oder geknickte Stoßfugen und werden oft mit dem Mauerwerk verankert.

Für Kaimauern, besser auch für Stützmauern, ist hydraulischer Mörtel zu verwenden (z. B. Zementmörtel oder Traßkalkmörtel aus 1 Traß, 1 Kalk, 1 Sand oder 1 Traß 2 Kalk, 3 Sand).

Hintere Mauerabsätze werden 1:2 geneigt und mit Zementmörtel, Asphalt oder mit doppelter Ziegelflächenschicht in Zementmörtel abgedeckt.

Der Hinterfüllungsboden ist in wagerechten Schichten von etwa 30 cm Höhe aufzubringen und festzustampfen. Für die oberen 1,5 m verwendet man zweckmäßig wasser-durchlässigen Boden (Sand, Kies, Schotter oder Steine), damit nicht durch gefrierenden, wassergesättigten Boden die oberen Mauerschichten hinausgeschoben werden. — Wasser, das sich hinter der Mauer ansammeln kann, ist in Sickerkanälen oder Dränröhren aufzufangen und durch Schlitze oder Röhren an geeigneten Stellen alle 5–10 m durch die Mauer abzuführen. Bei Kaimauern liegen dieselben in Höhe von M. W. oder N. W. und verhindern den Eintritt des Außenwassers durch selbsttätig schließende Klappen.

Es ist ratsam Futtermauern, die nur zur Verkleidung dienen sollen, so stark herzustellen, daß sie im Notfall auch als Stützmauern dienen können.

In Kaimauern größerer Stärke werden öfter Aussparungen des Mauerwerks mit Sparbeton ausgestampft (1 Zement, 1 Kalk, 8 Sand, 12 Steinschlag). — Zuweilen ruhen die Mauern nur auf einzelnen Pfeilern oder Senkbrunnen, die oben durch Gewölbe verbunden sind, während unten der Raum durch horizontale Träger, Platten oder aufrecht stehende Gewölbe geschlossen ist.

Stützmauern und Kaimauern aus Eisenbeton zeichnen sich bei den geringen notwendigen Stärken durch niedriges Eigengewicht aus. Der Querschnitt ist meist winkel- oder knieförmig, auch  $\perp$ -förmig, wobei Stützrippen die einzelnen Teile miteinander verbinden und verankern oder absteifen. Die Standsicherheit wird erhöht durch die Belastung der Grundplatte mit dem Hinterfüllungsboden und in ähnlicher Weise durch wagerechte „Sporne“, durch welche die Stützrippen zugleich versteift werden.

Eiseneinlagen sind meist Rundeisen oder Drähte. — Die Grundplatte kann auf einem Pfahlrost ruhen, der dann meist ebenfalls aus Eisenbeton besteht und mit der Platte mittels der Eiseneinlagen fest verbunden ist. — An der Krone

lassen sich leicht Auskragungen, ebenfalls aus Eisenbeton, anbringen.

Bei Staumauern ist der Zweck die Aufspeicherung des Wassers im Staubecken. Früher wurden (z. B. im Harz) für geringere Höhen vielfach Staudämme aus geeigneten Erdarten aufgeschüttet und festgestampft oder bei durchlässigen Schüttstoffen durch Tonkerne u. dgl. gedichtet. Heute werden diese „Talsperren“ in Deutschland fast stets massiv aus Mauerwerk, auch aus Beton oder Eisenbeton hergestellt.

Die Staumauern erhalten in der Regel einen flach kreisbogenförmigen Grundriß ( $R = 125-500$  m), dessen Kreismittelpunkt talabwärts gelegen ist. Bei dieser Form werden etwa entstehende feine Risse durch den Wasserdruck leichter zusammengedrückt. Als Baustelle ist eine möglichst enge Talstelle zu wählen mit günstig gelagertem, möglichst spaltenfreiem, unverwittertem, festem Felsen an der Sohle und an den Talwänden. Bei der Gründung ist mit größter Sorgfalt zu verfahren. Alle lockeren Schichten und angewitterten Felschichten sind zu entfernen. Auch alle etwa vorhandenen Spalten im Gestein müssen von dem lockeren Zertrümmerungs- und Verwitterungsmaterial sorgfältig befreit und ausgespült, dann mit guter Betonmasse ausgefüllt werden, damit Durchquellungen auf jede Weise vermieden werden.

Diese Arbeiten haben sich auch auf die angeschlossenen Talwände zu erstrecken und auf eine größere Fläche auf der dem Wasser zugekehrten Seite vor dem Bauwerk. Bei tragfähigem, aber durchlässigem Boden sind Herdmauern oder mit Beton auszustampfende Schlitze bis auf den undurchlässigen Boden hinabzuführen und durch eine stärkere Betonschicht miteinander zu verbinden.

Hauptbaustoff für die Staumauern bilden heute feste, wetterbeständige und dichte natürliche Steine. Poröse Steine sind nicht zu verwenden. Bei den sehr großen erforderlichen Massen sucht man sie wie Baustoffe für Beton

und Mörtel (Sand, Kies und Schotter) möglichst in der Nähe des Bauplatzes zu gewinnen. In der Regel sind neue Steinbrüche anzulegen.

Die Aufsuchung geeigneter Plätze für dieselben verspricht meist an steilen Hängen der Talschattenseite die größere Aussicht auf Erfolg. Die Lage der anzulegenden Steinbrüche ist nach Möglichkeit so zu wählen, daß die Beförderung nach den Bearbeitungsplätzen sowie nach dem Bauwerk mit Gefälle erfolgen kann, so daß die in tieferen Lagen gewonnenen Steine den Fundamenten zuzuführen sind. Erforderlich ist eine sorgfältige Prüfung der Steine an genügend zahlreichen Proben sowohl auf physikalische wie chemische Eigenschaften. Niemals genügt eine bloße Feststellung der Druckfestigkeit. Eine solche Prüfung von Probewürfeln beim Bau der Wuppertalsperre ergab z. B. für die Oberflächensteine die größte Druckfestigkeit. Dieselben zerfielen aber beim Lagern an der Luft in kürzerer als Jahresfrist in splitterige Bruchstücke, wahrscheinlich durch sich oxydierendes, die Steine rostbraun färbendes Eisen. Eine längere Lagerung und eine Überwinterung der Steine wird daher immer empfehlenswert sein.

Die Steine sollen nicht zu glatt bearbeitet und vor der Verwendung durch Druckwasserstrahl sowie mit Draht- oder Wurzelbürsten gereinigt werden. Bei Bruchsteinen hat Zyklopenmauerwerk sich oft dichter erwiesen als solches mit abgeglichenen Lagerflächen, bei dem man ein Gleiten bei eingedrungenem Wasser durch Verzahnung mit der tieferen und höheren Schicht zu verhindern suchte, auch die Lagerfugen so neigte oder krümmte, daß die Mittelkraftlinie für alle Belastungsfälle stets annähernd senkrecht auf den Lagerflächen gerichtet war.

Besonders wichtig ist die richtige Wahl und sorgfältige Herstellung eines guten, möglichst dichten Mörtels. Meist wird heute Zementtraßmörtel bzw. Zementtraßkalkmörtel verwandt. Die Wahl soll erst auch in bezug auf das richtige Mischungsverhältnis, das mit von dem zur Verfügung stehenden Sande abhängt, nach eingehenden Prüfungen erfolgen.

Bei der Remscheider Talsperre wurde verwendet eine Mischung von 1 Fettkalkbrei, 1½ Traßmehl, 1 Rheinsand in Raumteilen; bei

der Friedrichswalder Sperre wurden 1:1 zwei Mörtel gemischt, nämlich 1 Zement, 3 Sand mit einem Mörtel aus 1 Fettkalk,  $1\frac{1}{2}$  Traß und  $1\frac{3}{4}$  Sand (Zugfestigkeit nach drei Monaten 27,5 kg/qcm). Mörtelmischung für den Umbau der Lenneptalsperre für Mauerwerk und Beton: 1 Zement, 1 Kalkbrei,  $1\frac{1}{2}$  Traß,  $4\frac{3}{4}$  Rheinsand.

Für Betonsperren wurden beispielsweise verwandt: 25 Wasserkalk, 30 Sand, 100 Steinschlag; in einem anderen Falle: 1 Zement, 2 Sand, 6 Steinschlag. Mauern aus Stampfbeton können immer noch an den Außenflächen durch fettere, wasserundurchlässige Schichten und ebensolchen Putz hinreichend gedichtet werden. Bei Verwendung von Eisenbeton werden die Mauerstärken bedeutend geringer.

Vielfach werden wasserdichte Anstriche und Zusätze der verschiedensten Art zu Mörtel und Beton empfohlen und auch angewandt, die letztere wasserdicht machen sollen. Oft ist die damit versehene Mischung schon allein wasserdicht<sup>1)</sup>.

H. Burchartz berichtet in den Mitteilungen des Materialprüfungsamtes über den Einfluß von Traßzusatz sowie des Anmachens mit Kalkwasser und Seifenlösung auf die Festigkeit und Wasserdichtigkeit von Mörtel und Beton:

„Allgemein ließ sich aus den Versuchsergebnissen schließen:

1. Der Zusatz von Traß verlangsamt im allgemeinen etwas die Erhärtung der Mörtel- und Betonmischungen. Er wirkt sehr günstig auf die Erhärtung der mit Kalkwasser angemachten Mischungen und verringert die nachteilige Wirkung der Seifenlösung. Er erhöht die Wasserdichtigkeit.

2. Das Kalkwasser ist ohne Einfluß auf die Festigkeit und Wasserdichtigkeit der ohne Traß bereiteten Mischungen. — Es begünstigt die Erhärtung der mit Traß versetzten Mischungen.

3. Die Seifenlösung verringert die Erhärtungsfähigkeit der Mischungen ohne Traß; ihre schädliche Einwirkung

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Materialprüfungsamtes Berlin-Dahlem 1913. 31. Jahrgang.

wird durch Zusatz von Traß mehr oder weniger aufgehoben. — Die Seifenlösung macht den Mörtel und Beton wasserdicht.“

Beachtenswert ist die Ausführung des genannten Amtes in den „Mittellungen“ von 1914:

„In einzelnen Fällen wurde bei Prüfung solcher Stoffe (Dichtungstoffe und Schutzmittel, die den Mörtel und Beton wasserdicht bzw. wasserabweisend machen sollen) beantragt, daß die für die Wasserdurchlaßversuche hergestellten Proben mit einer Glättschicht aus reinem Zement versehen werden sollten. Dieses Verfahren ist zu verwerfen; denn durch die Prüfung in solcher Weise hergerichteter Proben wird nicht die eigentliche Widerstandsfähigkeit des betreffenden Stoffes gegen Wasserdruck, sondern diejenige der Glättschicht festgestellt. Eine solche Glättschicht macht den Mörtel und Beton auch ohne irgendwelchen besonderen wasserdichtenden Zusatz wasserundurchlässig.“

Vielfach üblich für Talsperren ist auch die von Jntze eingeführte Mischung:  $1\frac{1}{2}$  R.-T. Traß + 1 R.-T. Kalkteig +  $1\frac{3}{4}$  R.-T. Sand. — Traßkalkmörtel binden langsam ab und bleiben längere Zeit bildsam als reine Zementmörtel. Nach Burchartz (Betonkalender 1921) soll man, wo es auf Wasserdichtigkeit ankommt, Traßzementmörtel nicht ohne, wenn auch nur geringen Kalkzusatz verwenden. An derselben Stelle wird empfohlen für Talsperren:

$1\frac{1}{2}$  R.-T. Traß: 1 R.-T. Kalkteig oder  $1\frac{1}{2}$  R.-T. Kalkpulver: 1 R.-T. Zement: 4 R.-T. Sand: 8–12 R.-T. Kies oder Steinschlag.

Die Dichtung der Außenflächen von Talsperren muß besonders sorgfältig vorgenommen werden. Auf der Luftseite hat man die Fugen nach gehörigem Auskratzen gedichtet durch Anstreichen mit heißem Asphalt und Ausfügen mit gutem Zementmörtel, z. B. bei der Remscheider Talsperre. Gegen Ausfrieren von Wasser, das von der anderen Seite bis zur Vorderfläche durchgedrungen ist, hat man 2 m von der Vorderfläche Dränrohre aus unglasiertem Ton eingelegt, die etwa eingedrungenes Wasser nach einem

unten gelegenen Sammeldrän abführen. Solche Abzugsröhren hat man auch auf der Wasserseite angeordnet (Füllbecke-Talsperre). Außerdem hat man hier durch starke Verblendung und wasserdichten Verputz und wiederholten Anstrich mit heißem Asphalt und Holzzement oder Siderosthen den Wasserzutritt möglichst verhindert. Um den Wasserzutritt zu der Mauer ganz zu verhindern, hat man auch wasserdichte stärkere Mauern oder dünnere Eisenbetonwände derselben vorgelagert und durch Zungenmauern abgestützt, sie auch durch letztere hindurch gehörig verankert. In dem Hohlraum zwischen Schutzwand und Mauer ist unten ein Sammelrohr gelagert, welches etwa durchsickerndes Wasser dem Grundablaß zuführt.

## IV. Baustoffe des Straßenbaues.

### 1. Baustoffe der Landstraßen.

Alle Straßen erhalten nach der Querrichtung zur Abführung des Niederschlagswassers ein von der Befestigung abhängiges Gefälle. Dasselbe verringert sich mit zunehmender Glätte der Befestigung und zunehmendem Längsgefälle. Es beträgt z. B. bei Steinschlagbahnen 4–6%, bei Pflasterstraßen 2,5–4%, bei Sommer- und Reitwegen 4 bis 5%, bei Fußwegen 2–3%.

Die zweckmäßigsten Steigungen der Straßen, deren Höchstmaß ebenfalls von der Straßenbefestigung abhängig ist, betragen nach Launhardt im Flachlande 2–2,5%, im Hügellande 2,5–3,3% und im Gebirgslande 3,3–5%.

Hauptbaustoffe bilden Steinschlag, Kies, Hochofenschlacke, Kleinpflaster und Klinkerpflaster. Zur Aufnahme der Befestigung wird der Erdkörper mit einer der Dicke und Neigung derselben entsprechenden Auskofferung versehen, deren Sohle eingeebnet und durch Stampfen oder Walzen verdichtet wird. Zwischen Rand-



oder Bordsteinen wird dann in der Regel eine Packlage aufgebracht aus 12—20 cm breiten und 6—10 cm dicken Steinen, die mit der flachen Seite nach unten, mit der spitzen nach oben, mit der Längsabmessung quer zur Straße reihenweise dicht nebeneinandergestellt werden. Die Spitzen werden abgeschlagen und die Steine gut verzwickelt und mit einer Handramme abgerammt. Darüber erfolgen 1 oder 2 Decklagen aus Steinschlag mit Größen von 4—6 cm (zusammen 8—10 cm stark an den Seiten, 9—20 cm in der Mitte). Eine Mittellage besteht meist aus gröberem und weicherem Gestein und wird besonders abgewalzt. Ist nur eine Decklage vorhanden, so wird sie rund 9 cm stark gemacht. Die Steine müssen fest und zähe sein, widerstandsfähig gegen Druck, Schlag und Stoß. In zerriebenem, feuchtem Zustande soll kein Ankleben an den Wagenrädern stattfinden. Geeignet sind z. B. Granit, Syenit, Quarzporphyr, glimmerarmer Gneis, guter Basalt, für nicht großen und nicht schweren Verkehr auch quarzreiche Sandsteine. — Handschlag ist stets dem Maschinenkleinschlag vorzuziehen, da er gleichmäßiger ist. Die profilmäßig aufgebraachte Decke wird in feuchtem Zustande eingewalzt. Nach Aufbringung einer 1 cm starken Schutzdecke aus Sand oder Steingrus kann die Straße dem Verkehr übergeben werden.

Bei nicht zu starker Beanspruchung wird statt natürlicher Gesteine auch Kleinschlag aus Eisenhochofenschlacke<sup>1)</sup> (Klotzschlacke) verwandt.

Steinschlagbahnen ohne Unterbau (Makadam) werden auf unnachgiebigem Unterbau in derselben Weise hergestellt wie die Decklagen der vorigen. Gesamtstärke 15 bis 20 cm.

Kiesbahnen werden in derselben Weise hergestellt aus Gruben- oder Flußkies. Sehr grobkörniger Kies wird vorher

<sup>1)</sup> Dr. A. Guttman, Die Verwendung der Hochofenschlacke im Baugewerbe. Düsseldorf 1919, Stahl Eisen.

zerschlagen und gesiebt. Aus sehr großen, zerschlagenen Stücken kann man wie oben eine Packlage bilden. Etwas lehmiger Kies oder Zusatz von lehmigem Sande kann sehr gute Straßen ergeben.

Das Kleinpflaster (Steinschlagpflaster) wurde von Baurat Gravenhorst erfunden (1885 erste Versuchsstrecke). Fortgesetzte Verschleißmessungen desselben ergaben in 22 Jahren bei Steinschlagbahnen eine Höhenabnahme von 66 mm, bei Kleinpflaster aus nordischen Geschieben nur eine solche von 8 mm. Seitdem ist das Kleinpflaster vielfach verbessert worden und hat sowohl in Deutschland wie im Auslande eine immer mehr zunehmende Verbreitung gefunden und sich bei sachgemäßer Ausführung überall gut bewährt.

„Auf Landstraßen ersetzt es vorteilhaft die alten Schotterstraßen, die namentlich seit Einführung des Automobilverkehrs nur eine geringe Lebensdauer haben und viel Ausbesserungen und Aufbringungen neuer Decken in kurzen Zeitabschnitten erfordern, während das Kleinpflaster lange Zeit (15—30 Jahre) haltbar ist und die Unterhaltungskosten gering sind. In den Städten vermag es bei nicht gar zu schwerem Verkehr sogar das Großpflaster zu ersetzen. Es ist sauber, sehr wenig staubbildend, wenig geräuschvoll und gut und leicht befahrbar.“

Form der Steine möglichst würfelförmig. Kantenlänge 8—12 cm. Die Satzfläche soll der Kopffläche möglichst gleichgerichtet sein und mindestens  $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$  derselben betragen. An derselben Stelle sind nur Steine gleicher Höhe zu verwenden.

Die Gesteine müssen fest, zähe, gleichmäßig und gut spaltbar sein (gute Kohlensandsteine, Porphyre, Grauwacke, Gabbro, Grünsteine, nicht zu feinkörniger Granit, Hartbasalt, gute Hochofenschlacke), wetterbeständig, nicht leicht glatt werdend. Zur Formgebung benutzt man meist Spaltmaschinen.

Für Sicherung gegen seitliches Ausweichen und für eine genügende Verspannung sind Bordsteine u. dgl. erforderlich.

Ebenso ist ein guter Unterbau nötig, der oft aus der aufgerauhten und sauber nach dem künftigen Profil abzuwalzenden, vorhandenen Schotterstraße besteht. Das Pflaster erhält eine 2 cm starke Bettung aus nicht zu grobem Kies und 3 mm weite Fugen. Es wird mosaikartig, in Bogenform oder in kurzen Diagonalreihen, die rechtwinklig, schwalbenschwanzförmig zusammenstoßen, versetzt. Querneigung höchstens 4%, Längssteigung 3–4% (höchstens 5%)<sup>1)</sup>.

Der Anschluß an Straßenbahngleise wird durch einige Reihen Großpflastersteine hergestellt, ebenso werden meist auch die Rinnsteine gebildet.

Klinkerpflaster (besonders gebräuchlich, wo es an natürlichen Steinen und Kies fehlt) erhält eine 30–40 cm hohe, in der Auskofferung gut abgerammte oder abgewalzte Sandschicht als Unterbettung. An den Seiten werden mehrere Läuferreihen in der Straßenrichtung als Saumsteine verlegt, sonst hochkantig im Läuferverband rechtwinklig zur Straßenrichtung, auch im Kornährenverband. Reiner Quarzsand wird unter Besprengung in die Fugen gekehrt. Auf das Pflaster kommt eine 1–5 cm hohe Sandschicht, die immer wieder erneuert wird.

Format der Steine in der Regel kleiner als Normalformat. Die Steine werden aus geeignetem Material hergestellt, bis zur Verglasung 15–17 Tage gebrannt und 4–5 Tage langsam abgekühlt. Gerührt werden die Bockhorner Klinker ( $22,8 \times 18,8 \times 5,2$ ). Nicht für sehr schweren Verkehr; erforderlichlich aufmerksame Beobachtung und Unterhaltung.

Fußwege erhalten meist keine Befestigung. Erhöhte Fußwege werden bekieset. Quergefälle 3%.

Sommerwege: unbefestigt (Quergefälle 4–6%) oder mit einer Lage von Sand, Schlacke oder Kies, namentlich bei lehmigem Boden.

<sup>1)</sup> Das Kleinpflaster von Prof. Krüger, Bremen. 2. Aufl. von Bauinspektor Vespermann, Frankfurt a. M. Berlin 1915, Union Deutsche Verlagsanstalt.

Reitwege (bei großen Städten): Unterbettung von Ziegelklein u. dgl. mit 15 cm starker Decke von Sand oder feinem Kies.

Radfahrwege: Befestigung mit abgewalzter Kiesdecke, auf 10–12 cm starker Schotterschicht.

Baumpflanzungen dienen als Einfriedigung wie zur Kenntlichmachung der Straße im Dunkeln oder bei hohem Schnee. Wo sie irgend das Austrocknen der Straße nicht beeinträchtigen oder den anliegenden Ländereien nicht schädlich sind, sollen Obstbäume gepflanzt werden.

Alle Straßen müssen regelmäßig von dem zermalmtten Gesteinsmaterial gereinigt werden. — Durch Ölen und Teeren bekämpft man wirksam die Staubbildung der Stein-schlagstraßen (Oberflächenteerung, Innenteerung). (Asphaltin, Westrumit, Kiton, Äberli, Quarrite, Tarmac, Pyknoton.) — Zur Verwendung kommen Rohpetroleum, Kreosotöl mit Pechzusatz, reiner Teer oder mit Teeröl gemischt, Gemenge von Gasteer mit Ton usw.

Schotterstraßen müssen dauernd in gutem Zustande erhalten werden (Flickbetrieb, Deckenbetrieb).

## 2. Baustoffe der städtischen Straßen.

Zwischen Fußweg und Fahrbahn liegt der Rinnstein, durch einen Bordstein vom Fußweg getrennt und mit genügendem Gefälle nach dem nächsten Senkkasten. Rinnsteintiefe 10–15 cm. — Kanäle und sonstige Leitungen sind so unterzubringen, daß sie möglichst leicht zugänglich sind, sicher sind und sich und andere Einrichtungen möglichst wenig stören. — Wasserleitungsrohre müssen frostfrei liegen, Entwässerungskanäle möglichst so tief, daß sie auch die Keller entwässern können, Gasrohre nicht an den Gebäuden oder an Baumreihen usw. Unter Betondecken sucht man Leitungen möglichst zu vermeiden.

Für Pflasterungen werden natürliche und künstliche Steine und Holz (versuchsweise ohne Bewährung Eisen) verwandt. Jedes Pflaster erfordert als Unterlage eine feste, dauerhafte und elastische Unterbettung, entweder durchlässig aus einer 20–25 cm starken Sand- oder Kies- schicht bestehend oder undurchlässig aus 20 cm starker Betonschicht mit 3–5 cm starker Sandschicht. Bei Beton- unterbettung müssen die Fugen wasserdicht sein, sonst werden sie mit scharfem Sande gefüllt. Pflastersteine sollen fest, hart, zähe und wetterbeständig sein und sich nicht zu schwer bearbeiten lassen. Geeignet sind mittelkörnige Granite, Melaphyr, Diorit, Basalt usw. Die Fuß- fläche der Steine soll der Kopffläche parallel und nicht viel kleiner als diese sein. Die Fugen dürfen nicht zu weit sein.

Beim Reihenpflaster haben die Steine rechteckige Kopf- fläche, gleiche Höhen und annähernd parallelepipedische Gestalt. Die Fußfläche beträgt  $\frac{3}{4}$ – $\frac{2}{3}$  der Kopffläche. In jeder Reihe werden Steine gleicher Breite verwandt. Bei besserem Pflaster weicht die Fußfläche nur wenig von der Kopffläche ab. Die Fugenstärke beträgt 3–5 mm.

Von künstlichen Steinen verwendet man Klinker, Keramit, Schlackensteine, Steine aus zerkleinerten natür- lichen Steinen mit Bindemitteln gemischt, unter hohem Druck geformt und oft bis zur Sinterung gebrannt.

Besonders haben die Schlackensteine eine große Ver- breitung gefunden und sich für mittleren Verkehr gut be- währt, namentlich die aus Kupferschlacke, die in Formen gegossen, geglüht und getempert werden. Auch geeignete, nicht zerfallende Eisenhochofenschlacken haben sich für Klein- und Großpflaster ebenso wie für Schotter als gut brauchbar erwiesen.

Klinker sind wetterbeständig, bei nassem Wetter nicht schlüpfrig, aber oft ungleichmäßig, so daß bei schwerem Verkehr leicht einzelne Steine zerdrückt werden.

Holzpflaster ist geräuschlos und angenehm zu befahren. Es ist gut geeignet für eiserne Brücken und für Brückenrampen. Von Holzarten sind bei uns besonders Kiefer (namentlich schwedische), auch Tanne verwandt worden. Buchenholz soll sich nicht bewährt haben; doch da man das Holz für Holzpflaster vielfach in unbehandeltem Zustande verwandt hat, machen wir hier vielleicht noch dieselben Erfahrungen wie bei den buchenen Eisenbahnschwellen, die sich jetzt in teerölgetränktem Zustande bei dreißigjähriger Dauer ganz vorzüglich bewähren.

Das Holz soll langsam gewachsen sein und enge Jahrringe besitzen (höchstens drei auf 1 cm). Es muß vollkommen gesund, gleichmäßig, reif, frei von großen, losen oder toten Ästen oder anderen Schäden sein, gut ausgetrocknet und bei Weichhölzern gut sortiert. Splintholz wird der sonst zu hohen Kosten wegen zu 20—25 % zugelassen.

Die Klötze werden mit dem Hirnholz nach oben auf einer profilmäßig hergestellten Betonunterbettung verlegt. Querfälle  $\frac{1}{60}$  bis  $\frac{1}{80}$ . Größte Steigung  $\frac{1}{40}$ . Höhe der Klötze 10—13 cm, Breite 8—10 cm, Länge 12—20 cm. In der Querrichtung zur Straße werden die Klötze dicht nebeneinander versetzt. Zwischen die einzelnen Reihen werden nach Kerr früher stärkere, jetzt schmälere ( $3 \times 30$  mm) Latten verlegt. Fugenbreite 6—7 mm. Bei Hartholz (Jarrah, Karri, Tallowood, Blackbutt) wurden die Klötze ohne Fugen im Verbande dicht mit bituminöser Masse aneinandergeklebt. Weite Fugen hat man mit Zementmörtel, engere mit Bitumen (Teer oder Pech mit Kreosotöl) wasserdicht gemacht. Am Bordstein werden 2—4 Längsreihen angeordnet. Hier hat man eine Ausdehnungsfuge angeordnet von 3—5 cm Breite, die mit Ton und Sand gefüllt und gedichtet wurde. Die Betonunterlage erhält oben einen bituminösen Anstrich. Zur Verringerung der Abnutzung hat man das Pflaster oben mit einer dünnen Aufgußmasse aus Kohlenteer und Schwarzpech und darüber mit einer dünnen

Lage von Perlkies oder Steinsplittern versehen, die sich in das Hirnholz einpressen.

Asphaltbahnen bilden heute in vielen Beziehungen die vollkommenste Art der Straßenbefestigung. Sie sind geräuschlos, angenehm zu befahren, Pferde und Wagen schonend, wasserundurchlässig, lange haltbar und leicht auszubessern. Sie müssen sauber gehalten werden, weil sie sonst bei feuchtem Wetter schlüpfrig sind. Glätte im Winter läßt sich durch leichtes Sandaufstreuen beseitigen.

Höchststeigung 1 : 70, Quergefälle  $1\frac{1}{2}\%$ . Alle Asphaltstraßen erfordern eine Unterbettung (20 cm) von Beton, die genau profilmäßig herzustellen und oben mit Zementmörtel abzugleichen ist. Der Beton muß vollständig erhärtet und trocken sein, ehe Stampf- oder Gußasphalt aufgebracht wird.

Stampfasphalt eignet sich besonders für lebhaften Verkehr mit schweren Lasten. Asphaltstein mit 8–12% Asphalt wird auf Steinbrechern zerkleinert, auf Schleudermühlen gemahlen, gesiebt, auf  $120\text{--}150^\circ$  erhitzt und dann auf die feste und trockene Betonbettung 8 cm hoch aufgebracht, mit heißen Stampfern gestampft, mit heißen Walzen abgewalzt, hierdurch auf 5 cm zusammengepreßt und dann mit heißen Bügeleisen geglättet. Nach Überstreuerung mit wenig feinem Sande oder Abschlämmung mit dünnem Zementwasser kann die Straße dem Verkehr übergeben werden. Asphaltsteinpulver mit geringerem Asphaltgehalt wird künstlich mit Asphalt bereichert. Oft kommen Verfälschungen hauptsächlich mit Steinkohlenteer vor<sup>1)</sup>. Nach den unten angegebenen Bestimmungen darf Zusatzbitumen nur aus einem Gemisch von Trinidadasphalt mit Paraffinöl oder mit Petroleumrückständen bestehen.

Gußasphalt ist für Fahrstraßen weniger, gut dagegen geeignet für Fußwege, Bahnsteige, zur Abdeckung unter-

<sup>1)</sup> Normen für Erzeugnisse der Asphaltindustrie von Prof. J. Marcusson. In Mitteilungen des Materialprüfungsamtes 1917. 35. Jahrgang.

kellerter Höfe, für Fußböden, Balkonabdeckungen, für Trennungsschichten usw.

Gußasphaltmasse erhält man durch Zusammenschmelzen (bei 150–170°) unter Umrühren von Asphaltmastix, etwas Goudron (3–6%) und Kies (50%). Die Masse wird auf einer 10 cm starken, festen und trocknen Betonunterbettung 1,5–3,5 cm dick ausgebreitet, glatt gestrichen und mit dem Reibebrett und feinem, scharfem Sande abgerieben und abgeschliffen, darauf mit feinem Sande bestreut. Schichten über 2 cm Stärke werden zur Erzielung großer Wasserdichtheit zweckmäßig in zwei Lagen aufgebracht.

Asphaltplatten werden aus Stampfasphaltmasse in Formen unter sehr hohem Druck zusammengepreßt und auf einer Betonunterbettung dort verlegt, wo ein Stampfen und Walzen nicht angängig ist, z. B. auch auf Brücken. Die Fugen der sehr scharfkantigen Platten werden meist durch den Verkehr geschlossen.

Zement- oder Betonbahnen werden auf Packlage und 12–15 cm starker Steinschlagschicht aus magerem Kies- oder Steinschlagbeton (z. B. 1:9) hergestellt und festgestampft und oben mit einer fetten Zementmörtelschicht 1:1 versehen. Die Straßen sind leicht rein zu halten und leicht befahrbar, aber hart, und bekommen leicht schwer auszubessernde Risse (Ausdehnungsfugen). Die Kosten sind für gewöhnliche Zeiten niedrig.

Risse entstehen im Beton durch Schwinden beim Erstarren unter Abstoßen von Wasser. Um sie zu verhindern, muß das Wasser am schnellen Verdunsten verhindert werden<sup>1)</sup>. — Bei Einkerbungen oder scharfen Ecken setzen die Risse überall da an, wo die Spannungen zuerst und am leichtesten sich auslösen. Bei kalkhaltigem und tonigem Sande, der viel Wasser aufnimmt, werden die Risse stärker. — Risse können auch durch zu geringe Stärke der Betonplatte

<sup>1)</sup> Risse im Beton. Von Geh. Reg.-Rat Prof. M. Garry. Zentralblatt der Bauverwaltung 1917. S. 217.



sowie durch Nachgiebigkeit des Untergrundes entstehen (Verkehrsrisse). Zur Verhinderung wird Einlage sich kreuzender Drähte oder von Streckmetall empfohlen; auch soll man statt einer fetten oberen 2 cm starken Schicht besser einen weniger fetten, jedoch 3—4 cm starken Belag wählen<sup>1)</sup>. — Herstellungsrisse entstehen leicht, wo das Werk eines Tages aufhört, sowie horizontal zwischen magerer und fetter Schicht. Gegen Schwindrisse ordnet man bei großen Flächen Dehnungsfugen an, gegen Treibrisse fortlaufende Zementprüfung, gegen Verkehrsrisse außerdem ausreichende Erhärtung vor Inbetriebsetzung.

Asphaltbetondecken ebenso wie solche aus Pechmakadam, Teermakadam usw. werden hergestellt, indem auf einer festen Unterbettung aus Packlage u. dgl., Steinschlag aus Granit, Kalkstein, Hochofenschlacke u. a., gemischt mit flüssig gemachtem Asphalt, Teer, Pech oder anderen Bitumen, eingewalzt wurde, oder indem man während des Einwalzens diese Stoffe hinzufügte, so daß die Hohlräume zwischen den Steinen möglichst vollständig ausgefüllt wurden. Bei Beständigkeit der bituminösen Stoffe, guten Steinen und sorgfältiger Herstellung erhält man haltbare, ziemlich staubfreie, elastische Straßen, die nicht so glatt wie Stampfasphaltstraßen sind.

Schwierigkeiten bereitet oft der Anschluß der Straßenabdeckung an die Straßenbahnschienen und die Herstellung des Pflasters in der sog. Gleiszone, da durch die auf- und abgehende Bewegung der Schienen beim Befahren viele Pflasterarten stark zu leiden haben oder zerstört werden. Am meisten leidet neben den Schienen Stampfasphalt; auch Schotterdecken bewähren sich in Gleiszonen nicht. Holzpflaster hat sich hier verhältnismäßig gut bewährt, ebenso Reihenpflaster<sup>2)</sup>. Nach Bericht des Stadtbaurats Henneking sind sehr gute Erfolge mit Kupferschlackensteinen auf Pflasterkiesbettung in Magdeburg bei Gleisstreifen erzielt worden (Zentralblatt der Bauverwaltung 1921, Nr. 73, S. 451). Auch außerhalb der äußeren Schienen bilden Kupferschlackensteine den Anschluß an den Stampfasphalt, abwechselnd zwei Läufer zu 24 cm und drei Würfel

<sup>1)</sup> Baumaterialienmarkt vom 13. 11. 16.

<sup>2)</sup> Über die Wahl der gebräuchlichsten Straßendecken und deren Herstellung. Von Stadtbaudirektor Dr. techn. Bernhard. In „Der Straßenbau“ vom 25. Mai 1919. Halle a. S.

zu 16 cm Länge. Die äußeren Steine liegen auf Beton und sind in den Fugen mit Asphaltausgußmasse gedichtet, die Steine an der Schiene auf Kies in Sand gepflastert. Zwischen Betonbett und Betonlangschwelle befindet sich eine mit grobem Kies gefüllte 5 cm breite Entwässerungsfuge für die Gleise. Für die Spurstangen sind die benachbarten Steine unten ausgeklinkt. Eine Gußasphaldfuge bildet den Anschluß der äußeren Pflasterstreifen an den Stampfasphaltbelag. Die Anordnung hat sich seit 1913 gut bewährt, auch in bezug auf gute Schalldämpfung.

Die Befestigung der Fußwege erfolgt durch Sand oder Kies, Schotter, Schlacke, Kopf- oder Kleinsteinpflaster, Mosaikpflaster, Klinker, Platten aus natürlichen oder künstlichen Steinen, Stampfasphaltplatten oder durch Gußasphalt. Fußwegbefestigungen sollen möglichst staubfrei sein, leicht zu reinigen und bei nassem Wetter nicht erweichen. Regenwasser soll einsickern oder durch ein genügendes Gefälle abgeleitet werden. Wegen geringerer Beanspruchung genügen leichtere Decken und schwächerer Unterbau.

Sand- und Kieswege bekommen einen geringen Lehmgehalt, als Unterbettung eine 8–10 cm starke, abgewalzte Schotter-, Ziegelklein- oder Schlackenlage. — Kopfsteinpflaster verwendet man zur Verbindung der Fußwege bei Straßenkreuzungen und bei Zufahrten. Die Unterbettung bildet oft eine Ziegelflachsicht, ebenso bei hoch gestelltem Klinkerpflaster. Die Steine müssen hier besonders widerstandsfähig gegen Abnutzung sein, damit sie nicht zwischen dem stehbleibenden Fugenmörtel ausgehöhlt werden. Eine Prüfung mit dem Sandstrahlgebläse gibt über den Widerstand gegen Abnutzung guten Aufschluß.

Mosaikpflaster aus möglichst würfelförmigen kleinen Steinen gibt für sich allein oder als seitliche Einfassung bei Plattenbelägen, für größere, nicht befahrene Plätze um Denkmäler u. dgl. eine gute Befestigung, der man durch Anordnung von Seiteneinfassungen oder von einfachen

Mustern bei Verwendung verschiedenfarbiger Steine ein ansprechendes Aussehen erteilen kann. In feinem Sande verlegt, bleibt dieses Pflaster auch bei Regenwetter gut begehbar und eignet sich wegen der Möglichkeit des leichten Aufreißen und Wiederherstellens sehr gut zur Unterbringung von städtischen Leitungen unter demselben.

Ein Belag mit größeren Platten von natürlichen Gesteinen ist kostspielig. Granitplatten sind dauerhaft, aber teuer, begehen sich hart und werden leicht glatt. Billigere Platten, z. B. aus Buntsandstein, sind angenehmer zu begehen, treten sich aber leicht aus, so daß das Regenwasser in den Vertiefungen stehenbleibt.

Platten aus künstlichen Steinen bestehen aus geeignetem, meist bis zur Sinterung gebranntem Ton (Sinzig, Mettlach, Großhesselohe usw.), haben meist quadratische Form und werden in der Regel diagonal in Zementmörtel verlegt.

Zement- und Betonplatten sind viel zur Anwendung gekommen und haben sich z. B. in Berlin sehr gut bewährt<sup>1)</sup>. Hier sollen die quadratischen, diagonal zu verlegenden Platten 35 cm Seite haben. Zur Seitenabgrenzung dienen fünfeckige Platten von 50 cm Seite und Höhe. Die Stärke beträgt mindestens 6,5 und höchstens 8 cm. Die Form muß durchweg voll und scharfkantig sein. Herstellung unter einem Druck von 160 kg/qcm. Die Oberfläche soll abgeschliffen sein usw.

Bei Zementabdeckungen und Gußasphalt gilt das bei Fahrbahnabdeckungen Gesagte.

Um zu vermeiden, daß Schwindrisse in der Betonunterbettung sich dem Gußasphalt mitteilen, wird dieselbe nicht in ununterbrochenem Bande unter dem ganzen Fuß-

<sup>1)</sup> Bedingungen für die Prüfung von Bürgersteigplatten. (Kgl. Polizeipräsidium Berlin.) In Mitteilungen des Materialprüfungsamtes 1909. 27. Jahrgang.

weg hergestellt, sondern in 2–3 m langen Abschnitten jedesmal bis zu einer hölzernen begrenzenden Latte oder Eisenschiene. Entstehen dann an diesen Stellen „Arbeitsrisse“, so teilen sie sich wegen der geringen Größe dem elastischen Gußasphalt nicht mit. — Abgrenzung durch hochkantig gestellte schmale Randsteine oder Ziegel gegen Rasen- oder Kiesstreifen (Baumstreifen).

Straßenfahrbahnen wie Fußwege müssen in ordentlichem Zustande erhalten werden. Kleinere, sofortige Ausbesserungen verhüten größere Schäden. Auch eine regelmäßige Reinigung trägt, abgesehen von den Forderungen der Gesundheit der Bewohner, zur Erhaltung eines guten Zustandes der Straßenbefestigungen bei.

## **V. Baustoffe der Wasserversorgung und Entwässerung der Ortschaften.**

### **1. Baustoffe der Wasserversorgung.**

Hier sollen hauptsächlich die Baustoffe besprochen werden, welche zur Herbeileitung und Verteilung des Trink- und Gebrauchswassers dienen, ebenso im nächsten Abschnitt die, welche zur Herstellung der Entwässerungsrohre und -kanäle gebracht werden.

Bei geringem inneren Druck sind Wasserleitungsrohre in holzreichen Gegenden (z. B. Gebirgsdörfern) aus durchbohrten Holzstämmen hergestellt worden, auch aus Ton- bzw. Steinzeugrohren. Bei großem Durchmesser hat man mitunter Eisenbetonrohre angewandt, während für Verteilung des Wassers in den Gebäuden meist Blei- oder Zinkrohre Verwendung finden.

Da die Rohrleitungen meist einen größeren inneren Druck aufzunehmen haben, bildet das Eisen den Hauptbaustoff der Leitungen. Bis zu einem Innendruck von 10 Atmo-

sphären werden meist gußeiserne Muffenrohre verwandt, deren normale Abmessungen von dem Verein deutscher Ingenieure und dem Deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern festgesetzt wurden. Die etwa 1 m betragende Wassergeschwindigkeit soll nicht zu groß sein, damit der innere, meist aus Asphalt bestehende Schutzüberzug gegen Rost nicht angegriffen wird. Lichter Durchmesser 40—1500 mm, Wandstärken 8 bis 34 mm, Nutzlängen 3—5 m. — Für größeren Innendruck verwendet man verstärkte Gußeisenrohre auch mit Flanschverbindungen oder Mannesmannsche, nach dem Schrägwalzverfahren hergestellte Stahlrohre, während für größere Durchmesser bei stark wechselndem Innendruck und bei stattfindenden Erschütterungen schmiedeeiserne Rohre aus Blechen zusammengenietet werden, z. B. für Dücker und Heber.

Gegen Rost schützt man die Rohre meist, indem man sie, auf 150—180° erwärmt, mit metallisch reiner Oberfläche in ein Asphaltbad taucht oder größere Rohre mit einem Asphaltanstrich versieht.

Die Rohre sind frostfrei auf festem Untergrunde zu verlegen. Muffenrohre werden nach Einbringung eines Hanfstrickes mit Blei vergossen und verstemmt. Bei Flanschrohren sind die Schrauben (4—36) so über den Umfang verteilt, daß in die senkrechte Ebene kein Schraubenloch fällt (Dichtung z. B. durch Gummiringe).

Die Wasserleitungsrohre sind sowohl von außen wie von innen den zerstörenden Einflüssen des Wassers und der darin enthaltenen Gase, Salze, Säuren usw. ausgesetzt. Gegen den inneren Angriff kann man gegebenenfalls durch Auswahl des Wassers, der Schutzüberzüge oder der Baustoffe Vorkehrungen treffen. Das zum Genuß als brauchbar ermittelte Wasser soll weder die Leitungen besonders angreifen, noch soll das Wasser durch Auflösung des Lei-

tungsstoffes minderwertig oder unbrauchbar gemacht werden, wie es z. B. bei eisernen Leitungen durch zu großen Eisengehalt, bei Bleileitungen durch giftige Lösungen von Blei oder Bleiverbindungen geschehen kann. Guten Aufschluß über die hier zu beachtenden Verhältnisse geben unter anderem die unten angeführten Quellen<sup>1) 2)</sup>.

Nach Klut haben Wässer, die sich sonst für Trink- und Brauchwasser eignen, nicht selten die Eigenschaft, Metalle und Mörtelmaterialien anzugreifen. So sind z. B. in Breslau, Dessau und Wilhelmshaven Rohrnetze und Speicherbehälter angegriffen worden. Es können dadurch Leitungen undicht und das ganze Mauerwerk von Sammelbehältern gefährdet werden (Frankfurt a. M.).

Sauerstoff. Alle weichen und lufthaltigen Gewässer sowie solche mit unter sieben deutschen Graden Karbonathärte besitzen mehr oder weniger metallangreifende Eigenschaften, je mehr, je höher der Luftsauerstoffgehalt. Mit Luft gesättigtes destilliertes Wasser wirkt auf viele Metalle stark angreifend, besonders bei höherer Temperatur (Warmwasserversorgungs- und Dampfkesselanlagen). — Wasser mit über sieben deutschen Härtegraden (Karbonathärte) bilden auf der Innenwand der Leitung allmählich oft einen feinen Wandbelag von Kalziumkarbonat, der vor weiterem Angriff schützt.

Kohlensäure. Alle Wässer, die freie aggressive Kohlensäure enthalten, greifen Metalle und Mörtelmaterialien an, weiches Wasser mehr als hartes.

Saure Wässer. Alle sauer reagierenden Wässer greifen Metalle und Mörtelstoffe an. — Organische Säuren greifen Leitungen und Dampfkessel an (Huminstoffe, Moorwässer). — Schwefelwasserstoff und Sulfide (Thermalwässer) wirken zerstörend auf das Leitungsmaterial und auf Mörtel. Die meisten Metalle werden durch  $H_2S$  und seine Verbindungen angegriffen. — Geringe Mengen von  $H_2S$  in eisenhaltigen Grundwässern werden durch Belüftung und Belichtung schnell zerstört. — Kieselsäure kann Korrosionen im

<sup>1)</sup> Dr. Hartwig Klut, Mitglied der Landesanstalt für Wasserhygiene, Untersuchung des Wassers an Ort und Stelle. 3. Aufl. 185 S. mit 33 Fig. Berlin 1916, Julius Springer.

<sup>2)</sup> Mitteilungen des Materialprüfungsamtes, Berlin-Lichterfelde 1908: Über den Angriff des Eisens durch Wasser und wässrige Lösungen.

Kessel hervorrufen, besonders bei hohem Gehalt in weichem Wasser.

Chloride. Ein hoher Gehalt an Chloriden begünstigt den Angriff auf Metalle besonders bei weichem Wasser. Höhere Temperatur und höherer Druck begünstigen besonders bei Gegenwart von Magnesiaverbindungen den Angriff im Kessel. — Starker Kochsalzgehalt greift Eisenbeton an.

Nitratreiche Wässer haben bleiauflösende Eigenschaften. — Salpeterhaltiges Wasser greift Dampfkessel sehr an.

Hoher Gipsgehalt ist besonders für Kesselspeisezwecke schädlich. Sie geben sehr festen, schwer zu entfernenden Kesselstein. — Auch für Mörtelstoffe ist hoher Sulfatgehalt schädlich.

Organische Öle und Fette greifen schon in geringen Mengen Metalle an, besonders in Dampfkesseln (Spaltung in freie Fettsäuren; Anfressungen der Kesselwandungen besonders in Höhe des Wasserstandes; starkes Aufschäumen durch Verseifung mit Alkalien). — Unschädlich sind Mineralöle oder -fette, die sich nicht in Fettsäuren zersetzen.

Elektrische und vagabundierende Ströme greifen die Metalle der Rohrleitungen oft stark an.

Mörtelstoffe werden angegriffen oder gelöst durch Wässer mit saurer Reaktion, durch Vorhandensein freier, aggressiver Kohlensäure, von Schwefelwasserstoff oder Sulfiden, Fetten und Ölen, durch hohen Gehalt an Sulfaten und Magnesiaverbindungen (Meerwasser).

Blei. (Hausanschlußleitungen.) Luftfreies Wasser greift Blei nicht an. In lufthaltigem Wasser bildet sich Bleioxyd, das in alkalisch reagierendem Wasser als Bleihydroxyd löslich ist. — Alle nicht alkalisch reagierenden Wässer haben bleilösende Eigenschaften. — Legiertes oder unreines Blei wird vom Wasser weit mehr gelöst als reines Blei. — Bei den gewöhnlichen Bleiröhren beobachtet man in der Regel an den Lötstellen die Anfressungen. Den stärksten Angriff auf Blei hat man beobachtet, wenn Bleirohre mit Sn mangelhaft ausgekleidet waren, oder der Zinnmantel rissig geworden war. — Alle Wässer mit freier, aggressiver, gelöster  $\text{CO}_2$  lösen Blei.

Nach Versuchen von Klut werden alle neuen Bleirohre zunächst von jedem lufthaltigen Wasser je nach dessen chemischer Zusammensetzung mehr oder weniger stark angegriffen. Aus der chemischen Analyse des Wassers läßt sich fast schon immer vorher ersehen, ob ein Wasser dauernd bleilösende Eigenschaften besitzt oder nicht.

— Blei und fast alle seine Verbindungen sind gefährliche Gifte, bei längerer Zufuhr auch schon in geringen Mengen (evtl. 1 mg täglich) (Bleikrankheit)<sup>1)</sup>. — Wasser mit dauernd nicht mehr als 0,3 mg Pb in 1 l ist als unschädlich zu betrachten. — Abfließen lassen stehenden Wassers aus neuen Bleileitungen.

Eisen<sup>2)</sup>. An trockener Luft und in luftfreiem sowie kohlendioxidfreiem Wasser ist Eisen unveränderlich. An feuchter Luft rostet es schnell (Eisenoxydhydratbildung). Der lose Rost „frißt immer weiter“. Das Rosten wird sehr verzögert unter Wasser, in dem wenig Alkali oder alkalisch reagierende Salze gelöst sind. — In Säuren sowie in CO<sub>2</sub>haltigem Wasser löst sich Eisen unter Entwicklung von H (Wiedervereisung von enteisenetem Wasser in Frankfurt a. M. und Wilhelmshaven). Eisenhydroxyd-Ausscheidungen bei Luftzutritt. — Durch alkalisch reagierende Flüssigkeiten (Natronlauge, gelöschter Kalk) findet kein Angriff statt, sondern im Gegenteil Entrostung.

Die Wirkung des O in neutralem Wasser setzt nur da ein, wo Eisen durch Beschädigung des Schutzanstrichs freigelegt wurde. — Die Teerasphaltierung der Rohre bildet gegen freie Säure keinen genügenden Schutz. — Die Wirkung der CO<sub>2</sub> ohne O ist eine eisenlösende, keine rosterzeugende. — Die Wirkung von CO<sub>2</sub> und O verbindet die Vorgänge der Lösung und Rostung. Pilzbildungen und Trübungen stellen sich ein. Die Lösung nimmt mit abnehmendem O-Gehalt zu. — Nach E. Heyn und O. Bauer greift destilliertes Wasser bei Gegenwart von freiem O Eisen erheblich stärker an als die meisten gewöhnlichen Leitungswässer. Hoher Gehalt an Chloriden, Nitraten und Sulfaten, besonders in karbonatarmen Wässern, begünstigt das Rosten des Eisens.

Kupfer. Es wird nur vereinzelt zu Kaltwasserleitungen verwendet, häufiger wegen seiner Dehnbarkeit zu Warmwasserleitungen, ebenso als Rohrbrunnenmaterial bei aggressiven Wässern, und reines Kupfer zu Speiseleitungen von Dampfkesseln. Bei gewöhnlicher Temperatur ist es trockener sowie feuchter, kohlendioxidfreier Luft gegenüber sehr widerstandsfähig. Mit CO<sub>2</sub>, Luft und Wasser in Berührung, läuft es schwarzgrau, dann blaugrün an. — Bei genügendem Luftzutritt wird Cu von Mineralsäuren, auch von organischen

<sup>1)</sup> Versuche über das Verhalten von technischem Zink und Blei gegenüber Wasser, wässrigen Salzlösungen, Gips, Zement und verschiedenen Mörtelgemischen. Von Prof. O. Bauer und Dipl.-Ing. E. Wetzel. M. d. M. 1916.

<sup>2)</sup> Zersetzungserscheinungen an Gußeisen. Von Prof. O. Bauer und Dipl.-Ing. E. Wetzel. M. d. M. 1916.



Säuren, wie Essigsäure, Kohlensäure usw., gelöst. — Sodalösung und Alkalilauge greifen bei gewöhnlicher Temperatur Kupfer wenig oder gar nicht an; von Ammoniak wird es bei Gegenwart von Luftsauerstoff zu Kupferoxydammoniak gelöst, von Kalkwasser angegriffen. Sulfide und  $H_2S$  greifen Cu nur bei Gegenwart von Luftsauerstoff stark an. Angegriffen bzw. gelöst wird es bei Gegenwart von Wässern mit hohem Gehalt an Chloriden und Nitraten, von weichen Wässern, besonders von destilliertem Wasser, von Wässern mit aggressiver  $CO_2$ . — Die Angriffe sind um so geringer, je reiner das Cu ist. Cu-haltiges Trinkwasser hat einen unangenehmen Nachgeschmack; gesundheitliche Schädigungen sind jedoch nicht bekannt geworden.

Zink. Es findet für Wasserleitungszwecke viel Verwendung, sowohl als Rostschutzmittel für Eisenrohre (verzinkte oder galvanisierte Rohre) wie als reines Zinkrohr für Hausleitungen (Hohenlohe-Werke A.-G. in Hohenlohe-Hütte O.-S.; z. Z. ist die Anfertigung eingestellt). — Zn, an trockener Luft glänzend, überzieht sich an feuchter Luft mit einer matten Haut von Hydroxyd und Karbonat. — Zn wird von allen Säuren gelöst, ebenso von Laugen, angegriffen auch von sodahaltigem Wasser, gelöst in luftfreiem, kohlenstoffhaltigem Wasser unter Entwicklung von  $H$ , stark angegriffen von Wässern mit hohem Gehalt an Chloriden, von lufthaltigem, besonders weichem Wasser, gelöst von Wasser mit aggressiver  $CO_2$ . — Aus Messingrohren wird Zn allmählich durch Wasser herausgelöst. Auch Zn ist um so widerstandsfähiger, je reiner es ist. — Zn gehört zu den verhältnismäßig wenig giftigen Metallen.

Zinn. Es ist für Wasserleitungszwecke, besonders für Installationen, gut geeignet, abgesehen von seinem hohen Preise auch in gewöhnlichen Zeiten. Bewährt hat es sich als Innenmantel für Bleirohre (Dresden, Wilhelmshaven. — Innenmantelrohre). Viel benutzt wird es zum Verzinnen anderer Metalle. Nicht bewährt haben sich im allgemeinen verzinnte Bleirohre, ebenso nicht für Dampfleitungen verzinnte Eisenrohre (chemische Umwandlung und Loslösung der Verzinnung unter Einwirkung des Dampfes).

Zinn ist beständig in trockener und feuchter Luft (erst nach längerer Zeit Überzug mit feiner Oxydschicht), gegen organische Säuren (Essigsäure), Alkalien, Wasser mit aggressiver  $CO_2$ . — Kaum angegriffen wird es von lufthaltigem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur, etwas mehr von heißem Wasser, ebenso von Wasser mit sehr hohem Gehalt an Chloriden (Seewasser). — Aufgelöst wird Sn von Mineralsäuren, nicht unerheblich von organischen Säuren bei Luftzutritt, langsam durch Alkalilauge.

Um praktisch Metalle und Mörtelstoffe nicht anzugreifen, sollen die Wässer folgende Eigenschaften haben: vorübergehende (Karbonat-) Härte am besten nicht unter 7 deut. Graden, luftsauerstoffarm besonders bei geringem Karbonatgehalt, nicht großen Gehalt an Chloriden, Nitraten und Sulfaten, Freisein von aggressiver  $\text{CO}_2$ , keine saure Reaktion, möglichste Abwesenheit von (organischen) Fetten und Ölen, besonders bei Wasserleitungen und Kesselspeisewässern, möglichste Fernhaltung von elektrischen und vagabundierenden Strömen vom Wasserleitungsnetz.

Schutzmaßnahmen: Zentrale Behandlung von Wässern mit angreifenden Eigenschaften, bevor sie in die Leitungen, bei Warmwasserversorgungen und Dampfkesselanlagen, bevor sie in die Speichergefäße und Kessel gelangen. — Ablauflassen des Wassers, das längere Zeit (z. B. über Nacht bei Bleirohren) in der Leitung gestanden hat, bei karbonatarmem, lufthaltigem Wasser auch aus verzinkten und asphaltierten, eisernen Rohren, bis das Wasser klar aussieht. — Hohen Luftsauerstoffgehalt, freie  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  usw. entfernt man durch Vakuumberieselung, bei Dampfkesselanlagen durch Vorwärmung; Überziehen des Innern von Speichergefäßen bei Warmwasserversorgungsanlagen mit hitze- und wasserbeständigem Lack (Brauerei-Eisenglasur von Heyn & Mauthe, Berlin-Tempelhof); Verwendung von Kolbenpumpen (nicht von Injektoren) zum Kesselspeisen. — Entfernung aggressiver  $\text{CO}_2$  bei Wässern mit geringer Karbonathärte durch Chemikalien (Natronlauge, Soda, Marmor, Kalkwasser); bei höherer Karbonathärte durch Regnung oder Rieselung. — Freie Mineralsäuren werden durch Kalkwasser, Soda, Natronlauge usw. gebunden; organische Säuren (bei Moorwässern) durch Aluminiumsulfat, Eisensulfat mit Kalk, Kaliumpermanganat, bei Kesselspeisewasser meist durch

Soda. — Durch Belüftung entfernt man  $H_2S$  und Sulfide; Fette und Öle durch Ölabscheider.

Für Brunnenrohre gegen angreifendes Wasser verwendet man widerstandsfähige Stoffe wie Asphalt, Drahtglas, Holz, Steinzeug, gesinterten Ton, emailliertes Eisen; bei luftfreiem Grundwasser reines Kupfer.

Schutzanstriche (Asphaltlack, Asphaltteer, Inertol, Siderosthen u. dgl.) müssen festhaftend, luft- und wasserdicht, widerstandsfähig, nicht erweichend, auf Wasser ohne Einfluß sein. — Sie sind alle nie durchaus vollkommen und nicht von unbegrenzter Dauer.

Bei der Durchführung von Zink- und Bleirohren durch Mauern oder massive Decken oder bei sonstiger Berührung mit Mauerwerk oder Beton ist nach den Versuchen des Materialprüfungsamtes zu beachten, daß Zink und Blei von Zement ohne Sandzusatz stark angegriffen werden, daß der Angriff aber mit steigendem Sandzusatz abnimmt. Zink wird sehr stark angegriffen durch Gips und Gipsandmörtel, nur schwach durch Kalksandmörtel, sehr schwach durch Kalksandmörtel mit Gipszusatz sowie durch verlängerten Zementmörtel. Blei dagegen wird stark angegriffen durch verlängerten Zementmörtel und sehr stark durch Kalksandmörtel und Kalksandmörtel mit Gipszusatz, nur sehr schwach durch Gips- und Gipsandmörtel. — Zinkrohre sind daher in Kalksandmörtel oder Zementkalksandmörtel, Bleirohre hingegen möglichst in Gips- oder Gipsandmörtel zu verlegen. Bedacht zu nehmen ist auf schnelle Trockenlegung und, wenn möglich, dauernde Trockenhaltung der umgebenden Mörtelschichten.

Gußeiserne Rohre sowie die zugehörigen Formstücke sollen aus grauem Roheisen hergestellt werden. Seine Festigkeit soll so groß sein, daß nachstehende Mindestwerte erreicht werden:

Bei	Biegungs- festigkeit kg/qmm	Durch- biegung mm
a) Muffenrohre . . . . .	26	6
b) Flanschenrohre aus gewöhnlichem Gußeisen . . . . .	26	6
c) Flanschenrohre aus Gußeisen von hoher Festigkeit . . . . .	34	10

(Probestab von 30 mm Durchmesser mit 600 mm Länge zwischen den Stützpunkten und Einzellast in der Mitte.)

Die geraden Röhre sollen stehend gegossen werden. Prüfung auf 20 Atmosphären Wasserdruck während 0,5 bis 1 Minute. Vor Aufbringung des Asphaltanstrichs sind die Röhre auf 150° zu erwärmen. Die Asphaltmasse darf keine wasserlöslichen Teile enthalten und muß frei sein von Bestandteilen, die dem Wasser irgendwelchen Geschmack geben könnten. Sie muß nach dem Streichen trocken sein, auf dem Rohr gut haften und darf weder abblättern noch kleben.

## 2. Baustoffe der Entwässerung.

Die Entwässerung der Ortschaften in unterirdischen Kanälen erfolgt meist als „Schwemmkanalisation“, wobei die Kanäle zugleich Brauch-, Spülabort- und Niederschlagswasser abführen, seltener nach dem „Trennverfahren“, bei welchem die Niederschläge durch besondere Kanäle abgeführt werden. — Baustoff und Konstruktion müssen äußeren und inneren Angriffen jeder Art Widerstand leisten; Querschnitt und Gefälle sind so zu bestimmen, daß auch die größten Wassermengen, gegebenenfalls mit Hilfe von Notauslässen, abgeführt werden, daß bei Trockenwetter die Sinkstoffe nicht liegen bleiben, daß andererseits die Geschwindigkeit des fließenden Wassers nicht so groß wird, daß durch mitgeführten Sand u. dgl. die Sohle zu sehr

abgeschliffen wird. Den Kanälen schädliche Stoffe (Säuren, zu heiße Abwässer) dürfen erst nach genügender Verdünnung bzw. Abkühlung denselben zugeführt werden.

Die Kanalwandungen müssen dicht und im Innern möglichst glatt sein. Der Querschnitt ist meist kreis- oder eiförmig, für große Abmessungen oft maul- oder haubenförmig, im letzteren Falle oft mit besonderer Rinne für den Trockenwetterabfluß und mit seitlichen, begehbaren Banketten für Untersuchungs- und Reinigungszwecke. Die Kreisform besitzt im Verhältnis zum Umfang den größten Querschnitt. Sie eignet sich für Rohre aus gebranntem Ton,

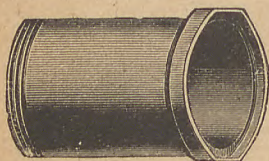


Fig. 1. Steinzeugrohr.

(Deutsche Steinzeugwarenfabrik, Friedrichsfeld in Baden.)

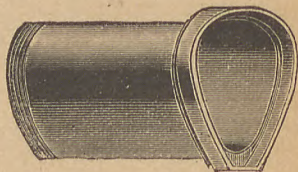


Fig. 2. Eiförmiges Steinzeugrohr.

Beton, Eisenbeton und Eisen. Das Eiprofil hält bei Trockenwetter auch geringe Schmutzwassermengen zusammen und verhindert dadurch möglichst eine Ablagerung der Sinkstoffe.

Ton- bzw. Steinzeugrohre, bis zur Sinterung gebrannt und beiderseits mit einer gut deckenden Salzglasur versehen, eignen sich ganz vorzüglich für Kanalisationszwecke. Sie sind meist kreisförmig (Fig. 1). Eiförmige Tonrohre ( $^{300}/_{200}$  mm bis  $^{750}/_{500}$  mm) sind schwierig ganz gerade herzustellen (Fig. 2), ebenso solche von elliptischer Form. Tonrohre sind sehr sorgfältig aus ausgewähltem Rohstoff herzustellen. Schon der Scherben ohne Glasur soll wasserdicht sein. Die Glätte der Glasur verhindert oder erschwert Ablagerungen. Die Masse muß dicht und gleich-

mäßig, hart und fest sein, die Glasur lückenlos und säurefest und fest am Scherben haftend. Durch Einwirkung von Salzsäuredämpfen unter einer Glasglocke darf nicht bald ein bunter Farbenschimmer (Irisieren) oder ein weißer, leicht abwischbarer Beschlag auf der Glasur sich bilden. Masse wie Glasur müssen wetterbeständig sein, die Form regelmäßig, die Wandstärke gleichmäßig. Die Muffen müssen mit dem Rohr in einem Stück gepreßt sein; sie dürfen nicht nachträglich angesetzt werden. Ihre Innenseite wie die Außenseite der Schwanzenden müssen mit Rillen von dreieckigem Querschnitt versehen sein, damit in dem 20–30 mm

weiten, 60–80 mm tiefen Zwischenraum die Dichtungsmasse gut haftet. Die Baulänge beträgt etwa 0,6–1,0 m. Die Weiten gehen von 50 mm bis etwa 600 mm, auch bis 1000 mm. Zur Ein-

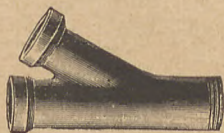


Fig. 3. Abzweigrohr  
(spitzwinklig).

Fig. 4. Bogenrohr.

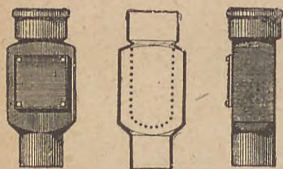
(Deutsche Steinzeugwarenfabrik, Friedrichsfeld in Baden.)

mündung von Seitenzuflüssen dienen besondere Abzweigrohre (Fig. 3 und 4): Bogenrohre, Gabelrohre, Stutzrohre, Hosenrohre, Knierohre usw. Beim Verlegen wird das Muffenende dem Gefälle entgegengerichtet. Die Dichtung geschieht durch Einstemmen einer 2–3 cm starken Lage von geteertem Hanfstrick, darüber mit Ton, Zementmörtel oder heute meist und besser mit flüssig gemachter bituminöser Tonrohrausgußmasse (mit Bitumen aus Asphalt, asphaltigem Erdölbitumen oder präpariertem Teer). Ton wird in der Trockenheit bröckelig und undicht; Zementmörtel ist zu starr, so daß bei geringer Nachgiebigkeit des Untergrundes leicht Rohrbrüche eintreten.

Gußeiserne Rohre werden für Hausentwässerungen im Innern der Gebäude sowie für die Anschlüsse der Regen-

rohre (Fig. 5) nach den Normalien des Verbandes Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine vom Jahre 1903 angefertigt oder nach der Ministerialverfügung vom 28. Juli 1912 meist in Baulängen bis zu 3,0 m.

Zementbetonrohre bzw. -kanäle aus Stampfbeton sind zwar in bezug auf Widerstandsfähigkeit gegen chemische und physikalische Einflüsse den erstklassigen Steinzeugrohren, z. B. aus Friedrichsfelde in Baden, nicht ebenbürtig, erfüllen aber namentlich in mittleren und kleineren Orten bei sorgfältiger Herstellung und guten Stoffen vollkommen



ihren Zweck und sind hier, wenn es sich nicht um außerordentliche Beanspruchungen handelt, auch die Grundwasserverhältnisse z. B. nicht einen Angriff des Betons befürchten lassen wie bei gewissen Moorwässern, um so mehr am Platze, als sie sich, wenigstens vor dem Kriege, um ein

Fig. 5. Regenrohranschluß mit Schmutzfänger.

(Michelbacher Hütte A. Passavant, Michelbach, Nassau.)

ganz Teil billiger gestellt haben als Steinzeugrohre. Betonrohre kleinerer und mittlerer Abmessungen werden in der Fabrik in eisernen Formen hergestellt, während solche von großen Abmessungen in der Baugrube zwischen hölzernen Schalungen gestampft werden. Auch diese Rohre müssen gerade, fehlerfrei und dicht sein. Die Dichtigkeit wird durch einen fetteren, abgeglätteten Zementmörtelüberzug erhöht. Sie müssen völlig rissfrei sein. Risse bilden sich oft durch zu frühes oder zu spätes Entformen. Seitliche Muffen für Anschlüsse läßt man möglichst wenig hervortreten. Die Rohre müssen vor der Verwendung unter Feuchthalten genügend erhärtet sein, mindestens acht Wochen.

Die Längsverbindung geschieht durch 15—60 mm tiefe, etwas zugeschrägte Falze, die mit Zementmörtel 1:1 gut ausgefüllt und

innen und außen sauber verstrichen werden. Eiprofile sind leicht anwendbar. Verstärkungen sowohl am Scheitel wie an den Widerlagern oder der Sohle lassen sich leicht ausführen. Letztere wird oft eben hergestellt, wodurch ein besseres Auflager und eine gute Druckübertragung auf den Untergrund erzielt wird. Oft verwendet man besonders hergestellte Sohlstücke aus Stampfbeton, die zur Entwässerung des Untergrundes mit Abflüßrinnen versehen sein können, auch mit eingelegten, auf der Unterseite mit Rippen versehenen Steinzeugschalen, wo man den Beton gegen Säuren oder

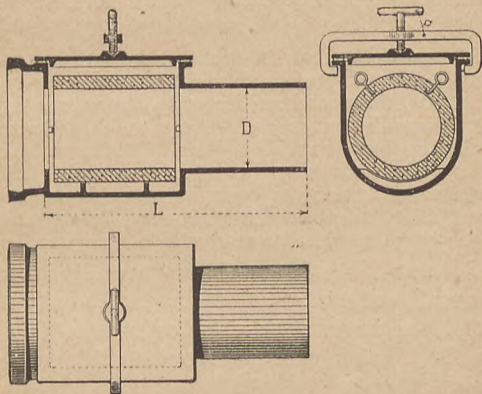


Fig. 6. Prüfrohr „System Barth“ D. R. P. (Michelbacher Hütte, A. Passavant, Michelbach i. N.)

mechanische Angriffe von Sand schützen will. Solche Sohlstücke, ebenso hohle Sohlstücke ganz aus Steinzeug, werden auch bei aus Ziegelmauerwerk hergestellten Kanälen oft benutzt. — Unter gewöhnlichen Umständen werden die inneren Betonwandungen der Kanäle von der genügend verdünnten Kanaljauche nicht angegriffen; es bildet schon die sich meist absetzende sog. „Sielhaut“ einen gewissen Schutz. Sonst überzieht man die Wandungen auch mit einer Asphalttschicht. Durch Ortsstatut ist dafür zu sorgen, daß von Fabriken u. dgl. schädliche Stoffe dem Kanal nur in genügend verdünnter Form zugeführt werden. Durch Einbau von Prüfrohren (Fig. 6), (hergestellt von der „Michelbacher Hütte, A. Passavant“)



kann man eine gute Kontrolle ausüben und die Zuwiderhandelnden ersatzpflichtig machen<sup>1)</sup>.

Besonders gefährlich kann Betonkanälen die Gegenwart von Schwefelsäure oder schwefelsaurer Salze im Sickerwasser oder Grundwasser werden. Namentlich Moorwässer enthalten oft die genannten Stoffe (durch Zersetzung des vorhandenen Sulfid und Pyrit), durch die Zementmörtel oder Zementbeton unter Bildung des schmierigen Kalziumsulfoaluminats (Zementbazillus von Dr. Michaelis) zerstört werden.

Als Schutzmittel schlägt Dr.-Ing. h. c. Bredtschneider vor: Verhinderung des Eindringens solcher Wasser in das Bauwerk durch Umhüllung mit übereinandergeklebter Asphaltpappe, Verwendung von sehr fetten Mischungen; wirksamer wohl Klinkermauerwerk mit sehr fettem Zementmörtel<sup>2)</sup>. — Dr. H. Nitsche schlägt vor die Verwendung von kalkarmem Hochofenzement oder Erzzement<sup>3)</sup>. Ferner werden vorgeschlagen: Erzzement, Zuschläge von Traß oder schnell gekühlter, gemahlener Hochofenschlacke zum Mörtel oder Beton, hochgepigste Hochofenzemente besonderer Fertigung<sup>4)</sup>.

Kanäle aus Eisenbeton sind mit großem Durchmesser und dünnen Wandstärken ausgeführt (z. B. von 9 cm Wandstärke bei 3 m innerem Durchmesser). Die Stöße werden dann meist durch umgelegte Eisenbetonbänder gedichtet und gesichert.

Aus hartgebrannten Ziegeln bzw. Klinkern werden größere Kanäle verschiedenen Querschnitts hergestellt. Die Ziegel müssen von vorzüglicher Beschaffenheit sein, wetterbeständig, frostsicher, dicht, von gleicher Beschaffenheit, von tadelloser Form. Die Innenflächen der Kanäle werden aus Klinkern hergestellt. Gewölbe und gewölbte Seiten-

<sup>1)</sup> Ein Beitrag zur Wirtschaftlichkeit der Betonware beim Bau von Städtekanalisationen. Von Dipl.-Ing. Endris. In „Die Städtereinigung“. Göttingen, März 1917.

<sup>2)</sup> Beschädigungen von Bauwerken durch Grundwasser und Sickerwasser. Von Stadtbaurat Bredtschneider in Charlottenburg. Zentralblatt der Bauverwaltung 1917. S. 104.

<sup>3)</sup> Zentralblatt der Bauverwaltung 1917, S. 215.

<sup>4)</sup> Zentralblatt der Bauverwaltung 1917, S. 252.

wandungen werden in Ringen gemauert. Die Fugen der Innenflächen werden 1—1,5 cm tief ausgekratzt und mit Zementmörtel 1:1 bis 1:1½ sauber verfügt.

Bei Kanalverbindungen müssen die Querschnitte allmählich ineinander übergeführt werden. Die sich an der Sohle hierbei ergebenden auslaufenden Zungen werden oft aus Haustein hergestellt. An den Zusammenführungsstellen werden auch in der Regel Einsteigeschächte angeordnet, die in nicht begehbaren Kanälen 60—120, in begehbaren 150—200 m voneinander entfernt sind und Untersuchungs- oder Reinigungszwecken dienen. Sie stützen sich auf die Widerlager der Kanäle oder auf Gurtbögen, erhalten kreisförmigen Querschnitt und werden aus Ziegelmauerwerk unter Verwendung von Keilsteinen oder aus übereinandergesetzten Betontrommeln, nach oben sich verjüngend, hergestellt. Die gußeisernen Schachtdeckel besitzen eine kreisförmige Einsteigeöffnung von 50—65 cm Durchmesser. Ihre äußere Form ist bei Pflasterstraßen quadratisch, bei Asphaltabdeckungen usw. auch rund. In Fahrbahnen sind die Abdeckungen genügend stark herzustellen. Sie erhalten hier für ihre Rahmen ein besonderes kleines Fundament, so daß die Raddrücke nicht in schädlicher Weise auf die Schächte übertragen werden können. Gegen Ausgleiten der Pferde werden die einzelnen Felder des Deckels mit Hartholzklötzen (Fig. 7), auch mit Asphalt gefüllt. An einer Senkrechten oder möglichst steilen Seite des Schachtes

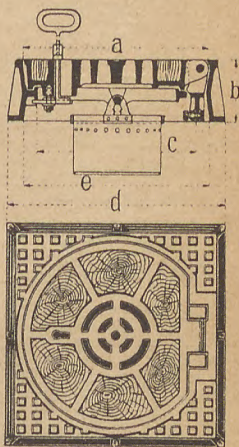


Fig. 7. Schachtdeckelung „Patent Passavant“ mit um 180° umlegbarem Deckel. (Michelbacher Hütte, A. Passavant, Michelbach i. N.)

sind in zwei 0,40–0,50 m von Mitte zu Mitte voneinander entfernten Reihen in Höhenabständen von 0,30 m guß- oder schmiedeeiserne Steigeisen (Fig. 8) oder Steigkästen (Fig. 9) eingemauert, die zum Schutz gegen Rost mit Asphaltlack überzogen sind.

Sinkkästen sind eingeschaltet am Ende der Hausentwässerung, ebenso unter den Regeneinläufen in den Rinn-

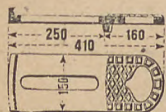


Fig. 8. Steigeisen.  
(Buderussche Eisenwerke, Abt. Carlshütte, Staffel a. d. Lahn.)

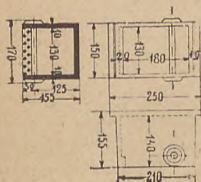


Fig. 9. Steigkasten.  
(Buderussche Eisenwerke, Abt. Carlshütte, Staffel a. d. Lahn.)

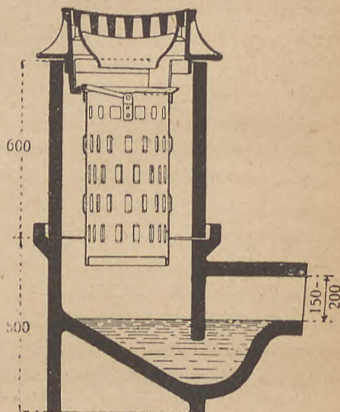


Fig. 10. Schwemmsinkkasten „System Passavant“. (Deutsche Steinzeugwarenfabrik, Friedrichsfeld in Baden.)

steinen, um Sand und gröbere Unreinigkeiten von den Kanälen fernzuhalten, was am besten durch eingehängte durchlochte oder geschlitzte Eimer geschieht (Trockenschlammgewinnung; Fig. 10). Zuweilen müssen Kellersinkkästen mit einem Verschuß gegen Eindringen von Rückstauwasser in die Gebäude versehen werden. Oft erhalten die Sinkkästen einen siphonartigen Geruchverschuß (Fig. 11). Sie werden aus Eisen, Beton oder Steinzeug, auch aus Mauerwerk (Berlin) hergestellt. Am besten sind

die einfachsten Konstruktionen, die leicht zugänglich und leicht zu reinigen sind und sich zu mäßigem Preise herstellen lassen, wie z. B. der Schwemmsinkkasten „System Passavant“ mit direktem Abgang. Die Straßeneinläufe befinden sich in der Bordsteinkante oder meist in der Rinnsteinsohle, wo sie durch genügend starke und für die Pferde ohne Gefahr betretbare Roste abgedeckt sind.

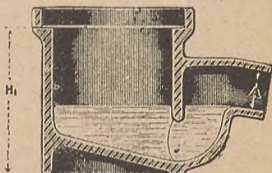


Fig. 11. Geruchverschluss für Straßensinkkasten. (Deutsche Steinzeugwarenfabrik, Friedrichsfeld in Baden.)

Da die Kanäle nicht so weit gebaut werden können, daß sie auch die allergrößten, selten vorkommenden Regenwassermengen aufnehmen können, so werden Regenüberfallschwelle in ihnen angeordnet, über welche das Wasser bei etwa fünf-facher Verdünnung durch einen Notauslaß unmittelbar dem Fluß oder sonstigen Vorfluter zugeführt wird. Bei sehr wechselndem Wasserstande des letzteren wird die Überfallschwelle auch mit einem Dammbalkenwehr aus kleinen Eisenplatten versehen.

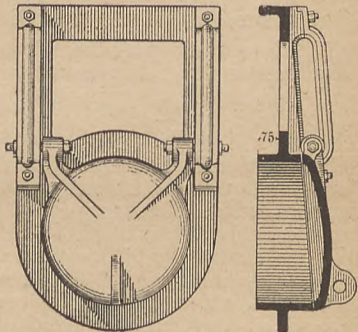


Fig. 12. Verschiebbare Spülklappen „System Fried“. (Michelbacher Hütte, A. Passavant. ⚡ Michelbach i. N.)

Zur Reinigung der Kanäle wird Spülwasser aus der Wasserleitung u. dgl. eingelassen oder das Kanalwasser durch Klappen (Fig. 12), Schieber oder Türen aufgestaut und dann plötzlich freigegeben.

Meist muß das Kanalwasser, ehe es einem öffentlichen Gewässer zugeführt werden darf, gereinigt werden, was durch Berieselung,

Filterung, durch biologisches oder Oxydationsverfahren, durch mechanische Klärung (durch Filter, Rechen, Siebe, Schlamm- und Sandfänge) oder durch chemisch-mechanische Klärung (Zusatz von Ätzkalk, Eisensalzen, schwefelsaurer Tonerde) geschehen kann.

## VI. Baustoffe des Eisenbahnbaues.

### 1. Baustoffe des Oberbaues.

#### a) Baustoffe der Schienen.

In Deutschland bildet die Breitfußschiene die Regel. Die Schienen werden hauptsächlich aus Thomas-Stahl zu 60 m langen Schienenstäben ausgewalzt, in noch rotwarmem Zustande in Stücke der gewünschten Längen geschnitten, die dann, sich selbst überlassen, erkalten. In kaltem Zustande werden die Schienen gerade gerichtet, die Stirnflächen glatt gefräst, die Löcher gebohrt, die bei der Bearbeitung entstehenden Grate entfernt und die scharfen Kanten der bearbeiteten Stirnflächen gebrochen.

Die Lieferbedingungen erstrecken sich auf Stoffeigenschaften, Genauigkeitsgrad der Abmessungen und äußere Beschaffenheit. —

Die Mindestzugfestigkeit soll in der Regel zwischen 50 und 75 kg/qmm liegen. — Druckproben bilden einen teilweisen Ersatz für die Zerreißproben. Bei den Preußisch-Hessischen Staatsbahnen sollte die Eindrucktiefe einer 9 mm starken Stahlkugel unter 50 t Druck nicht mehr als 5,5 mm und nicht weniger als 3,5 mm betragen. — Bei Schlagversuchen wird ein auf zwei Stützen ruhendes Schienenstück durch die Schlagwirkungen eines frei herabfallenden Bären in der Mitte zwischen den Stützen bleibend durchgebogen. Bei den Preußisch-Hessischen Bahnen sollte dabei bei beliebiger Schlagarbeit die Biegung ohne Ribbildung oder Bruch der Schienen ein vorgeschriebenes Maß erreichen.

Bei der Belastungsprobe wird ein an beiden Enden gestütztes Schienenstück in der Mitte so belastet, daß in den äußern Fasern eine Spannung entsteht, die entweder der verlangten Elastizitätsgrenze oder der verlangten Bruchfestigkeit entspricht. Im ersten Falle darf keine bleibende Durchbiegung, im zweiten Falle kein Bruch eintreten. — Die Belastung gibt keinen Aufschluß über die Zähigkeit.

Die Zulassung von Abweichungen von den Maßen der Zeichnung beträgt meist 0,5 mm in der Höhe der Schiene und in der Breite des Kopfes, 1 mm in der Breite des Fußes, 3<sup>o</sup>/<sub>o</sub> im Gewicht, 2—3 mm in der Länge.

Die Walzflächen sollen glatt sein und keine Fehler aufweisen. Die bearbeiteten Flächen sollen glatt, die entstandenen Grate entfernt sein. Ferner sollen die Schienen gerade und namentlich an den Enden nicht verwunden sein.

Die in den Blöcken vorhandenen Blasen und sonstigen Hohlräume erscheinen nach dem Walzen in der fertigen Schiene als senkrecht liegende Längsspalten, die sich vom Kopf durch den Steg bis zum Fuße auf größere Länge erstrecken können, ohne an der Oberfläche sichtbar zu sein. Sie machen sich nur an den Stirnflächen als feine, senkrechte Linien bemerkbar; nach Beginn der Abnutzung des Schienenkopfes kommen sie aber als Längsrisse zum Vorschein.

Laschen: Längere Walzstäbe vom Querschnitt der Laschen werden in kaltem Zustande in Stücke von Laschenlänge geschnitten. Hierauf erfolgt die Herstellung der Löcher und Klinken durch Ausstoßen ohne Vorwärmung der Laschen. Meist ist Flußeisen von 38—50 kg/qmm Zerreißfestigkeit vorgeschrieben, selten Schweißeisen oder Stahl. — Die Preußisch-Hessischen Staatsbahnen verlangten ein Eisen, das in kaltem Zustande an der fertigen Lasche ohne Ribbildung auf 420 mm Stützweite eine bleibende Durchbiegung von 6 mm bei Krempellaschen, von 10 mm bei Flachlaschen zuläßt. Die Klinken sollen sich ohne Ribbildung um 2 mm aufbiegen lassen. — Genauigkeit der Abmessungen, namentlich auch der Laschenneigung ist erforderlich.

Herzstücke werden entweder unter nachfolgender Bearbeitung der Laschenkammern in einem Stück gegossen, oder unter Verwendung von gegossenen, geschmiedeten oder aus Schienenstücken herausgearbeiteten Spitzen aus Schie-

nenstücken zusammengesetzt. Die Spurrinnen werden durch Einlegen von meist gußeisernen Futterstützen gebildet.

Man sucht Stahl zu gewinnen, der namentlich im Außenstrange der Gleisbogen und in Herzstücken widerstandsfähiger gegen Abnutzung ist. — Versuche mit Stahlmischungen mit Zusatz von Chrom, Si, Ni, Mn haben schon Erfolge gezeitigt. Die Fahrflächen der Herzstücksspitzen und Flügelschienen sind zu diesem Zwecke auch mit gutem Erfolge gehärtet worden.

### b) Baustoffe der Schwellen.

Der Querschwellenoberbau ist am meisten verbreitet. Stuhlschienenoberbau ist in Deutschland nur versuchsweise eingeführt und wird z. B. in nassen Tunneln angewandt. Einzelunterlagen (Steinwürfel) werden bei Gleisen in Entseuchungsanstalten und auf den Mauern der Reinigungs- und Löschgruben angewandt, während der Längsschwellenoberbau sich nicht bewährt hat und wieder aufgegeben worden ist.

Eiserne Querschwellen werden aus weichem Flußeisen, aber auch aus Stahl mit bis zu 60 kg/qmm Festigkeit wie die Eisenbahnschienen gewalzt, mit der Warmsäge auf Länge geschnitten, noch in der Walzhitze unter einer Presse an den Enden umgebogen, gekappt (gleichzeitig nötigenfalls die Neigung für die Schienenaufleger eingedrückt). Nach Erkalten erfolgt das Einstanzen der Löcher, Beseitigung der Grate und das Richten der krummen und windschiefen Schwellen.

Bei der Biegeprobe wird ein etwa 1 m langes Schwellenstück kalt zunächst mit leichten Schlägen flach geschlagen und dann in der Längsrichtung so über den Rücken, ohne Bruch oder Mängel zu zeigen, zusammengebogen, daß die Enden sich berühren. Der Durchmesser des Biegungskreises soll  $\cong 75$  mm sein. Außerdem wird die Zähigkeit, die Richtung, die Genauigkeit der Maße der

Lochung und der Maße von Außenrand zu Außenrand der Lochung sowie das Durchschnittsgewicht geprüft.

Ähnliche Prüfungen werden mit dem Kleineisenzeug vorgenommen (Unterlagsplatten, Klemmplatten, Hakenplatten, -Schienenstühle, Gleitstühle).

Oberbauschrauben werden aus Schweißisen oder weichem Flußeisen hergestellt. Der Kopf wird durch Einpressen des an einem Ende rotglühend gemachten Rundstabstückes in eine Hohlform hergestellt. Der Grat wird entfernt. Das Gewinde wird kalt eingeschnitten, bei Schwelenschrauben meist in den in einer neuen Hitze in Rotglut versetzten Schaft eingewalzt. Zerreißfestigkeit  $\cong 35 \text{ kg/qmm}$ , Dehnung  $15\%$ <sup>1)</sup>.

Hölzerne Querschwellen. In Deutschland liegen etwa  $33\%$  der Staatsbahnen auf eisernen Schwellen, der Rest auf hölzernen. Zwischen Schiene und Schwelle ist eine eiserne Unterlagsplatte eingeschaltet, durch welche zugleich die Schienenneigung (1 : 20) hergestellt und die Haltbarkeit der Holzschwelle erhöht wird. Die Befestigung der Schienen geschieht bei eisernen Schwellen durch Klemmplatten und Hakenschrauben oder durch Spurplättchen und Klemmplattenschrauben, bei hölzernen (früher durch Schienen- oder Hakennägel) durch Klemmplatten und Schwellenschrauben. Weichholzschwellen werden heute viel zur Erhöhung der Haltbarkeit verdübelt (nach Collet), wobei aus getrocknetem und mit Kreosot getränktem Weißbuchenholz gedrechselte Dübel in die Schwelle eingeschraubt und in diese dann erst die Schwellenschrauben eingedreht werden. Zugleich wird der Widerstand der Befestigungsmittel gegen Lockern, Herausreißen und Umbiegen sehr erhöht.

Die Angaben über die mittlere Dauer derselben schwanken in folgenden Grenzen:

<sup>1)</sup> Die Eisenbahntechnik der Gegenwart. Von Dr.-Ing. Barkhausen. 5. Bd. Lagervorräte, Bau- und Betriebsstoffe der Eisenbahnen. Wiesbaden 1914, C. W. Kreidels Verlag.



Holzart	Mittlere Dauer in Jahren		
	nicht getränkt	getränkt	
		nach anderen Verfahren	mit karbolsäurehaltigem Teeröl
Eiche . . . . .	12—15	15—20	25 Jahre
Lärche . . . . .	8—10	15—20	} 20 „
Kiefer . . . . .	6—8	10—15	
Buche . . . . .	2—3	10—16	30 „

Danach wird die Lebensdauer der Holzschwellen durch die Tränkung ganz bedeutend verlängert, besonders durch



Fig. 13. Fünf Abschnitte ein und derselben buchenen, mit Teeröl getränkten Schwelle. (Aus Glasers Annalen 1910.)

die Teeröltränkung. In höchstem Grade tritt dies bei der Buchenschwelle zutage, die dadurch zu unserem besten Schwellenbaustoff heraufgerückt ist. In keinem Holz sitzen die Schwellenschrauben so fest wie in der buchenen Schwelle. Früher sind die buchenen Schwellen sehr in Verruf gekommen, namentlich durch die große Neigung zum Reißen und die Neigung des rohen Holzes schnell zu verfaulen. — Es muß dafür gesorgt werden, daß die Verdunstung des im frisch gefällten Holz reichlich vorhandenen Wassers nur langsam erfolgt (Rücksicht bei der Bearbeitung und Lage-

rung der Hölzer im Walde). Nicht allzu luftige Stapelung der Schwellen nach der chemischen Versuchsanstalt in Berlin. — Hierbei gute Unterstützung der Schwellen, da eine einmal gebogene Schwelle nie wieder gerade zu richten ist.

Vermeidung unmittelbarer Sonnenbestrahlung der Schwellenköpfe. — Etwa gerissene Schwellenköpfe, die bei sorgfältiger Stapelung wenig vorkommen, werden gepreßt und durch Einschlagen von 20—25 cm hohen S-Haken aus 2 mm starkem und 3—4 cm breitem Bandeisen keilförmigen Querschnitts an den Köpfen der Schwelle oder durch Anbringen von eisernen Bolzen, mit Platte auf der einen Seite und Mutter und Schraube auf der anderen Seite, oder durch Eintreiben von Holzdübeln an den Kopfenden gegen weiteres Reißen geschützt. — Langsames Erhitzen der Tränkflüssigkeit. — Bedeckung der Köpfe auch der getränkten Schwellen im Gleise mit Bettung.

Das Holz der Buche besteht fast ganz aus Splintholz, wird daher ungetränkt durch Fäulnis schnell zerstört. Es wird durch und durch getränkt (Fig. 13). Eine Schwelle erfordert bei der Volltränkung 30—36 kg Teeröl, eine Eichenschwelle 6—8 kg. Hier wie bei der Kiefer dringt das Teeröl hauptsächlich nur in den Splint.

— Bei dem Sparverfahren braucht man für eine Buchenschwelle 16 kg. — Der sog. rote Kern (Fig. 14) der Buche bildet sich als Schutzwirkung der Zellen durch Abgabe von Gummi gegen eingedrungene Fäulnispilze u. dgl., und zwar unregelmäßig begrenzt nur im angegriffenen oder beschädigten Teil des Stammes. Eine geringe Stärke roten Kerns schadet der Dauer des sonst gesunden und gut getränkten Holzes nicht, da sich auch Holz in der ersten Verkernung gut

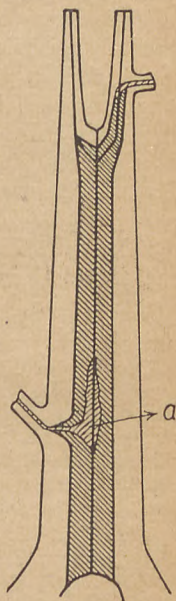


Fig. 14. Bildung von rotem Kern bei der Buche. *a* = Faulkern. (Aus Glasers Annalen 1910.)

durchtränken läßt. — Gelblich-grauer „Faulkern“ ist wirklich zerstört.

### e) Baustoffe der Gleisbettung.

Die Bettung soll die bewegliche Belastung durch die Eisenbahnfahrzeuge sicher auf den Erdbau übertragen und die Schwellen des Oberbaues fest gegen senkrechte und seitliche Verschiebungen und trocken halten. Sie muß aus festen und harten, witterungs- und frostbeständigen, sich wenig abnutzenden und das Tagewasser durchlassenden Stoffen bestehen, deren Zertrümmerungs- und Zerreibungsprodukte ebenfalls keine feste, wasserundurchlässige („zementierende“) Kruste bilden dürfen. Zwischen den einzelnen Teilen soll eine genügende Reibung vorhanden sein. Andererseits soll ein Wiederanheben der Schwellen beim „Stopfen“ sich nicht zu schwer ausführen lassen. — Die Bettung besteht aus Kleinschlag von Naturstein oder geeigneter Hochofenschlacke oder Kies; der unterste Teil wird mitunter auch durch eine Packlage gebildet. — Eine Kleinschlagbettung ist widerstandsfähiger für Erhaltung einer guten Gleislage und sparsamer im Verbrauch an Bettungsstoff, während eine Kiesbettung sich elastischer befährt.

Der Kleinschlag wird aus festem, wetterbeständigem Hartgestein (Basalt, Granit, Syenit, Diorit, Grauwacke usw.) hergestellt; auch findet gute Hochofenschlacke ausgedehnte Verwendung hierfür, vorausgesetzt, daß sie beständig ist und nicht zum Verfall neigt. Die Abnutzbarkeit prüft man in rotierenden Trommeln. Besten Aufschluß über die Brauchbarkeit geben Versuchsstrecken. — Die Schlacken sollen würfelförmig sein mit 3—6 cm Seitenlänge.

Kies- und kiesiger Sand sollen möglichst scharf- oder rauhkörnig sein, um fest zu liegen (Grubenkies, wenn nicht lehmhaltig).

## 2. Baustoffe der Telegraphen- und Fernsprechleitungen.

Die Luftleitungen werden in der Regel aus verzinktem Eisendraht von 4—5 mm Durchmesser hergestellt und von

meist hölzernen Stangen getragen, an denen sie mittels Porzellanisolatoren an eingeschraubten eisernen Stützen befestigt sind. Die Stangen bestehen in Deutschland hauptsächlich aus Kiefer, weniger aus Fichte, Lärche und Weißtanne. Sie sind 7, 8½, 10 und 12 m lang, mit einer Kopfstärke von 12 oder 15 cm und werden in Entfernungen von 75–100 m auf ein Fünftel ihrer Länge in den Boden eingegraben. — Fast alle Stangen werden heute zur Ver-



Fig. 15. Kiefer mit Teeröl imprägniert nach dem Rüpingverfahren.  
(Aus Seidenschnur, Die Bedeutung der Holzkonservierungsfrage beim Bau von Überlandzentralen.)

längerung ihrer Lebensdauer durchtränkt. Lange bildete das Kupfervitriol (Boucherie) das hauptsächlichste Durchtränkungsmittel. Die Teeröldurchtränkung (Fig. 15), namentlich nach dem neueren Sparverfahren, erscheint heute wirtschaftlicher.

Eiserne Maste werden zuweilen für sehr große Höhen u. dgl. verwandt. Erschwerend wirken hier die Kosten für Unterhaltung des Anstrichs. — Bei Eisenbetonmasten sind das hohe Gewicht und die Erschwerung einer nachträglichen Versetzung, die bei Leitungsmasten oft erforderlich wird, in Betracht zu ziehen.

### 3. Angriff von Beton durch Kohlen.

Aus Beton oder Eisenbeton hergestellte Ladebühnen für Kohlen, Kohlenspeicher oder -silos werden oft durch die darauf oder darin lagernden Kohlen schädlich angegriffen oder zerstört. Durch Sauerstoffaufnahme bildet sich Wasser und  $\text{CO}_2$  unter beträchtlicher Wärmeentwicklung (Selbstentzündung). Aus fast immer vorhandenem Eisen- und Bleisulfid bildet sich schweflige Säure und Schwefelsäure, durch die namentlich die kalkhaltigen Binde- und Magerungsmittel des Betons stark angegriffen und in zum Teil flüssige Kalksalze umgewandelt werden.

Als Schutzmittel werden empfohlen: grobschichtige Stapelung der unteren Lagen; Durchlüftung und Unterkühlung; dichtes Schließen der berührten Betonflächen; Freisein von kalkigen und dolomitischen Magerungsmitteln; Tränkung der Oberflächen mit neutralisiertem Karbolineum; Herstellung aus gutem Stampfbeton mit glatter und dichter Oberfläche; keine Verwendung von Gußbeton<sup>1)</sup>. — Ferner sei auch hier auf die Anwendung von Erzzement, hochgepigstem Hochofenzement und Traß hingewiesen.

### 4. Hölzerne Dachkonstruktionen für Bahnsteighallen, Lokomotivschuppen u. dgl.

Ganz besonders eignet sich Holz für solche Dachkonstruktionen, die durch Rauchgase berührt werden, wie dies bei Lokomotivschuppen und Bahnsteighallen der Fall ist. — Unter dem Einfluß dieser schwefelsäurehaltigen Gase leiden sowohl Eisen- wie Eisenbetonkonstruktionen, während das Holz durch dieselben nicht angegriffen wird. Die Eisenindustrie hat schon große Anstrengungen gemacht, um die Rostgefahr auszuschließen oder zu verringern. So stellt die Kruppsche Gußstahlfabrik rost sicheren Chromnickelstahl her. Ein

<sup>1)</sup> Zentralblatt der Bauverwaltung 1919.

Kupferzusatz von 0,1—0,4% bewirkte starke Verringerung des Rostangriffs des Eisens in reichschwefligesäurehaltiger Luft, während er in stark kohlenensäurehaltigem Wasser nur in unbedeutender Weise den Rostangriff verringerte. Ebenso wurde säurefester Guß mit 14—15% Silizium hergestellt. — Alle diese Mittel erhöhen aber die Kosten und lassen sich nur für besondere Zwecke verwenden. Sonst wird das Eisen immer eines von Zeit zu Zeit zu erneuernden teuren Anstrichs zu seinem Rostschutz bedürfen.

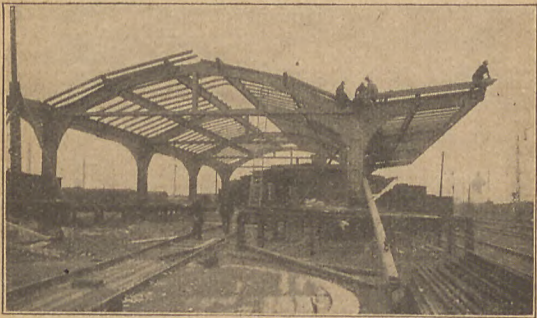


Fig. 16. Bahnsteighalle Erfurt. (Aus Otto Hetzer A.-G., Weimar: „Freitragende Hallen und Dachkonstruktionen“.)

Viele der neuen Holzbauweisen verwenden besonders gepflegtes Holz (z. B. Hetzer), Holz verschiedener Arten, ausgesucht je nach der Beanspruchung auf Zug oder Druck oder mehr in der neutralen Zone gelegen (Fichte, Buche, Kiefer, Tanne, Lärche usw.). Starke Hölzer werden nur wenig verwandt. Meist werden die Konstruktionen aus schwächeren Hölzern oft von geringen Längen zusammengesetzt. — Die Herstellung ist eine verhältnismäßig wenig Zeit erfordernde. Die Kosten sind in gewöhnlichen Zeiten im Vergleich mit denen für Eisen oder Eisenbeton geringer, ebenso das Gewicht.

Was die Feuersicherheit betrifft, wissen wir, daß nicht-ummanteltes Eisen ebenfalls nicht feuersicher ist. Durch

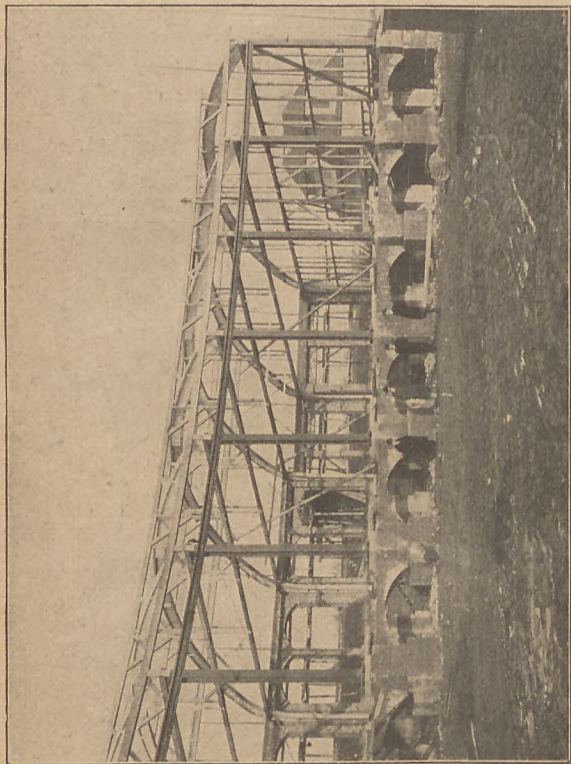


Fig. 17. Lokomotivschuppen Weimar. (Aus Otto Hetzer A.-G., Weimar: „Freitragende Hallen und Dachkonstruktionen“.)

Tränkung kann Holz, wie schon in Teil I ausgeführt, unentflammbar gemacht werden.

Das von den Chromolwerken in München, Lindwurmhof, hergestellte patentierte Chromol, eine Lösung von Chromsalzen einer

hohen Oxydationsstufe in Öl, hat stark keimtötende und zugleich wasserabweisende Wirkung und ist außerdem schwerer entzündlich und flüchtig als gewöhnliches Öl. Es stellt somit ein ideales Holzschutzmittel dar, das im volkswirtschaftlichen Sinne eine weitgehende Verwendung verdient<sup>1)</sup>.

Der Lebensdauer des Eisens tritt immer der Rost entgegen, der durch die feinsten Fehlstellen des Schutzanstrichs einen Zutritt zu finden weiß, während gut trockenes, wöglich getränktes oder gestrichenes Holz von äußerst großer Dauer ist. — Die geringeren Gewichte erfordern geringere Wand- und Widerlagsstärken. Holz ist daher auch schon vielfach für Bahnsteighallen (Fig. 16) und Lokomotivschuppen als Baustoff verwandt worden, wobei eine gute hölzerne Schalung und eine Eindeckung mit guter Asphalt-pappe (etwa als Doppelklebedach) eine viel zweckent-sprechendere Deckung abgeben, als z. B. die früher viel ver-wandten Wellbleche, die oft nach kurzer Zeit vom Rost völlig zerstört wurden. — In Holz ausgeführt sind z. B. die Bahnsteighallen (6 Hallen von rund 19 m Spannweite) des Hauptbahnhofs Kopenhagen (Bauweise Stephan); Loko-motivschuppen in Bern, Weimar (Fig. 17) und der Versailler Bahn usw. — Zur Eindeckung ist auch Eternit zweckmäßig verwandt worden.

## VII. Baustoffe des Brückenbaues.

### 1. Baustoffe hölzerner Brücken.

Früher war das Holz der verbreitetste Baustoff für Straßen- und Eisenbahnbrücken. Durch die „technischen Vereinbarungen“ des „Vereins deutscher Eisenbahn-Ver-waltungen“ vom Jahre 1850 wurde dessen Verwendung zu Eisenbahnbrücken bedeutend eingeschränkt. Es wurden für

<sup>1)</sup> Nenning, Moderne Holzbauweisen. München 1921, Verlag von Max Steine-bach. — „Holzbau“ Nr. 9, Beilage zur Deutschen Bauzeitung 1920.



Brücken in deutschen Hauptbahnen folgende Leitsätze aufgestellt:

„Für Brücken ist eine sorgfältige Wölbung von guten, natürlichen oder künstlichen Steinen oder Beton jeder anderen Bauart vorzuziehen, wenn nicht besondere Gründe eiserne Brücken vorteilhafter erscheinen lassen. Hölzerne Brücken sollen nur ausnahmsweise ausgeführt werden; sie sind für Nebenbahnen zulässig und ebenso wie das Holzwerk der Fahrbahntafel eiserner Brücken gegen Feuersgefahr entsprechend zu schützen.“

Man kann nach der Beschränkung, welche dem Holz im Brückenbau durch das Eisen (für große Spannweiten usw.) bereitet ist, als dessen Verwendungsgebiet ansehen:

1. Tragwerke und Pfeilerjoche ganzer Brücken bei:

a) Straßenbrücken kleinerer und mittlerer Spannweite, besonders in holzreichen Gegenden;

b) Eisenbahnbrücken in Neben- oder Kleinbahnen zur Verringerung der Kosten;

c) Eisenbahnbrücken für vorübergehende Zeitdauer: Not- und Kriegsbrücken zur Wiederfahrbarmachung zerstörter Eisenbahnteile; provisorischen Brücken; Arbeits- und Baustoffbeförderungsbrücken.

2. Fahrbahnträger und Fahrbahnen eiserner und hölzerner Brücken bei

a) Eisenbahnbrücken,

b) Straßenbrücken.

### a) Tragwerke und Pfeilerjoche.

Bei Straßenbrücken mittlerer und kleiner Spannweiten hat das hölzerne Bauwerk wegen Billigkeit und Einfachheit der Herstellung den Wettbewerb mit Stein und Eisen nicht zu scheuen, besonders bei Landstraßen, Wirtschafts- und Feldwegen als offene Durchlässe und Unterführungs-

bauwerke. Durch Teeröltränkung kann die Dauer verlängert werden.

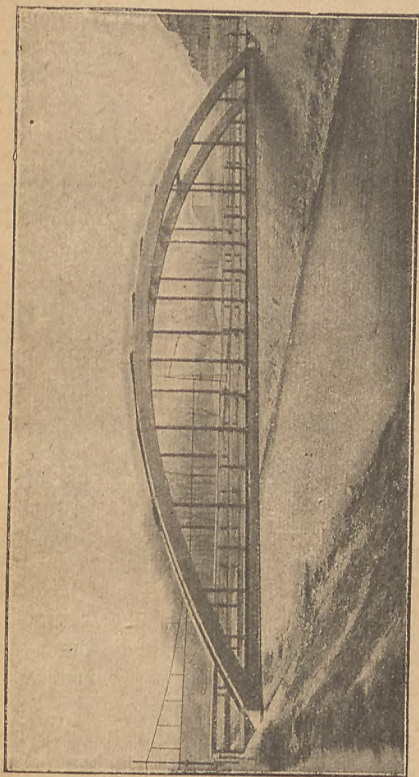


Fig. 18. Fußgängerbrücke über die Wiese bei Basel. (Aus Urban, Denkschrift über Hetzers neue Holzbauweisen.)

In Gebirgen liefern die Bewaldungen oft den Baustoff, während Eisen meist weit und schwierig befördert werden muß. Die Tragfähigkeit des Holzes ist geringer und seine

Lebensdauer kürzer (für ungetränktes Nadelholz 25 bis 30 Jahre, für Eiche 30—50 Jahre), kann aber durch die neuere Teeröltränkung bedeutend verlängert werden, ebenso durch sorgfältige Herstellung und Schutz gegen fäulnisfördernde Feuchtigkeit u. dgl. Schweizer hölzerne Straßenbrücken haben ohne wesentliche Erneuerungen einige Jahrhunderte gehalten.

Statisch können die Holzbrücken ebenso sicher berechnet werden wie die Eisenbrücken. Die neueren Holzbauweisen erobern sich auch immer mehr das Gebiet des Brückenbaues durch ihre Einfachheit, genaue Berechnung und durch die dem Baustoff immer mehr angepaßte sorgfältige Konstruktion (Fußsteigbrücke über die Wiese bei Basel, 33 m weit; Fig. 18).

Oberhalb der Tragkonstruktionen liegende Fahrbahnen schützen die ersteren vor Nässe, während bei unten liegender Fahrbahn Hängewerke und höhere Fachwerkträger die Anordnung von Schutzdächern und Seitenbekleidungen erleichtern können.

Die Ersparnisse im Vergleich mit Eisen betragen oft weit über 50%. — Die Spannweiten endgültiger hölzerner Straßenbrücken erstrecken sich für einfache Balkenträger auf 1—5, für verstärkte auf 5—20 m, für Fachwerkträger auf 20—50 m. Bei endgültigen Eisenbahnbrücken geringer Konstruktionshöhe werden für Weiten von 1 bis 4 m bzw. 4—16 m einfache bzw. verstärkte, d. h. verzahnte, verdübelte, beschlagene Balkenträger auf hölzernen Jochen oder Fachwerkpfählern angewandt. Hölzerne Unterstützungen sind (ungetränkt) leicht der Fäulnis ausgesetzt. Die genannten Brücken erhalten daher am besten steinerne End- und Zwischenpfeiler oder wenigstens steinerne Endpfeiler und hölzerne Zwischenpfeiler auf hohen steinernen Sockeln. — Einstweilige Eisenbahn- und Straßenbrücken, ebenso Kriegsbrücken, werden

oft aus Rundhölzern hergestellt mit möglichst einfachen Verbindungen.

Die Balken der Brückenträger müssen vor Feuchtigkeit möglichst geschützt werden durch Überdachen mit Deck- und Seitenbrettern, die man mit gutem Erfolge noch mit Dachpappe abgedeckt hat. — Zugedrungene Feuchtigkeit soll schnell wieder an die Luft abgegeben werden können. Deckbretter werden daher auf 5 cm breite, 3—10 cm starke Luftklötze genagelt. Diese bestehen aus Eichenholz und werden in Abständen von 25—40 cm auf die Balken genagelt. Die 2,5—4 cm starken Deckbohlen sind mit Wasserhasen versehen und so breit, daß das abtropfende Wasser die Seitenflächen der Balken nicht mehr trifft.

Besten Schutz gegen die Einwirkungen von durch Feuchtigkeit begünstigte Fäulnispilze bietet eine gute Teeröl-Imprägnierung. Nichtgetränktes Holz suchte man früher durch Holzteeranstrich möglichst zu schützen. Das Holz muß vor dem Anstrich gut trocken sein. Die Unterseite der Balken sollte ungeteert bleiben, damit eingeschlossene Feuchtigkeit verdunsten kann.

Besonders sorgfältig muß das Endauflager der Balken vor Feuchtigkeit geschützt werden. Die Balken werden daher auf eine Mauerschwelle aus Holz, die nur auf einigen Auflagersteinen aufliegt, verlegt. Die Hirnenden müssen frei liegen.

Eine Verstärkung der Balken findet statt durch einfache oder mehrfache Sattelhölzer, durch Sattelhölzer mit Kopfbändern und durch Verzahnung und Verdübelung mehrerer übereinander angeordneter Balken. Im letzteren Falle werden die Balken um  $\frac{1}{50}$ — $\frac{1}{100}$  ihrer Länge überhöht (gesprengt). Eingelegte Zinkbleche verhindern das Ineinanderpressen von Hirnholzflächen. Die Dübel werden aus hartem Holz, am besten paarweise schlank keilförmig, mit Neigung 1 : 25 bis 1 : 40 hergestellt. Wegen der erforderlichen äußerst

genauen Arbeit und der hohen Löhne werden verzahnte Träger heute möglichst vermieden. — In einfacher Weise werden nach Hetzer einzelne Holzlamellen durch eine vorzügliche Verbundmasse nur übereinandergeklebt.

Bei Hängewerksbrücken darf der Neigungswinkel der Strebe nicht zu gering sein, damit der Strebenschub nicht zu groß wird (eiserne Schuhe und Bolzen). Hängesäulen werden auch aus Eisen hergestellt, ebenso die Zwischenpfosten der Fachwerkträger.

Joehpfähle werden eingerammt, die beiden äußeren mit einem Anzug von 1 : 8 Neigung, oder ruhen bei Mauerwerksunterbau auf einer mit letzterem durch Bolzen verbundenen Holzschwelle. Ungetränkte Pfähle u. dgl. stellt man möglichst aus Eichenholz her.

### **b) Fahrbahnträger und Fahrbahnen.**

Die Fahrbahn ist den mechanischen Erschütterungen durch den Verkehr und der Witterung am meisten ausgesetzt, erfordert daher meist den größten Teil der Erneuerungs- und Unterhaltungskosten. — Die Fahrbahn besteht aus Fahrbahn­tafel und Fahrbahn­decke. Die Fahrbahn­tafel wird fast ausschließlich aus Bohlen hergestellt (10—20 cm stark, 15—25 cm breit), die auf den Längs- oder Querbalken der Fahrbahn­träger aufruh­en (Lärchen-, Kiefern- und Eichenholz). 2—3 cm weite Zwischenräume zwischen den Bohlen dienen zur Tagewasser­abführung und Zuführung austrocknender Luft. Auf jedem Balken wird die Bohle durch einen Nagel befestigt. Der berechneten Bohlenstärke wird so viel (2 cm) zugesetzt, wie bis zur Erneuerung abgenutzt werden soll. Da die Erneuerung der starken Bohlen hohe Kosten verursacht, erhält die Brücke in der Regel eine Fahrbahn­decke, die seltener aus Pflaster (zu hohes Gewicht), öfter aus Schotter, meist aus einem 4—7 cm starken zweiten Bohlen-

belag besteht, der nach Abnutzung von  $1\frac{1}{2}$ —2 cm mit verhältnismäßig geringen Kosten erneuert werden kann. Baustoff bildet Nadel-, Eichen- oder gut durchtränktes Buchenholz. Bei breiter Fahrbahn werden die Bohlen zweckmäßig in der Mitte gestoßen und erhalten ein Quergefälle von 1:50.

Die Beschotterung beträgt an den Rändern mindestens 5—10 cm. An den Seiten wird sie durch ein Längsholz begrenzt. Beschotterung stellt sich billiger als ein zweiter Bohlenbelag. Bei diesem kann eingedrungene Feuchtigkeit zwischen beiden Bohlenlagen leicht Fäulnis herbeiführen. Bei Schotter und Pflaster erhält der Bohlenbelag der Fahrbahntafel zweckmäßig Gefälle von der Mitte nach beiden Seiten durch verschiedene Höhen der Luftklötzchen. Auf schwacher Sandschicht wird gute Teerpappe mit seitlicher Überdeckung verlegt, mit dickflüssigem Teerpech geteert und mit versetzten Stößen eine zweite Lage Pappe darübergeklebt. Die Ränder werden an den Bohlenenden um diese herumgebogen und von unten angenagelt. — Deckbohlen der Balken, Stirnbohlen und Pflasterschwellen werden in ähnlicher Weise durch Teerpappe geschützt.

Holzpflaster (getränkt) eignet sich vorzüglich für hölzerne wie eiserne Brücken, weil es leicht, schalldämpfend, leicht zu bearbeiten und leicht anzubringen ist. Auch die Brückenrampen werden häufig damit versehen. Größte Steigung 1:70 (— 1:40).

Bei hölzernen Eisenbahnbrücken werden die Schienen auf Querschwellen von Holz in gewöhnlicher Weise befestigt. Abstand der Querschwellen 0,55—0,70 m. Befestigung derselben auf den Brückenbalken durch Verkämmung und durch 20—25 mm starke Bolzen mit oberliegender Mutter. Die 5—8 cm starken Bohlen zwischen und neben den Schienen erhalten 2 cm breite Abstände zur Abführung des Regenwassers. — Auch bei eisernen Eisenbahn-

brücken werden meist hölzerne Querschwellen angeordnet, die ein elastisches, geräuschloseres Befahren ermöglichen als eiserne Querschwellen. Der zirka 5 cm starke Bohlenbelag kann durch Riffelblechabdeckung, auch durch eine Kies-schicht schalldämpfend gemacht und gegen Funkenauswurf der Lokomotiven geschützt werden.

### c) Holzarten und Schutz gegen Fäulnis.

Von Nadelhölzern sind Lärchen, Kiefern, Tannen und Fichten am geeignetsten, von Laubhölzern Eichen zu Trägern, Stützen und Grundbauten sowie zu Brückenbelägen, Erlen zu Grundbauten, Buchen zu Grundbauten und besonders zu Brückenbelägen (besonders gepflegt und durchtränkt) — bei neueren Bauweisen auch zu Trägern.

Die Nadelhölzer geben bei geradem, schlankem Wuchs lange und starke, feste und dauerhafte Hölzer. Kiefern- und Fichtenholz ist verhältnismäßig hart und schwer und wegen seines hohen Harzgehaltes auch im Wasser von großer Dauer, ebenso Lärchen und besonders Eichenholz.

Nach Jackson<sup>1)</sup> sollte das Holz zu einer Zeit gefällt werden, in der die Zellen saftarm sind. Nach ihm liegt die beste Fällzeit deshalb in den letzten Sommer- und ersten Herbstmonaten. Holz, das in saftreichem Zustande geschlagen wird, zeigt mehr Neigung zu Krankheiten und ist der Fäulnis mehr ausgesetzt (größere Ansteckungsgefahr). Im Winter werden in den Hölzern Nährstoffe, besonders Stärke, aufgespeichert, namentlich in sog. Stärkebäumen (Eiche, Buche), falls dieselbe nicht in Zucker übergegangen ist. Stärke, wie alle stickstoffhaltigen Stoffe, werden bei Ansteckung durch Bakterien, Schimmel- und Fäulnispilze zuerst und am leichtesten zersetzt. Durch Flößen, Auslaugen

<sup>1)</sup> Reg.-Baumeister Dr.-Ing. A. Jackson, „Über Größe der zulässigen Beanspruchungen des Holzes im Ingenieurbau, vor allem für freitragende Holzkonstruktionen“ in „Der Holzbau“ 1920, Nr. 3 u. 4.

u. dgl. sucht man diese Stoffe aus dem Holz zu entfernen, wobei beim Eichenholz allerdings auch ein Teil der erhaltend wirkenden Gerbstoffe verlorengeht<sup>1)</sup>.

Den Stärkegehalt erkennt man durch Jod, welches die Stärke blau, bei Gerbsäureanwesenheit violett färbt. Nadelhölzer (Fettbäume) in der Ebene und im Hügellande weisen im Winter längere Zeit Fettgehalt auf; für sie ist diese Zeit günstigste Fällzeit. — Nur stärkehaltiges Holz wird bei Bauten vom Wurmfraß befallen. — Zur Verringerung des Saftgehalts wird von Lang das Ringeln der Bäume längere Zeit vor dem Fällen empfohlen, wie es noch in einzelnen Gegenden der Lüneburger Heide und des Harzes, nach Beauverie auch vereinzelt in Frankreich üblich ist. Es wird dabei die Rinde am Fuße und unter der Krone in einem Streifen von 5—8 cm Breite entfernt. — Das Belassen der Krone am Stamm einige Zeit nach dem Fällen wird schon von der württembergischen Forstordnung von 1567 empfohlen. Borke, die von Insekten stark angegriffen ist, muß sofort entfernt und verbrannt werden. Im übrigen muß das Entrinden mit Vorsicht geschehen. Durch zu rasches Entrinden sehr saftreicher, der Sonne oder dem Luftzug ausgesetzter Stämme reißt der Splint stark auf. Man entrindet daher gesunde, auch harzreiche Stämme zunächst teilweise (schraubenförmig oder an einzelnen handgroßen Stellen; Beraufen).

Nach geeigneter Trocknung in zerteiltem Zustande wird das Holz zum Schutz gegen Fäulnis am besten unter hohem Druck mit Teeröl getränkt, wodurch die Dauer, wie die Eisenbahnschwellen zeigen, ganz bedeutend erhöht wird.

Sehr leidet die Festigkeit des Holzes durch zahlreiche oder große Äste, indem der gerade Verlauf der Holzfasern an ihnen sehr störend unterbrochen bzw. in der Astringung abgelenkt wird. Durch engen Stand der Bäume werden die Seitenzweige in der Jugend abgestoßen. Spätere störende Äste sollen nach Lang bald entfernt und die Wundstellen fäulniswidrig verstrichen werden, wenigstens bei wertvollem Holz (auch Buchenholz), damit wir den ausländischen Wettbewerb nicht zu fürchten brauchen. Die Festigkeit von

<sup>1)</sup> Prof. Gustav Lang, Das Holz als Baustoff. Wiesbaden 1915, C. W. Kreidels Verlag.



feuchtem Holz ist 10–30% geringer als bei trockenem. Bei Wasserbauten steigert sich diese Abnahme auf 40–50%. Auch die Druckfestigkeit des Holzes quer zur Faserrichtung ist nur gering, bei Fichtenholz nur  $\frac{1}{8}$  –  $\frac{1}{9}$  seiner Längsfestigkeit; außerdem findet quer zur Faser eine große Zusammenpressung statt. — Zapfenverbindungen sollten bei Dauerbauten möglichst vermieden werden, namentlich wo Wasser in die Zapfenlöcher eindringen kann. Man ersetzt sie durch Rundeisendollen, die vorher in Asphaltteer getaucht wurden. — Die Verbindungen der neuen Holzbauweisen sind im II. Teil dieses Werkes besprochen worden. — Auf die Zugfestigkeit des Holzes quer zur Längsrichtung des Holzes ist gar nicht zu rechnen. Auch die Scherfestigkeit in der Längsrichtung beträgt i. M. nur  $\frac{1}{8}$  –  $\frac{1}{10}$  der Druckfestigkeit. Schutzmittel gegen schädliche Einflüsse des Schwindens bilden Federringe, Plattenfedern oder Spannplatten unter den Bolzenmuttern u. dgl.

## 2. Baustoffe steinerner Brücken.

### a) Allgemeines über die Baustoffe steinerner Brücken.

Der Überbau steinerner Brücken besteht aus Mauerwerk von natürlichen oder künstlichen Steinen. Auch die Beton- und Eisenbetonbrücken werden zu den steinernen Brücken gerechnet. Die einfachsten Steinbrücken für geringe Spannweiten sind Plattenbrücken, für etwas größere Weiten Kragsteinbrücken. Gewölbte Brücken wurden schon von den Römern bis zu 30 m Spannweite errichtet, die zum Teil noch erhalten sind. Von neueren Brücken hat z. B. die über das Syrtal bei Plauen im Vogtland 90 m Weite.

Hauptbaustoffe sind feste, wetter- und frostbeständige, natürliche und künstliche Steine, geeignete Mörtel und Eisen (für Eisenbetonbrücken). Natürliche Steine sollen sich der Kosten wegen nicht zu schwer bearbeiten lassen. Es

finden daher heute geeignete Sand-, Kalk- und Dolomitsteine mehr Verwendung als Massengesteine (Granit, Syenit, Porphy, Basalt u. dgl.), die mehr für Auflagersteine, Kämpfersteine, Gelenke, Abdeckungen, Flügelanfänger und Knotensteine gebraucht werden. — Findlinge.

Von künstlichen Steinen werden namentlich gute, hartgebrannte und wetterbeständige Ziegel verwandt, meist von normaler Größe; nur selten werden für sehr kleine Krümmungshalbmesser auch Keilsteine verwendet. Sonst hat man von künstlichen Steinen in neuerer Zeit z. B. Scheitel- und Kämpfergelenke aus Betonquadern (Mischung 1:2,5 oder 1:2:2,5) hergestellt, auch mit Eiseninlagen. — Auch Schlackensteine sind zu Brückenbauten verwandt worden, so z. B. solche der Buderusschen Eisenwerke in Wetzlar u. a. für die Dillbrücke und einen Personentunnel daselbst.

Sehr wichtig ist die Verwendung eines guten Mörtels, dessen Festigkeit derjenigen der Bausteine angemessen sein muß. Die zulässige Beanspruchung der Steine soll bei Brückenbauten in der Regel den zehnten Teil der durch Versuche ermittelten Druckfestigkeit nicht überschreiten. Letztere wird bei natürlichen Steinen an würfelförmigen Probekörpern erhalten, während bei Ziegeln mitunter ebenfalls die Würfel Festigkeit, meist aber die Körperfestigkeit ermittelt wird, wobei der Ziegel in zwei Hälften zersägt wird, welche mit Zementmörtel 1:1 aufeinander gemauert werden. Ober- und Unterfläche werden mit demselben Mörtel sauber abgeglichen (Beschluß der Hauptversammlung des Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie 1912).

Dies letztere Verfahren gibt aber kein richtiges Bild von der eigentlichen Ziegelfestigkeit. Das Ergebnis des Druckversuchs mit Probekörpern aus zusammengemauerten Steinhälften (Körperfestigkeit) ist nach Burchartz<sup>1)</sup> nämlich abhängig:

<sup>1)</sup> Mitteilungen des Materialprüfungsamtes vom Jahre 1916.

1. von der Beschaffenheit (Erhärtungsfähigkeit bzw. Festigkeit des verwendeten Zements),
2. von der Dicke der Verbindungsschicht (in der Mitte) und der Abgleichsschichten und
3. von dem Alter der Schichten (nach Versuchen von Gary).

Meist war die Würfel Festigkeit größer als die Körperfestigkeit, manchmal umgekehrt.

Bei gleich bleibendem Querschnitt folgt die ermittelte Druckfestigkeit dem sog. „Gesetz der Ähnlichkeiten“; sie wächst mit dem

Werte  $\frac{\sqrt{f}}{h}$  ( $f$  = Querschnitt,  $h$  = Höhe des Probekörpers). In

Mauerwerkskörpern, die im Verbands gemauert sind, geht die Festigkeit ganz bedeutend zurück, und zwar um so mehr, je geringer die Festigkeit (namentlich die Zugfestigkeit) des Mörtels ist. Böhme fand bereits 1884 bei Versuchen an Körpern aus vier Schichten zu je zwei Ziegeln das Verhältnis der Steinfestigkeit zu der der Mauerwerkskörper in Zementmörtel (1:3) und in Kalkmörtel (1:2) = 100:62:44 (Alter drei Monate), also das Verhältnis der beiden letzteren = 100:72. Versuche in England ergaben dieses Verhältnis wie 100:28:16 und das der Mauerfestigkeit beider Mörtelarten wie 100:57 (bei Zementmörtel 1:4 und Kalkmörtel 1:2), d. h. die Festigkeit in Kalkmörtel ist um rund 50% geringer als die des Mauerwerks in Zementmörtel<sup>1)</sup>. Die Mauerwerksfestigkeit vermindert sich auch mit zunehmender Fugendicke. Sehr lehrreich sind in dieser Beziehung auch die Untersuchungen von Prof. Quietmeyer, Hannover<sup>2)</sup>. Er beweist, daß die durch den Druck hervorgerufenen Querdehnungsspannungen nahezu ausschließlich (bei Kalkmörtelmauerwerk) die Zerstörung bewirken und daß eine höhere Mauerwerksfestigkeit nur bei Verwendung zugfester Mörtel erreicht werden kann.

Im Brückenbau kommen daher und aus den in Teil I angeführten Gründen hauptsächlich hydraulische Mörtel zur Anwendung aus hydraulischem Kalk, Romanzement, Portland- und anderen künstlichen Zementen, sowie aus Fettkalk mit hydraulischen Zuschlägen, besonders mit Traß. Mischungsverhältnisse sind für hydraulischen Kalkmörtel: 1 R.-T. hydraulischer Kalk und 2–3 R.-T. Sand, für Port-

<sup>1)</sup> H. Burchartz, Luftkalke und Luftkalkmörtel, 1908.

<sup>2)</sup> Prof. Quietmeyer, Einfluß des Mörtels auf die Festigkeit des Mauerwerkes. In „Der Bauingenieur“, 1920, Heft 13.

landzementmörtel: 1 R.-T. Zement und 2—5 R.-T. Sand. Bei höherem Sandgehalt des letzteren wird die Festigkeit durch Zuschlag von Fettkalk oder Traß erhöht. Verlängerter Zementmörtel enthält etwa 1 R.-T. Zement, 1 R.-T. Kalkteig und 6—7 R.-T. Sand. Auch Kalkmörtel wird durch Traßzusatz wasserdicht und fester, erreicht aber nicht die Festigkeit von Zementtraßmörtel, der nur sehr wenig teurer ist.

Bei Beton müssen die Zuschläge, Kies oder Steinschlag, eine dem Mörtel entsprechende Festigkeit haben. Auch hier werden im Brückenbau nur hydraulische Bindemittel verwandt. Nach den Zuschlägen unterscheidet man Kiesbeton, Steinschlagbeton usw., nach den Bindemitteln Zementbeton-Zementtraßbeton und nach der Herstellung Stampfbeton und Gußbeton. Hauptsächlich wird Zementbeton als Stampfbeton im Brückenbau angewandt. Die Zemente müssen den „Deutschen Normen“ für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement und von Eisenportlandzement (Runderlaß vom 16. März 1910 und vom 26. März 1913) bzw. den „Deutschen Normen“ für die einheitliche Lieferung und Prüfung von Hochofenzement (Runderlaß vom 22. November 1917) entsprechen. Bei der Herstellung von Bauwerken aus Beton oder Eisenbeton sind zu beachten die Bestimmungen für die Ausführung von Bauwerken aus Beton und Eisenbeton vom 13. Januar 1916. — Für die angenommenen Mischungen ist die gewährleistete Druckfestigkeit auf Anfordern der Baupolizeibehörde nachzuweisen, etwa durch ein Zeugnis des Materialprüfungsamtes. Solche Zeugnisse, mit denen oft Mißbrauch getrieben wird, sollen im allgemeinen nicht älter als ein Jahr sein.

Das Materialprüfungsamt Berlin erließ darüber folgende Warnung:  
 „Da die Zeugnisse des Amtes bei Angeboten und Lieferungen vielfach zum Nachweis der Beschaffenheit der geprüften Gegen-

stände benutzt werden, das Amt aber auf Art und Umfang der Prüfung nicht immer Einfluß hat, so ist es notwendig, daß der Empfänger sich davon überzeugt, ob das bescheinigte Ergebnis im besonderen Falle ausreichend ist, um die Eigenschaften (Güte oder Wert) der Ware erschöpfend beurteilen zu können.

Vielfach werden zum Ausweis der Eigenschaften von angebotenen oder gelieferten Materialien mehrere Jahre alte Zeugnisse vorgelegt, die für die fragliche Ware gar nicht mehr maßgebend sein können, oder Zeugnisauszüge, die nicht den vollen Umfang der Prüfungsergebnisse oder Zusätze enthalten. Man wird also auch auf diese Punkte achten müssen und in wichtigen Fällen gut tun, sich Originalzeugnisse oder beglaubigte Abschriften vorlegen zu lassen. Um übrigens der mißbräuchlichen Verwendung von Zeugnissen einigermaßen zu steuern, gibt das Amt Abschriften von Zeugnissen über Materialprüfungen nur dann, wenn die Zeugnisse nicht älter sind als etwa ein Jahr.

Werden die Prüfungszeugnisse ohne die deutliche Bezeichnung „Auszug“ gekürzt oder entstellt und falsch in Abschriften oder Drucksachen verbreitet, so geht das Amt gegen die Verbreiter öffentlich vor, wenn seine Verwarnung ohne Erfolg bleibt; es nimmt grundsätzlich jede mit Namensunterschrift und Adresse versehene Anzeige über solchen Mißbrauch als Anlaß zum Einspruch<sup>1)</sup>.“

### b) Gewölbte Brücken.

Die Gewölbe bestehen aus Haustein, Bruchstein, aus gemischtem Mauerwerk, aus Ziegeln, Beton oder Eisenbeton. Bei Hausteinbrücken erhalten die Steine ebene Lagerflächen in der Richtung des Krümmungshalbmessers. Bei Schichtgesteinen sollen die Lagerflächen zugleich natürliche Schichtungsflächen sein, weil senkrecht zu dieser Richtung das Gestein die größte Druckfestigkeit besitzt. Bei Gewölben mäßiger Stärke reichen die Steine von der inneren bis zur äußeren Leibung in einem Stück durch. Sehr starke Gewölbe werden aus mehreren Steinen in jeder Schicht gebildet, wobei Läufer und Binder in derselben oder in den aufeinander folgenden Schichten abwechseln müssen.

<sup>1)</sup> Vorschriften für die Benutzung des Staatl. Materialprüfungsamtes. Postamt Berlin-Dahlem, Unter den Eichen 87.

In Bruchsteingewölben werden lagerhafte Bruchsteine im Verband vermauert. Die Stoßfugen sollen mindestens 15 cm rechtwinklig zur inneren Leibung in das Gewölbe eingreifen. Alle Fugen werden beim Versetzen mit Mörtel vergossen. — Die Bauweise, die Bruchsteine ohne Verband sofort in ein starkes Mörtelbett zu versetzen, wird von der Firma Liebold in Holzminden bei ihren Zement-Bruchsteinbrücken ausgeführt und hat sich als zweckmäßig und billig bewährt.

Oft werden Gewölbe aus Bruchstein, Ziegel oder Beton an den Stirnen des besseren Aussehens wegen und zum Schutze gegen Witterungseinflüsse mit Werksteinen verkleidet. Diese Verkleidung erstreckt sich zuweilen auch auf die innere Leibung, oder man läßt an den Kämpfern und manchmal auch im Scheitel ein oder zwei Werksteinschichten zur besseren Druckverteilung durchgehen.

Ziegelgewölbe werden bei kleinen Spannweiten im Verbande hergestellt, bei großen aus einzelnen Ringen, die zweckmäßig an einzelnen Stellen durch Binder verbunden werden. Man braucht fast immer gewöhnliches Normalformat, so daß etwas keilförmige Fugen entstehen. Die Ansichtsflächen bestehen meist aus Klinkern. Weitgespannte Gewölbe erhalten der an den Kämpfern stattfindenden höheren Beanspruchung wegen hier eine oft bedeutend größere Stärke als im Scheitel.

Bei Werkstein, Bruchstein und Beton wird diese Verstärkung vom Scheitel aus allmählich vorgenommen; bei Ziegeln kann sie nur sprungweise, gewöhnlich um einen halben Stein, erfolgen.

Der Fugenverstrich an der Stirn wird in der Regel während des Aufmauerns vorgenommen. Die Fugen der inneren Leibung werden nach der Ausrüstung 2—3 cm tief ausgekratzt, gereinigt, angenäßt und mit Zementsandmörtel sauber ausgefügt.

Besteht das Gewölbe aus Beton, so wird meist das ganze Bauwerk aus diesem Baustoff hergestellt. Ohne besonderen Putz werden die Ansichtsflächen dann oft vor völliger Erhärtung des Betons werksteinähnlich bearbeitet. Für ein

gutes Aussehen und zum Schutz gegen Witterungseinflüsse werden die Ansichtsflächen auch vielfach mit „Vorsatzbeton“ versehen. Derselbe besteht aus einer fetteren Mischung meist mit Quetschsand und Grus natürlicher Gesteine und wird mittels einer besonderen Zwischenschalung aus dünnem Blech in 3—6 cm Stärke gleichzeitig mit dem übrigen Beton eingestampft, wobei mit dem Fortschritt der Betonierung das Blech hoch gezogen wird, so daß sich der Vorsatzbeton mit dem übrigen Beton verbinden kann.

Das Mischungsverhältnis des Betons richtet sich hauptsächlich nach der Beanspruchung, auch nach dem Vorhandensein von Feuchtigkeit oder Wasser u. dgl. Bei einer Neckarbrücke ist dasselbe z. B. in den Bogen 1:2,5:5; ebenso für den oberen Teil der Widerlager, für den unteren Teil derselben 1:9, für ihre Überfüllung 1:15, für die Spanndrillgewölbe 1:3:6.

Bei den Eisenbetonbrücken wird durch die Eiseneinlagen die Festigkeit erhöht, während die Gewölbesterke und damit das Gewicht, meist auch die Kosten vermindert werden. Zement, Sand, Kies, Steinschlag müssen von tadelloser Beschaffenheit sein. Zementgehalt und Wasserzusatz (etwa 14%) sind hier in der Regel etwas höher als bei gewöhnlichem Beton. Das Betongemenge soll dicht sein, um eine rostsichere Umhüllung der Eiseneinlagen zu gewährleisten, was in der Regel erreicht wird, wenn in 1 cbm Beton wenigstens  $\frac{1}{2}$  cbm Mörtel enthalten ist. Empfohlen wird, den Abstand der Eiseneinlagen von den Außenflächen etwas größer zu nehmen als die in den „Bestimmungen“ angegebenen Geringstwerte. Das Eisen muß den Vorschriften für die Lieferung von Eisen und Stahl, aufgestellt vom Verein deutscher Eisenhüttenleute 1911, mindestens entsprechen. — Die Gewölbe erhalten Eiseneinlagen an der unteren und oberen Leibung. Ihr Querschnitt soll mindestens 0,8% des Betonquerschnitts ausmachen. Die Eiseneinlagen haben verschiedenen Querschnitt; meist sind es Rundeisen.

Gelenke an den Kämpfern und im Scheitel ermöglichen eine genaue statische Berechnung und machen ein geringes Ausweichen der Widerlager sowie Temperatureinflüsse unschädlich. Sie bestehen aus Stein, Beton, Eisenbeton, Gußeisen, Stahl oder Blei. Stein- und Betongelenke bestehen aus festen Quadern, deren sich berührende Flächen nach Zylindermantelflächen mit verschiedenen großen Krümmungshalbmessern sehr sauber bearbeitet sind, z. B. bei einer Straßenunterführung in Hilbersdorf im Scheitelgelenk mit  $r = 2,65$  und  $2,20$  m, an den Kämpfergelenken mit  $r = 3,50$  und  $3,24$  m. — Bleiplatten nehmen etwa das mittlere Drittel der Gewölbstärke ein und sind 10—25 mm dick. — Gußeisen- oder Stahlgelenke werden wie bei eisernen Brücken ausgebildet. Die Beanspruchung in den Gelenken kann ziemlich hoch sein, und zwar bei Granit bis 200 kg/qcm, bei Bleiplatten bis 120 kg/qcm, bei besonders gutem Beton bis 90 kg/qcm. Allgemein kommen zur Anwendung bei einem Horizontalschub von unter 200 t für das laufende Meter Gewölbbreite Bleigelenke, unter 250 t Betongelenke, unter 300 t Granitgelenke und über 300 t eiserne Gelenke<sup>1)</sup>. Außerdem spielt die Kostenfrage eine Rolle.

### c) Platten- und Balkenbrücken.

Die Platten kleiner Plattenbrücken wurden früher aus Stein oder Beton hergestellt. Heute fertigt man sie bei stärkeren Belastungen und bei Spannweiten über 1 m aus Eisenbeton an. Bei Weiten über 2—3 m wendet man Plattenbalken- oder Balkenbrücken an, bei denen die Platte durch Rippen oder Balken verstärkt wird. (Hennebique, Möller). Bei dem System Visintini werden auf dem Werkplatz Gitterträger aus Eisenbeton hergestellt und dann an Ort und Stelle nebeneinander verlegt.

### d) Durchlässe.

Sie haben meist weniger als 3 m Lichtweite und dienen fast stets zur Unterführung kleiner Wasserläufe. Die Durchlässe sind offen oder gedeckt, im letzteren Falle Platten- oder gewölbte Durchlässe. Offene Durchlässe kom-

<sup>1)</sup> Th. Landsberg im Lehrbuch des Tiefbaues von Esselborn. Leipzig 1920, Wilhelm Engelmann.



men nur bei Bahnen untergeordneter Bedeutung vor bei sehr geringer Konstruktionshöhe. Man wird sie auch hier möglichst vermeiden, da die Schwellenanordnung immer von den Seitenmauern oder Wangen abhängig bleibt. Ihre Lichtweite beträgt höchstens 0,80 m.

Plattendurchlässe werden durch Steinbalken, Stein- oder Betonplatten abgedeckt, die auf den Seitenwangen aufliegen. Die Plattenstärke beträgt 0,15—0,30 m, die Auflagerbreite 0,30 m und die Überschüttungshöhe mindestens 0,50 m. Weite höchstens 1,5 m. Zur Vergrößerung der Lichtweite werden die Wangen oben ausgekragt (Kragsteinbrücken). Bis etwa 3 m Lichtweite werden Eisenbetonplatten angewandt, darüber hinaus bei genügender Konstruktionshöhe Plattenbalken. — Die Durchlaßsohle erhält eine 15—25 cm starke Pflasterung. Getrennte Fundamente der Wangen werden am Ein- und Auslauf und bei langen Durchlässen in gewissen Abständen auch im mittleren Teil durch 0,5—0,6 m breite und tiefe Herdmauern verbunden. Bei starkem Gefälle treppt man sowohl die Sohle wie die Plattenabdeckung ab.

Überwölbte Durchlässe, meist für Weiten von 2 bis 3 m erhalten Halbkreisgewölbe oder Segmentbogengewölbe mit einem Verhältnis des Bogenstichs zur Weite von 1:3 bis 1:6, unter hohen Dämmen auch ein Parabelgewölbe. Gewölbestärke bei sehr kleinen Lichtweiten 0,2—0,3 m, bei größeren 0,5—1,0 m und dann vom Scheitel nach den Kämpfern hin wachsend. Halbkreisgewölbe müssen derart hintermauert werden, daß die dachartige Oberfläche eine Neigung von  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{3}$  erhält. Die Sohle wird kräftig gepflastert und erhält ein Längsgefälle von mindestens 1:100. — Die Stirnmauern an beiden Hauptern werden hinten abgeschrägt und oben mit Platten abgedeckt. Überschüttungshöhe für Straßendurchlässe mindestens 0,40 m, für Eisenbahndurchlässe 0,70—0,80 m.

Um wölbte Durchlässe haben auch eine gewölbte Sohle. Man verwendet sie, wenn in der Überschüttung bei ungünstiger Witterung Bewegungen möglich sind. Lichtweite 0,50—2,0 m, Scheitel- und Sohlenstärke 0,20—0,40 m. Die Sohle wird oft wagerecht untermauert. Führt der Wasserlauf viel Sand u. dgl. mit sich, so verhindert ein am Einlauf angeordneter Sandfang dessen Ablagerung im Durchlaß.

### e) Widerlager und Zwischenpfeiler.

Die Stärke der Zwischenpfeiler beträgt in Kämpferhöhe etwa  $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$  der Spannweite. Eine notwendige Verstärkung nach unten hin wird durch beiderseitigen Anlauf von  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{50}$  oder durch oben abgeschrägte Absätze bewirkt. Gewöhnliche Zwischenpfeiler sind in ihren Stärken so zu bemessen, daß sie auf die Seitenschübe beider anstoßenden Gewölbe angewiesen sind, die sich zum großen Teil gegenseitig aufheben. Einsturz oder Zerstörung eines Gewölbes oder Pfeilers zieht daher in der Regel den Einsturz der ganzen Brücke nach sich. Um dies zu vermeiden, ordnet man bei Brücken mit vielen Öffnungen Gruppenpfeiler an, die so stark sind, daß sie auch den Seitenschub nur eines Brückenbogens aufnehmen können, so daß Einstürze sich immer nur auf die Strecke zwischen zwei Gruppenpfeilern erstrecken können. Sie gestatten auch beim Bau die Wiederbenutzung der Lehrgerüste und können für architektonische Wirkungen vorteilhaft benutzt werden.

Strompfeiler müssen besonders kräftig hergestellt werden, damit sie auch den Stößen schwimmender Gegenstände und dem Eisgang widerstehen. Ihre Köpfe werden im Grundriß dreieckig, spitzenbogenförmig oder kreisbogenförmig gestaltet. Sie müssen aus sehr guten, festen, größeren Steinen bestehen mit gutem, gegenseitigem Verbande. Ein Strompfeiler soll nie sich im Stromstrich befinden. Die Gründung erfolgt auf Beton zwischen Spundwänden, auf

Pfahlrost, Betonplatte auf Pfählen, Senkbrunnen, Caissons usw. Steinschüttungen, besonders stromaufwärts, schützen gegen Unterspülung.

Widerlager oder Endpfeiler übertragen die Brückenlast und den Gewölbeschub auf den Baugrund. Von ihrem Baustoff gilt das bei den Gewölben Gesagte. Entsprechend den größeren Querschnitten, die notwendig sind, um die hohen Gewölbebeanspruchungen allmählich auf 3 bis 4 kg/qcm höchstens als Druck auf gewöhnlichen, guten Baugrund herabzumindern, kommt man hier in der Regel mit geringerer Festigkeit der Baustoffe, bei Beton mit weniger fetten Mischungen aus. Außer dem Gewölbeschub und dem Eigengewicht ist hier noch der Erddruck und bei Strombrücken oft noch der Wasserdruck aufzunehmen. Pfeiler wie Widerlager müssen durchaus standsicher sein und sich weder kippen noch verschieben lassen. Bei sehr schrägen Drucklinien werden die Sohlen der Widerlager daher oft abgetreppt oder ganz oder teilweise schräg, annähernd winkelrecht zur Drucklinie angeordnet.

Verlorene Widerlager bilden die unmittelbare Fortsetzung des Gewölbes. Ihre Anwendung ermöglicht meist eine Baustoffersparnis.

### **f) Fahrbahn, Entwässerung und Abdeckung.**

Bei Steinbrücken wird die Fahrbahn meist dadurch gebildet, daß man eine Erdschüttung auf das Gewölbe oder dessen Abdeckung aufbringt, die bei Straßenbrücken die Befestigung durch Schotter oder Pflaster aus natürlichen oder künstlichen Steinen, durch Kleinpflaster, Holzpflaster, Stampfasphalt oder Stampfasphaltplatten aufnimmt, während bei Eisenbahnbrücken das Kies- oder Schotterbett des Gleises auf dieser Erdschüttung aufruhet. Sie wird an den Seiten durch die meist trapezförmigen Stirnmauern begrenzt, welche die Gesimsplatte sowie das Geländer oder

die Brüstung tragen. Die höchstzulässigen Steigungen der Brückenbahn sowie der anschließenden Rampen städtischer Straßenbrücken betragen für Steinpflaster 1 : 40 (ausnahmsweise 1 : 33), für Schotter 1 : 20, für Holzpflaster 1 : 25 (in Berlin bis 1 : 40), für Stampfasphalt 1 : 70. — Die seitlichen, erhöhten Fußwege werden durch Platten aus natürlichem oder künstlichem Stein, Gußasphalt u. dgl. befestigt. In der zwischen Fahrbahn und Fußweg befindlichen Rinne wird das Tagewasser von der Brückenmitte aus möglichst über die Widerlager weg abgeführt. Das durch die Fahrbahn in die Erdüberschüttung eindringende Wasser muß auf der Gewölbeabdeckung mit genügendem Längen- und Quergefälle möglichst rasch und für das Bauwerk unschädlich abgeführt werden entweder über die Widerlager oder nach Entwässerungspunkten, die sich in den Gewölbescheiteln, den Kämpfern oder in den Pfeilern befinden; auch durch die Stirnmauern findet die Entwässerung statt. Die Gewölbehinter- und -übermauerung ist daher sehr sorgfältig wasserdicht abzudecken, etwa durch doppelte Ziegelflachschiecht mit Zementierung und darüber aufgebracht Goudron- oder Asphaltflachschiecht, oder durch Asphaltflachschiecht, Siebelsche Bleisulierplatten u. dgl. Diese Abdeckungen werden auch an den Stirnmauern in die Höhe geführt und greifen zweckmäßig in die Fuge unter der Gesimsplatte ein.

Die übergreifenden Ränder der dünnen, zuweilen mehrfachen Bleieinlagen oder Bleisulierplatten werden verlötet, ebenso dickere Bleiplatten von 2—3 mm Stärke, die zwar teuer sind, aber einen sicheren Schutz gewähren und namentlich bei Brücken für Kanäle zur Verwendung kommen. Gegen Beschädigung durch Ruderstangen usw. werden sie mit Pappe, Sand, Ziegelflachschiecht und Bohlenbelag abgedeckt. Da Blei von Zement- und Kalkmörtel stark angegriffen wird, muß die Bleiplattenschicht sehr sorgfältig, etwa durch eine Zwischenlage von Dachpappe vor der Berührung mit Zement, Kalk oder Beton oder mit Kalk- oder Zementmörtel aufgeführtem Mauerwerk geschützt werden.

In den tiefsten Punkten der Entwässerung ist je ein gußeisernes Abfallrohr angebracht von 10—15 cm Durchmesser. Durch die Pfeiler entwässert man auch mittels 25—35 cm weiter Steinzeugrohre. Die Rohre werden mit ihrem oberen tellerartigen Rande sehr sorgfältig an die Asphalt- oder Zementabdeckung angeschlossen, so daß das Wasser nie durch entstehende Risse nach dem Gewölbemauerwerk gelangen kann. Auf den tellerartigen Rand setzt sich ein siebartiger Aufsatz, der mit einer Steinpackung umgeben ist. Durch diese Anordnung wird der Kies usw. der Überschüttung zurückgehalten.

Die die Abdeckung tragende Übermauerung wird in der Regel aus geringwertigeren Baustoffen hergestellt. Sie trägt die Fahrbahn, gibt der Abwässerung das notwendige Gefälle und verbessert die statische Beanspruchung. Bei Halbkreis- und ähnlichen Bögen ist sie für die Standsicherheit des Gewölbes durchaus erforderlich. Hohe Hintermauerungen vergrößern in unerwünschter Weise das ohnehin große Eigengewicht der Steinbrücken. Man löst daher häufig höhere Hintermauerungen in einzelne Zungenmauern auf, die in der Längs- oder Querrichtung der Brücke angeordnet werden und deren 0,9—1,4 m weite Zwischenräume man oben mit Platten oder Gewölben abschließt.

### 3. Baustoffe eiserner Brücken<sup>1)</sup>.

#### a) Das zu eisernen Brücken verwendete Eisen.

Für eiserne Brücken wird hauptsächlich Flußeisen, in neuerer Zeit auch immer mehr Stahl (Schweißstahl und Flußstahl), in jüngster Zeit auch Nickelstahl und rostfreier Chromnickelstahl mit sehr hoher Festigkeit angewandt. Sehr wichtig ist wie auf anderen Gebieten besonders auch für den Bau eiserner Brücken die Erzeugung und Verwendung eines tadellosen Baustoffes von möglichst hoher

<sup>1)</sup> Siehe auch Anhang.

Festigkeit, durch den bei Verminderung der Querschnitte und damit des Eigengewichts der Konstruktionen die Sicherheit und Dauer der Bauwerke erhöht wird. Mit den Stahlwerken und Eisenbauanstalten sind daher in der Regel Versuchsanstalten verbunden. In den „Kruppschen Monatsheften“ (März April 1920) wird von Dr.-Ing. M. Moser „Die mechanische Prüfung der Werkstoffe auf der Kruppschen Gußstahlfabrik“ eingehend beschrieben.

Vorgenommen werden u. a. Zug- und Druckversuche, Härteprüfungen, die in besonderen Fällen die Zerreißversuche ersetzen können, Biegeversuche usw. Sehr große Bedeutung haben heute Biegeproben erlangt, bei denen auf der gezogenen Seite des Probestabes eine Kerbe (scharf unter einem Winkel von  $45^{\circ}$  oder abgerundet mit 4 mm Durchmesser) angebracht wird. Die Kerbe zwingt den Stoff, die der Arbeit entsprechende Formänderung in verringertem Raume unter entsprechendem Anschwellen der Spannung zu vollziehen. Je schärfer die Kerbe, desto eher ist das Formveränderungsvermögen des Stoffes erschöpft. An jeder plötzlichen Querschnittsänderung eines Stückes tritt das für die Kerbwirkung kennzeichnende, schroffe, örtliche Anschwellen der Spannungen und damit in der Praxis oft ein Bruch ein. Das Materialprüfungsamt veröffentlicht in seinen Mitteilungen zahlreiche Fälle solcher Brüche, die bei gutem Werkstoff auf obige Wirkung zurückzuführen waren (z. B. 1908).

Bei der Kerbschlagprobe schlägt ein Hammer mit einem zahlenmäßig bekannten Arbeitsvermögen gegen die Probe. Man mißt nun die Arbeit, die verbraucht wird, um die Probe mit einem Schlag zu durchschlagen (Schlagarbeit) und dividiert sie durch den Querschnitt des Stabes. Man erhält so die spezifische Schlagarbeit oder die Kerbzähigkeit. Scharfe Kerben lassen die Kerbwirkung am stärksten hervortreten; mittels derselben können daher selbst geringe Unterschiede in der Wertigkeit der Werkstoffe herausgestellt und selbst sehr zähe Stoffe geprüft werden. Sehr bewährt hat sich von Einrichtungen für Kerbschlagproben der Pendelhammer von Charpy (Pendelschlagwerk).

Besondere Anlagen sind erforderlich für Dauerversuche, bei denen Probekörper der Einwirkung von Be- und Entlastungen u. dgl. für eine längere Zeit ausgesetzt werden (Mitteilungen des Materialprüfungsamtes 1908). (Eisenbahnachsen.)

Andere Versuche sind der Verdrehungsversuch, bei Drähten der Verwindungs-, Umschlag- und Winkelversuch.

Im Brücken- wie auch im Eisenbahnbau ist das Schweiß-eisen seit etwa dreißig Jahren fast ganz vom Flußeisen verdrängt worden. Mit dem C-Gehalt steigt die Festigkeit und Härte unter Abnahme der Zähigkeit, für welche die Größe der Formänderung vom Überschreiten der Elastizitätsgrenze bis zum Bruch ein Maß bildet. Wegen der größeren Sicherheit gegen die Wirkungen von Stößen zieht man im Brückenbau ein Eisen mit geringerer Zugfestigkeit bei größerer Zähigkeit vor. Beim Stahl erhöht C die Festigkeit und Elastizitätsgrenze, vermindert aber die Bearbeitungsfähigkeit und erhöht die Brüchigkeit. Letztere wird durch Nickelzusatz beseitigt, der den Stahl fest, zäh und dehnbar macht. — Waddel erhielt mit 0,45% C und 4,25 Ni einen Stahl mit 80 kg/qmm Festigkeit und rund 50 kg/qmm Elastizitätsgrenze. Die Gutehoffnungshütte in Oberhausen erzeugte schon vor dem Kriege einen Walznickelstahl von 56–65 kg/qmm Festigkeit, der sich gut in der Werkstatt bearbeiten ließ und preiswert war. Bei seiner Verwendung im Brückenbau wird nicht nur eine Gewichtsverminderung, sondern voraussichtlich auch immer eine Kostenverminderung sich ergeben.

In Amerika sind bereits eine Reihe großer Brücken aus Nickelstahl ausgeführt, z. B. die Brücke über den St. Lorenz-Strom bei Quebeck mit einer Mittelöffnung von 535,8 m Spannweite. — Eine von der Firma Krupp 1910 hergestellte Eisenbahnbrücke aus Chromnickelstahl von 30 m Lichtweite erwies eine Zulassung der Erhöhung der für gewöhnliches Flußeisen üblichen Spannungsziffer um 60% und hat sich gut bewährt. Das Gewicht ihrer Hauptträger

ergab sich um rund 35% geringer, als es bei Verwendung von gewöhnlichem Flußeisen betragen haben würde.

Die wichtigsten Konstruktionselemente sind: Blech, Flacheisen, Universaleisen, Winkeleisen, T-Eisen,  $\square$ -Eisen, I-Eisen,  $\Gamma$ -Eisen, Belageisen, Buckelplatten, Hängeplatten (Tonnenbleche), Wellblech, Trägerwellblech. Sie werden bei Normallängen und Normalgewichten nach Grundpreisen, bei größeren Abmessungen und Längen mit Überpreisen berechnet.

## b) Zulässige Inanspruchnahme des Eisens im Brückenbau.

Bei der Beanspruchung soll die Elastizitätsgrenze niemals überschritten werden. Unter Berücksichtigung unbeabsichtigter Veränderungen durch Rosten, Fehler, Nebenspannungen, Stöße u. dgl. wird die rechnerische Höchstbeanspruchung höchstens  $\frac{2}{3}$ — $\frac{3}{4}$  der Beanspruchung an der Elastizitätsgrenze ausmachen dürfen. Der Wirkung der durch die bewegliche Belastung hervorgerufenen Stöße trägt man durch Einführung des Stoßkoeffizienten  $\mu$  Rechnung, indem man die durch die ruhende Verkehrslast errechnete Höchstspannung mit  $(1 + \mu)$  multipliziert.  $\mu$  ist bei Eisenbahnbrücken größer als bei Straßenbrücken zu wählen. Die Sächsische Staatsbahn setzte z. B.  $\mu$  für Eisenbahnbrücken aus Flußeisen = 0,8. Bei Straßenbrücken wird man  $\mu$  nicht kleiner als 0,5 setzen.

### A. Eisenbahnbrücken<sup>1)</sup>.

#### 1. Gegliederte Hauptträger.

a) Auf Zug beanspruchte Teile gegliederter Träger und Gurtungen vollwandiger Träger (über 10 m Spannweite).

Stützweiten bis zu 20 40 80 120 160 200 m

Beanspruchung bei Flußeisen:

$\alpha$ ) ohne Rücksicht auf Winddruck „ „ 850 900 950 1000 1050 1100 kg/qcm

$\beta$ ) mit „ „ „ „ 1000 1050 1100 1150 1200 1250 „

Bei Schweißeisen sind diese Werte um 10% zu ermäßigen.

<sup>1)</sup> Vorschriften für die Preußisch-Hessischen Staatsbahnen vom 1. Mai 1903.



## b) Druckglieder.

Für die Druckbeanspruchung sind die gleichen Zahlen anzuwenden wie für die Spannungen der Zugglieder. Außerdem ist für die Druckglieder nach der Eulerschen Formel eine mindestens fünffache Sicherung gegen Knicken nachzuweisen.

## 2. Vollwandige Hauptglieder kleinerer Brücken und Fahrbahnträger.

## a) Hauptträger kleinerer Brücken.

Beanspruchung bei Trägern aus Flußeisen bis 10 m Stützweite bis zu 800 kg/qcm, bei Anwendung von Schweißeisen bis zu 750 kg/qcm.

## b) Quer- und Längsträger.

Wird das Schotterbett über die Brücke geführt, so daß eine unmittelbare Auflagerung des Oberbaues auf die Fahrbahnträger nicht vorhanden ist, so sind dieselben Beanspruchungen zulässig, wie bei den vollwandigen Hauptträgern.

Liegen die Schienen mittels Querschwellen auf den Längsträgern, so dürfen diese und die Querträger aus Flußeisen nur bis 750 kg/qcm, aus Schweißeisen bis zu 700 kg/qcm beansprucht werden.

Liegen die Schienen ausnahmsweise unmittelbar oder mittels eiserner Unterlagsplatten auf den Längsträgern, so sind diese bei Flußeisen nur bis 700 kg/qcm und bei Schweißeisen bis 650 kg/qcm zu beanspruchen. Das gleiche gilt für die Querträger, wenn sie in Ermangelung von Längsträgern die Schienen unmittelbar tragen.

## Niete.

Bei den Nietverbindungen sind Niete zur Verbindung von Hauptträgerteilen und solche in den Wind- und Eckverbänden für eine zulässige Scherspannung zu berechnen, welche höchstens die oben unter 1a ohne Rücksicht auf Winddruck angegebenen Werte erreicht (also 90% der

Reihe  $\alpha$  sind zulässig). Der Lochleibungsdruck darf höchstens den doppelten Wert der Scherspannung erreichen. Niete, welche zum Anschluß der Längsträger zweiter Ordnung an die Querträger und der Querträger an die Hauptträger dienen, dürfen nur Scherspannungen erhalten, welche um 50 kg/qcm kleiner sind als die Spannungswerte oben unter 2; der Lochleibungsdruck darf auch hier gleich dem doppelten der Scherspannung sein.

### B. Straßenbrücken.

Die Beanspruchungen stehen hier in einer gesetzmäßigen Beziehung zu den Belastungsannahmen, insbesondere zu der Größe der Stoßkoeffizienten. Es sind keine genauen, allgemeingültigen Vorschriften üblich. Einige Vorschriften:

Behörde:	Zulässige Beanspruchung in kg/qcm		
1. Sächs. Staatsbahn	Wie bei Eisenbahnbrücken		
2. Reichseisenbahnen in Elsaß-Lothringen	a) Fahrbahnträger (Quer- und Längsträger)		
	Fahrbahn aus Bohlenbelag . . . .	Zug u. Druck 650	Abscheren 600
	Fahrbahn aus Schotter und Pflaster . . . . .	700	600
	b) Vollwandige c) Gegliederte	Hauptträger: wie bei Eisenbahnen	
3. Bayerische Staatsbahnen	Sinngemäß nach den Vorschriften für die Eisenbahnbrücken durchzuführen		

### c) Fahrbahn und Querkonstruktionen.

#### A. Eisenbahnbrücken.

Die Fahrbahn besteht aus dem Gleise mit oder ohne Bettung im Kies oder Schotter. Die frühere Verlegung des Gleises ohne Bettung auf der Brücke verringerte das

Eigengewicht. Die Verlegung mit Bettung macht das Gleis von der Brücke unabhängig; Weichen und Kreuzungen lassen sich leicht anordnen; Feuersgefahr ist nicht vorhanden, die Durchbruchgefahr geringer. Die Stöße durch die Züge werden bedeutend abgeschwächt, ebenso das Geräusch. Aufsicht und Unterhaltung brauchen geringer zu sein.

Bei der ersten Anordnung ruhen die Schienen auf eisernen Unterlagsplatten. Bei den preußischen Staatsbahnen werden unter dieselben zur Abschwächung des Geräusches und zur guten Druckübertragung 2,0 cm starke Filzplatten gelegt, die durch seitlich aufgenietete 25 mm starke und 60 mm breite Flacheisen begrenzt werden. Federnde Klemmplatten halten die Schienen fest.

Bei der Auflagerung der Schienen auf Holzquerschwellen werden Stöße und Geräusche gemildert. Querschnitt der Schwellen  $24/26$ ,  $18/25$  oder  $21/25$  cm, Länge 2,7–4,8 m. Lange Querschwellen tragen auch die Fußwege und Geländer. Die Schwellen bestehen am besten aus Eichenholz, doch auch aus Kiefern-, Fichten-, Buchen- oder Lärchenholz, das am besten mit Teeröl getränkt ist. Stöße sind auf kleinen Brücken zu vermeiden, auf großen durch Verwendung 15 m langer Schienen einzuschränken. Die Fußwegbohlen sind 5–6,5 cm dick.

Als eiserne Querschwellen werden Belageisen (N. P. 11) oder solche mit geradlinig begrenztem Querschnitt verwandt, die meist mit engem Zwischenraum von 15–25 cm mit vier Nieten oder durch Klemmplatten und Schrauben mit den Trägern verbunden werden. Unter ihnen wird in der Gleismitte ein „Entgleisungsträger“ angebracht. — Für das Begehen der Brücke hat man 7 mm starke Riffelbleche mit 5 mm Zwischenraum auf den Schwellen befestigt und zur Dämpfung des Geräusches zwischen aufgenieteten Winkeleisen eine dünne Kiesschicht aufgebracht.

Wird das Gleis auf einer Bettung über die Brücke geführt, so ist eine durchgehende Fahrbahntafel aus Buckelplatten, Hängeblechen oder ebenen Blechen zu bilden, die von einem Gerippe aus Quer- und Längsträgern getragen wird. — Die Bettung aus gesiebttem Steinschlag oder grobem Kies soll zwischen Schwelle und Platte mindestens 15, besser 20 cm betragen.

Die Entwässerung geschieht durch Einzelentwässerung der Buckelplatten oder besser durch Abführung des Tagewassers über die Widerlager. Buckelplatten erhalten in der Mitte ein 25—35 mm weites Loch, unter welches eine 35—45 mm weite Tülle aus Gasrohr oder Zink geschraubt oder gelötet wird. Oberhalb des Loches bringt man gußeiserne Schutzhauben mit Schlitzen oder Siebe, Steinplatten, Klinker und darüber Geröllpackung gegen Verstopfung an. Die Fugen werden mit Asphaltkitt u. dgl. gedichtet. Aus den Tüllen gelangt das Wasser in untergehängte Quer- und Längsrinnen (Gefälle  $> 1:100$ ) nach den Widerlagern, wo es durch Abfallrohre abgeleitet wird.

Kleinere Brücken kann man bei genügendem Gefälle besser über die Widerlager abwässern, indem man Asphalt- oder Zementbeton bis 7 mm stark über die höchsten Stellen der Buckelplatten auf diese aufbringt und mit Asphaltfilz od. dgl. abdeckt, die Abdeckung an den Seitenwandungen des Koffers hochzieht und anklebt oder den Rand durch Gegenschrauben eines Profileisens befestigt. Auf die Abdeckung bringt man eine Schutzschicht etwa in Form einer ohne Mörtel flach gelegten Hartziegelschicht auf. Darüber erfolgt die Kiesschicht. Das Tagewasser wird nach einer in der Brückenlängsachse gelegenen oder nach zwei seitlichen Längsrinnen nach den Widerlagern hin abgeleitet. Den Endabschluß bildet ein 10—15 mm starkes Schlepblech mit Seitenwänden als Fortsetzung der Kofferseitenwände und umgebogenem Rand als Wassernase.

### B. Straßenbrücken.

Die Fahrbahndecke besteht aus Bohlenbelag, Schotter, Stein- oder Holzpflaster, Asphalt usw. Für den Bohlenbelag gilt das schon bei den hölzernen Brücken Ausgeführte. Sonst

wird die Fahrbahntafel fast stets aus Eisen oder Eisenbeton hergestellt. Eiserne Fahrbahntafeln werden wie bei Eisenbahnbrücken gefertigt. Die Schotterdecke ist i. M. 15 cm stark, Steinpflaster (sehr schwer) 12 cm auf 2 cm starker Kiesbettung über der Betonabdeckung. Die Fugen werden bis 2 cm hoch unten mit einer Teer- und Pechmischung, oben mit Zement oder Asphalt gefüllt. Holzklötze sind zum Schutz gegen Fäulnis zu durchtränken. Asphaltbelag wird 5 cm stark gemacht. Die Quergefälle richten sich wie bei den Straßen nach der Glätte des Baustoffes.

### C. Fußwege.

Bei hölzerner Fahrbahn bestehen sie aus einem 5–10 cm starken Bohlenbelag. Steinplatten sind 8–10 cm stark, Eisenbetonplatten mindestens 5–6 cm. Letztere können sowohl auf dem Werkplatz wie an Ort und Stelle gefertigt werden.

Etwā vorhandene besondere Fußwegtafeln bestehen aus leichten Belageisen, Wellblech- oder Trägerwellblech usw. mit Betonüberfüllung oder aus Eisenbeton, während die Decke dann aus Zementestrich oder Gußasphalt (2 cm) hergestellt wird.

### d) Allgemeines über Hauptträger.

Die Hauptträger sind Balken-, Bogen- oder Hängeträger. Balkenträger sind vollwandig oder haben gegliederte Wandungen (Fachwerksträger). Sie haben zwei Auflager oder gehen über mehrere Stützpunkte weg (durchlaufende Träger). Vollwandige Balkenträger braucht man bei Stützweiten bis zu 20 m (Preußische Brückenverordnung 1903). Fachwerksträger sind bei größeren Spannweiten leichter, erfordern aber mehr Arbeit. Blechträger sind einfach herzustellen und daher billiger. Sie gestatten gute und leichte Unterhaltung des Anstrichs gegen Rost. Querträger können

an beliebiger Stelle angebracht werden. Sie sind schwer und bieten dem Winde eine große Angriffsfläche. Vollwandträger werden auf Biegung, die Glieder der Fachwerksträger auf Zug- und Druck-, verbunden mit Knickfestigkeit, beansprucht. Gewalzte Träger der Normalprofile (30 bis 40% billiger als Blechträger) verwendet man als Hauptträger bei Eisenbahnbrücken bis 4 m, bei Straßenbrücken bis 8 m Stützweite, breitflanschige Differdinger Träger bei ersteren bis zu 12, bei letzteren bis zu 15 m. Die Durchbiegung in der Mitte gewalzter Träger soll nicht größer als  $\frac{1}{1500}$  bis  $\frac{1}{1000}$  sein.

Walzbalken werden auch in geringen Abständen bis 90 cm verlegt, durch Bolzen verbunden und mit Beton umhüllt, wodurch das Eisen geschützt bleibt und der Anstrich erspart wird.

Blechträger mit  $h/l = 1/7 - 1/20$ , i. M.  $1/9 - 1/12$  bestehen aus einem 10–15 mm starken Stehblech mit zwei Winkel-eisen in jeder Gurtung (mindestens N. P. 6½). Bei größerer Beanspruchung werden bis zu drei Gurtungsplatten (10 bis 13 mm) aufgenietet. Überstand derselben über die Winkel-eisen 5, höchstens (bei einer Gurtungsplatte) 45 mm. Die Höhe der Blechträger ist meist auf ihrer ganzen Länge die gleiche. Bei großen Spannweiten werden die Höhen an den Auflagern auch niedriger gemacht. Da die Momente nach den Auflagern hin abnehmen, werden die Deckplatten der Gurtungen meist nur auf den Trägerteilen aufgenietet, in denen sie zur Erzielung des notwendigen Widerstandsmoments erforderlich sind.

Fachwerksträger bestehen aus den Gurtungen und den Gitterstäben. Letztere sind beim Netz- oder Maschenwerk abwechselnd von links nach rechts und von rechts nach links geneigt, während sie beim Ständerfachwerk abwechselnd lot-

recht und geneigt angeordnet sind. — Nach der Form der Gurtungen unterscheidet man Parallel-, Trapez-, Fischbauch-, Bogensehnen- und Linsenträger.

Bei den auf Druck beanspruchten Stäben ist bei der Formgebung Rücksicht auf Sicherheit gegen Knickbeanspruchung zu nehmen. Die Stäbe werden aus Blechen, Winkeleisen und Walzeisen zusammengesetzt und die einzelnen Teile durch Niete miteinander verbunden. Vorschrift der preußischen Brückenordnung: „Die einzelnen Glieder sind, soweit sie nicht aus Flacheisen bestehen, nach Möglichkeit aus I- oder  $\square$ -Eisen oder sonstigen, das Zusammenheften mit durchlaufenden Nietreihen entbehrlich machenden Walzstäben, wie  $\perp$ -Eisen oder über Kreuz gestellten Winkeleisen, zu bilden. Die  $\square$ -Eisen empfehlen sich besonders für die Gurtungen, die I-Eisen für die gedrückten Wandglieder der größeren, die Kreuzquerschnitte aus Winkeleisen für diejenigen der kleineren Brücken.“ — Wassersäcke sind unter allen Umständen zu vermeiden.

An den Knotenpunkten werden die Stäbe miteinander durch Vernietung, in Amerika vielfach durch Gelenkbolzen verbunden. Die Achsen (Schwerlinien) aller in einem Knotenpunkte zusammentreffenden Stäbe sollen sich möglichst in einem Punkte schneiden (Knotenbleche).

### e) Lager der Träger und Gelenke.

Die Lager sollen den Auflagerdruck auf eine genügend große Fläche der Auflagersteine nach deren zulässiger Beanspruchung übertragen und eine Bewegung des Trägerendes gegen das Mauerwerk gestatten. — Feste Lager und bewegliche Lager. — Bei Kipplagern kann sich bei einer Durchbiegung des Trägers das Trägerende schief stellen. — Bei Zapfenkipplagern findet die Berührung in einem Zapfen statt, bei Tangentialkipplagern in der Berührungsebene einer Zylinderfläche. Bewegliche Lager sind Gleitlager und Walzen- oder Rollenlager. Die Lager kleinerer Brücken werden vielfach aus Gußeisen hergestellt, namentlich die Lagerplatten, bei größeren aus Gußstahl. — Bei Wärmeänderungen und Belastungen muß sich das

Trägerende um etwa 1 mm für das laufende Meter verschieben können ( $f = 0,25$  für Eisen auf Eisen als Reibungskoeffizienten). Die Unterplatte der Tangentialkipplager besteht aus einer oben schwach zylindrisch gewölbten Gußeisenplatte mit seitlichen, erhöhten Rändern gegen Verschiebung, während unter das Trägerende eine Blechplatte genietet ist.

Die Unterplatte wird mit dem Auflagerstein durch 2—3 Steindübel (15 cm lang, 2 cm stark) verbunden, die in einem 3 cm weiten Loch mit Blei, Zement oder Eisenkitt vergossen werden. Zwischen Platte und Auflagerstein befindet sich eine 15 mm starke Zementschicht. Auch Querrippen auf der Plattenunterseite dienen zur Verhinderung einer Plattenverschiebung. — Beim festen Lager wird eine Verschiebung des Trägers durch angegossene Nasen der Fußplatte verhindert, die in Aussparungen der oberen Platte eingreifen, oder durch Coupillen, d. h. zylindrische, 8 cm lange, mit ihrem unteren, zylindrischen Teil 6 cm tief in die Fußplatte eingelassene Eisenkörper, die mit ihrem oberen, evolventenartig geformten Ende in ein zylindrisches Loch der Trägerplatte eingreifen und eine Verschiebung verhindern, ein Schiefstellen des Trägers durch die Belastung aber zulassen.

Bei Tangentialkipplagern für größere Brücken wird die Unterplatte zur besseren Druckübertragung auf eine größere Fläche höher gemacht. Oben wird eine besondere, zylindrisch abgewölbte stählerne Stützplatte eingesetzt. Auch die unter dem Trägerende befestigte Platte besteht aus Stahl.

Das Zapfenkipplager besteht aus dem unteren Lagerstuhl, der mit einer Rippe in den Auflagerstein eingreift und hier mit Zement vergossen wird, und der oberen, unter dem Trägerende befestigten Kipplatte, zwischen denen der Kippbolzen eingelagert ist. Die beiden ersten Teile werden mit entsprechender Sprengfuge zunächst in einem Stück gegossen. Dann wird das Stück für den Kippbolzen sauber ausgebohrt, der Kippbolzen genau passend abgedreht und nach Trennung der Lagerteile eingelegt.



Beim Rollen- oder Walzenlager wird zwischen der Grundplatte und dem Lagerstuhl ein Rollen- oder Walzenwagen eingeschaltet. Die Lauffläche der Grundplatte wird sauber abgehobelt. Die Rollvorrichtung besteht aus Rollen mit vollem Kreisquerschnitt oder aus Flachwalzen oder Pendeln. Letztere müssen sorgfältig gegen Umfallen gesichert werden. — Alle Lager müssen leicht zugänglich und zu reinigen sein.

Bogenträger erhalten meist zwei Gelenke an den Kämpfern (Zweigelenkbogen). Dreigelenkbogen erhalten außerdem noch ein Gelenk im Scheitel. Die Kämpfergelenke werden ähnlich wie bei den Balkenbrücken angeordnet (Walzgelenke). Scheitelgelenke müssen außer horizontalen auch lotrechte Kräfte aufnehmen können (Zapfen und Feder aus 10 mm starkem Stahl).

#### **f) Nietverbindungen und Eisenbearbeitung.**

Vom Normenausschuß der Deutschen Industrie sind Form und Abmessungen normaler Schellkopfniete für Eisenbauten festgestellt. Die Schaftdurchmesser ( $d$ ) betragen 4, 5, 6, 8, 10, 13, 16, 19, 22, 25, 28, 31, 34, 37, 40 und 43 mm. Der Kopf hat Kugelkalottenform mit der Breite  $D = 1,6 d$  und der Höhe  $k = 0,66 d$ . Die Nietlöcher sind 1 mm größer als der Schaftdurchmesser  $d$  zu bohren. Höchstwert der Ausrundung zwischen Kopf und Schaft 0,05  $d$ . Die Löcher sind nur abzugraten. Nach dem Ende verläuft der Schaft etwas kegelförmig. Werkstoff bildet Flußeisen von 34–41 kg/qcm Festigkeit bei 25% Bruchdehnung.

Nach den Vertragsbedingungen für die Anfertigung, Anlieferung und Aufstellung von Eisenbauwerken vom 14. 6. 1912 sind Niet- und Schraubenlöcher in den Stäben und Knotenblechen zu bohren. Die Löcher dürfen keine Risse zeigen. Die Niete sind in hellröt-warmem Zustande nach Beseitigung des Glühspans in die gehörig gereinigten Nietlöcher unter gutem Vorhalten einzuschlagen. Sie müssen die Löcher bei der Stauchung vollständig ausfüllen. Bei

der Anwendung von Nietpressen darf der Druck erst nach dem Schwinden der Glühhitze, etwa nach 10—15 Sekunden abgestellt werden. Setz- und Nietkopf müssen in der Achse des Nietschaftes sitzen. Beide Nietköpfe müssen gut anliegen. Neben den Nietköpfen dürfen keine schädlichen Eindrücke entstehen. Die Niete dürfen nicht verstemmt werden. Lose Niete sind herauszuschlagen und durch vorschriftsmäßige zu ersetzen. In keinem Falle dürfen lose Niete kalt nachgetrieben werden. — Schraubenköpfe und Muttern müssen mit der ganzen Anlagefläche aufliegen. Bei schiefen Anlageflächen sind schräge Unterlagsscheiben zu verwenden.

Die durch Niete oder Schrauben zu verbindenden Teile müssen genau aufeinanderpassen und in den Fugen dicht schließen. Der Grat an Walzeisen und Gußeisenstücken ist zu beseitigen. Formeisen über 160 mm Höhe dürfen nicht mit der Schere geschnitten werden, im übrigen sind die durch Scherenschnitt beschädigten Kanten durch volles Abarbeiten zu beseitigen. Einspringende Ecken bei Blechen dürfen nur dann mit der Schere geschnitten werden, wenn an dem Endpunkt eine genügende Zahl von Löchern vorgebohrt ist, um das Einreißen mit Sicherheit zu verhindern. — Die Berührungs-, Gleit- und Rollflächen der Auflagerrollen sowie der Zapfen der Säulenköpfe sollen mit Maschinen genau nach Zeichnung bearbeitet werden.

Auf einen tadellosen Werkstoff ist schon bei der Gewinnung desselben und weiter bei der Formgebung durch Gießen, Walzen usw. ein Hauptaugenmerk zu richten. — In der Gießerei wird von Gußeisen hauptsächlich graues Roheisen mit hohem Si-Gehalt und Graphitausscheidung verwandt. Je langsamer abgekühlt wird, desto mehr Graphit scheidet sich aus, und desto gröber und dunkler wird das Korn. Man kauft das Roheisen am besten nach seinem Si-Gehalt (von 1,8—3%) und nach seinen Beimengungen an Mangan, Phosphor und Schwefel. Si erniedrigt, Mn erhöht den Schmelzpunkt; P macht dünnflüssig, aber zugleich stark kaltbrüchig. S macht dickflüssig und ist stets ein unangenehmer Begleiter.

Das Umschmelzen findet in Tiegeln, Flamm- oder Kupolöfen statt. Das geschmolzene Eisen wird unter kräftigem Umrühren in die Gießpfanne abgelassen (gute Mischung, Entfernung der Gase).

Flußeisen und Stahlformguß wird verwandt für verwickelte und hochbelastete Eisenbauteile von hoher Festigkeit und Widerstandsfähigkeit, wenn die Herstellung aus Gußeisen zu starke Massen liefert und das Schmieden zu teuer wird. Das Schmelzen geschieht in Tiegeln, Siemens-Martin-Öfen oder in elektrischen Öfen. Für Herstellung dichter, gut ausgebildeter Stahlformgußstücke muß neben Herabminderung aller schädlichen Beimengungen (P, S, Cu) auf das Mindestmaß für gießfertigen Stahl bestimmter Wärme gesehen werden, da sonst der Guß durch Auflösung der Flammengase (O, N, H) blasig wird.

Die Menge dieser Gase hängt von der Wärme des Bades ab. Mit sinkender Wärme entläßt das Bad die Gase wieder. Tritt dies unter stürmischem Kochen und Aufwallen auf, so erstarrt das Eisenbad vorzeitig, und die bereits entstandenen Gasblasen werden am Entweichen gehindert und geben blasigen Guß. Dies verhindert hoher Siliziumgehalt des Eisens und ein Aluminiumzusatz von höchstens 0,1% zum fertigen Guß.

Die Formen bestehen meist aus feuerfestem Ton (gemagert mit Schamotte, Graphit oder Holzkohle). Da hartgebrannte Formen nicht nachgiebig sind, das Flußeisen aber um 1,13–2,0%, d. h. doppelt so stark schwindet wie Gußeisen, so ist das Gußstück zur Verhütung von Warmrissen bei Beginn der Erstarrung rechtzeitig freizulegen. Warmrisse treten besonders dann ein, wenn das Gußstück durch Vorsprünge oder übergroße Reibung am Formsande an der Zusammenziehung gehindert wird. Sie sind an der Oxydhaut der Rißflächen kenntlich. — Kaltrisse entstehen durch Trennung der schneller erkaltenden, dünnen Teile von den dicken. Zur Verhinderung obiger Fehler ordnet man doppelt soviel Saugtrichter an wie bei gewöhnlichem Guß. Der flüssige Stahl erstarrt viel eher als Gußeisen; er muß daher auf möglichst

kurzem Wege in die Formquerschnitte eintreten. Zur Erzielung reiner Oberflächen muß die Form nach oben verlängert werden, wo sich alle Unreinigkeiten ansammeln. — Fließnarben entstehen durch sich abscheidende, vorzeitig erkaltende Eisenkristalle.

Zur Vermeidung von Spannungen und zur Umwandlung des spröden, etwas grobkörnigen Gefüges in zäheres Feinkorn werden die Gußstücke mit Saugtrichtern und verlorenen Köpfen in Glühöfen auf 700—900° langsam angewärmt, 12—24 Stunden in dieser Glut belassen und in dreimal so langer Zeit bei Vermeidung jeden Luftzutritts langsam abgekühlt.

Die Eigenschaften des aus Flußeisen hergestellten Gutes hängen in erster Linie von der sorgfältigen Behandlung der Gußblöcke oder Brammen ab. Durch falsche Behandlung beim Gießen können die Stahlblöcke Schrumpfungshohlräume, Ganghohlräume, starke Seigerungen, große Blasen Hohlräume, Randblasen und Schalen erhalten. Der entstehende Hohlraum heißt Lunker. Die Möglichkeit ist gegeben, daß unter Umständen kein Lunker entsteht. — Am stärksten ist der Einfluß der Entmischung auf die Kerbzähigkeit, die bei den stark geseigerten Kopfteilen außerordentlich gering und unregelmäßig ist. Deshalb ist das Kopfeisen gegen Stöße sehr unzuverlässig, also für Brücken- und Eisenbahnbau unbrauchbar. — Gewalzte Teile aus dem Lunkerende sind meist kalt- und warmbrüchig. Diese gefährlichen Blockteile müssen bis zu 33% der Blocklänge entfernt werden.

Mechanische Bearbeitung (wie Walzen usw.) ändert die Form der Körner des kristallinisch-körnigen Gefüges des Flußeisens durch Strecken, am stärksten an der Oberfläche. Je kälter das Eisen beim Bearbeiten wird, desto größer ist der Arbeitsaufwand zum Strecken der Körner, desto eher behalten die Körner ihre Streckrichtung bei, desto mehr Spannungen entstehen im Körper aus dieser erzwungenen Lage.

Die Streckung kann zur Zertrümmerung der langgestreckten Körner führen; dann bilden sich kleinere Körner mit langgestreckter Achse. Das Gefüge wird um so feinkörniger, je stärker die Streckung

ist, je kälter der Stoff wird; die Zugfestigkeit steigt, die Dehnung sinkt sehr stark. Der Stoff gewinnt an Elastizität, wird aber nach Überschreiten der Elastizitätsgrenze stark bruchunsicher.

Beim Erhitzen über  $780^{\circ}$ , noch mehr über  $900^{\circ}$ , gehen die Körner wieder in ihre ursprüngliche Gestalt zurück und behalten diese bei langsamer Abkühlung bei. Je heißer daher das Eisen verwalzt, je eher es fertig und je langsamer es abgekühlt wird, desto natürlicher ist die Gestalt der Kristalle, da sie sich unter der Eigenwärme des Körpers wieder einrichten können.

Zwischen  $200$  und  $350^{\circ}$ , wobei das Eisen blau anläuft, ist es sehr spröde. Es hat an Zugfestigkeit zugenommen, Dehnung und Einschnürung sind aber verhältnismäßig gering. Jedes Eisen ist blaubrüchig, und zwar um so stärker, je reiner von Schlacke es ist. Wird das Eisen in den oben angegebenen Grenzen bearbeitet oder gebogen, so entstehen bleibende Spannungen, die, wenn sie nicht durch Ausglühen beseitigt werden, bei starken Beanspruchungen unerwartet Bruch herbeiführen können. — Daher ist das Bearbeiten von Eisen in Blauwärme untersagt.

Bei Abkühlung auf  $500^{\circ}$ , die im Dunkeln erkennbare Rotglut, sollte jedes Schmieden eingestellt werden. (Richten nur in hellrotwarmem Zustande.) Daß Bearbeitung in Blauwärme erfolgt ist, kann nachgewiesen werden bei Ribbildungen durch blaue, gelbe oder braune Anlauffarben, sonst durch Sprödigkeit und schlechte Kerbzähigkeit der den Bruchstücken entnommenen Kerbproben und durch chemische Untersuchung, wenn diese nach Vergleich mit sorgfältig ausgeglühten Gegenproben den zulässigen Phosphorgehalt von  $0,04\%$  ergibt.

Die chemische Zusammensetzung ist von wesentlichem Einfluß auf die Schmiedbarkeit. Je stärker der C-Gehalt, desto geringer die Schmiedbarkeit, die bei  $2,6\%$  C, auch wohl schon früher, aufhört.

Rotbrüchigkeit ist die Neigung des Eisens zum Rissigwerden und Brechen bei Bearbeitung in Wärmestufen über

500°. Sie entsteht nach Maßgabe des Gehalts an S,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , O, Sn und Cu bei Mangel an Mn.

Faulbrüchigkeit ist die Neigung des Eisens zum Rissigwerden bei jeder Wärme; sie ist die Folge ungenügender Entfernung basischer Schlacke.

Kaltbrüchigkeit ist große Sprödigkeit des Eisens gegen Biegen und Stöße bei gewöhnlicher Wärme; sie wird besonders durch P bewirkt, auch durch eingeschlossene Fremdkörper.

Bedeutende Einbuße an Festigkeit und Zähigkeit erleidet kaltes Eisen durch Lochern und Schneiden. Dabei entsteht ein spröder Ring oder Streifen, der nach der Streckung des übrigen Eisens übermäßig beansprucht wird und um so mehr den Ausgang für Anbrüche bildet, je schlechter das Schneidzeug ist. Durch Lochversuche hat man gefunden, daß die Festigkeit 20—34% verlor, je nachdem weiches oder hartes Eisen vorlag. Dünne Platten zeigten geringere Verluste als dicke. Wird der spröde Ring oder Streifen entfernt, so schwindet auch die Verschlechterung; bei Löchern genügt hierfür eine Erweiterung des Durchmessers mit dem Bohrer um 2 mm. Durch Ausglühen über 730° können alle Folgen des Abschreckens, Lochens und Schneidens beseitigt werden.

Erschütterungen wirken wie Kalkbearbeitung und sind nachteilig, sobald die Elastizitätsgrenze überschritten wird. In der Ruhe bildet sich eine neue, höher liegende Elastizitätsgrenze, die sich der ebenfalls, aber viel langsamer steigenden Bruchgrenze nähert<sup>1)</sup>.

### g) Sorgfalt bei der Ausführung.

Die besten und tadellosesten Baustoffe können natürlich nicht zur Erzielung eines guten Bauwerkes dienen, wenn bei Herstellung desselben die dem Stoff entsprechenden Regeln der Baukunst nicht befolgt werden, und wenn bei der Aus-

<sup>1)</sup> Dr.-Ing. Barkhausen, Die Eisenbahntechnik der Gegenwart. Bd. 5. Wiesbaden 1914, C. W. Kreidels Verlag

führung nicht mit der nötigen Sorgfalt verfahren wird. Bei Brückenbauten ist dies um so mehr der Fall, als diese Bauwerke beständig der Witterung und Erschütterungen, oft noch der Einwirkung von Lokomotiv- oder anderen Rauchgasen ausgesetzt sind. Ein sehr lehrreiches Beispiel bietet eine größere Anzahl von Eisenbetonbrücken im Eisenbahndirektionsbezirk Kattowitz und Breslau, die kurze Zeit nach ihrer Herstellung Risse, Verrostung der Eisenlagen u. dgl. zeigten.

Das Alter der Brücken betrug 6—6½ Jahre. Der Beton war gut bis vorzüglich. Bewährteste schlesische Zemente waren verwandt worden. — Der die Brücken untersuchende Ausschuß<sup>1)</sup> stellte Mängel des Entwurfs und der Ausführung fest. Insbesondere wurden hervorgehoben: Unrichtige Lage der Eisen, Fehlen an erforderlicher Bauaufsicht, Frost während der Nacht bei ungeschütztem, frischem Beton, frühe Ausschalung, nicht genügendes Feuchthalten des Betons nach dem Ausschalen oder gar schutzloses Aussetzen desselben für Wind und Sonnenbestrahlung.

Als Ursache der Rissebildung wurden angesehen: Unvollkommenes Einlegen der Bügel, oft ungenügende Eckausrundung, mangelhafte Verankerung der Trageisen in den Ausrundungen der Ecken (Schalenrisse in den Ecken). Viele Schalenrisse sind eine Folge des Rostens der Trageisen; die Lage der Längsschwellen, oft ohne eine stoßmildernde Bettung, unmittelbar auf dem Beton usw.

Der Ausschuß kam zu dem Schluß, daß bei Eisenbetonbauten — wohl mehr als bei anderen Bauweisen — Mängel im Entwurf und namentlich bei der Ausführung vermieden werden müssen. Die Berücksichtigung hatte gezeigt, daß, wenn diese Bedingungen erfüllt sind, die Eisenbetonbauweise das ihr bisher gewährte Vertrauen auch in Zukunft verdient.

<sup>1)</sup> Zentralblatt der Bauverwaltung 1917, S. 245.

## VIII. Baustoffe des Wasserbaues.

### I. Baustoffe der Flußreglung.

Durch die Flußreglung soll ein Fluß seine Wassermassen möglichst ungestört und ohne Schaden anzurichten abführen, und diese Wassermassen sollen nach Möglichkeit der Schifffahrt, der Landwirtschaft und dem Gewerbe nutzbar gemacht werden. Die erforderlichen Bauwerke liegen außerhalb des Flusses (Hochwasserdeiche, Durchstiche usw.), im Fluß (Längs- und Querbauten) oder auf dem Ufer (Uferdeckwerke). — Die Baustoffe sind wegen der oft gewaltigen Massen möglichst aus der Nähe zu entnehmen (Steine, Strauchwerk, Kies).

Natürliche Steine finden Verwendung für Abrollungen und Pflasterungen, Steinwürfe und Steinschlaunen. Abrollungen bestehen aus einer nur oberflächlich geordneten und abgeglichenen Steinüberschüttung. Pflasterungen werden am besten aus regelrecht aneinandergefügten Bruchsteinen von möglichst gleicher, nicht zu geringer Dicke hergestellt. Alle Steine für Wasserbauten müssen fest, wetter- und frostbeständig sowie hart und zähe sein, damit sie durch Geschiebe und Eis nicht so leicht abgeschliffen werden. Ein hohes spezifisches Gewicht wird stets von Vorteil sein. Bei Pflaster ohne Mörtelverfugung muß die Unterlage aus Kies, Schotter oder aus kleineren Steinsplittern bestehen. Die Unterlage und Verfugungsstoffe dürfen nie so fein sein, daß sie durch das fließende Wasser herausgespült werden. Die Fugen gehen quer zur Stromrichtung bei Sohlenpflaster, bei Böschungspflaster mit der Stromrichtung sanft ansteigend. Böschungspflaster wird im allgemeinen nicht mit Mörtel verfugt. Bei etwa vorkommenden geringen Unterhöhungen vermögen die einzelnen Steine sofort nachzusinken und die Böschung weiter zu schützen, während



unter mit Mörtel verfugtem Pflaster sich unbemerkt große Unterhöhlungen bilden können, bis plötzlich die ganze freischwebende Platte zusammenstürzt. Nur wo Treibeis oder schwimmende Gegenstände einzelne Steine herausreißen können, wird man eine Verfugung mit hydraulischem Mörtel vornehmen und zugleich tief eingreifende Steine wählen, die an der Oberfläche glatt zu bearbeiten sind.

Künstliche Steine finden bei Mangel an Bruchsteinen ähnliche Verwendung wie diese, z. B. Klinker u. dgl. oder Steine oder Platten aus Beton oder Eisenbeton, Schlacke usw.

Steinwürfe, aus schwereren, einzeln ins Wasser geworfenen Steinen bestehend, sollen entweder den Bauwerken als feste Unterlage dienen oder dieselben oder die Böschungen gegen Unterspülungen sichern (feste und bewegliche Steinwürfe).

Buschwerk, Reisig, Ruten u. dgl., die die Ufergelände oft in großen Mengen darbieten, dienen in Gegenden, die keine oder wenig natürliche Gesteine besitzen, oft nebst Kies als Hauptbaustoffe für die Herstellung von Wasserbauten für die Flußreglung. Besonders werden Faschinen, Würste und Flechtzäune, Senkfaschinen und Senkwalzen daraus hergestellt.

Faschinen bilden etwa 3 m lange, 30 cm dicke, zusammengeschnürte Bündel aus langen, möglichst geraden Zweigen von Weiden, Pappeln und anderen Holzarten, die biegsam und am Stammende nicht über 3 cm dick sein sollen. Das Zusammenbinden erfolgt mit starken, gedrehten Ruten aus Weidenreisern usw. oder mit geglühtem, verzinktem Eisendraht.

Aus Faschinen werden in verschiedenen Zusammensetzungen zahlreiche Arten von Deckwerken, Längs- und Querbauten hergestellt. Zum Festnageln aufeinander oder auf dem Erdboden dienen 5 cm dicke, 0,6—1,5 m lange Hand- oder Spickpfähle aus hartem, am besten gespaltenem Holz, die fest haften. — Zum Festhalten ganzer Lagen werden Würste oder Bandfaschinen verwandt.

Sinkkörper bestehen aus Senkfaschinen, Sinkwalzen oder Sinkbäumen.

Durch Decklagen werden Erdwerke gegen die Angriffe des Wassers geschützt, indem ihnen eine widerstandsfähige Pflanzendecke gegeben wird (Weidenstecklinge, Rasenziegel, Würste oder Wippenstränge, Flechtwerkstränge, Berauhwehrung, Schuppen).

Sinklagen werden als mattenartige Faschinenkörper schwimmend aufs Wasser gebracht und durch Aufschüttung von Steinen, Schotter, Kies oder Sand versenkt. Schichtet man eine Reihe solcher Lagen aufeinander, so lassen sich auch in tieferem Wasser dammähnliche Körper aus Reisig und Belastungsstoffen von bedeutender Mächtigkeit und Haltbarkeit, wie Bühnen u. dgl. herstellen (Packwerksinkstücke, Packwerksinklagen).

Holzwerke sind Pfahlwerke oder Bollwerke (Bohlenwerke). Pfahlwände bestehen aus nebeneinander eingerammten Rundpfählen, die frei stehen oder mit Hilfe eines aufgezapften Holms nach hinten verankert sind. Bohlenwerke bestehen aus einzelnen Pfählen, die in der Regel auf der Landseite mit einer Bohlenbekleidung versehen sind. Die eisernen Anker sind an eingerammten Pfählen oder an stehenden Ankerplatten aus Holz, Eisen oder Eisenbeton befestigt. Hinterfüllungsboden ist am besten Lehm; für das Holzwerk verderblich ist Boden mit tierischen oder pflanzlichen, verwesbaren Bestandteilen.

Leitwerke aus Faschinen reichen mit ihrer Krone über das Mittelwasser und werden im Trocknen und in sehr seichtem Wasser aus Packfaschinen, in tiefem Wasser aus Packwerksinklagen hergestellt. Zur Herstellung eines Vorbaues eignen sich endlose Sinkwalzen, die von Fluggerüsten aus versenkt werden.

Leitwerke aus Bruchsteinen sind dauerhaft und verhältnismäßig leicht herzustellen, aber mehrfach teurer als

die vorigen. Ihre Krone reicht bis zur Mittelwasserhöhe. Sie bestehen aus festen Steinwürfen mit Ausgleichung der Höhe und möglicher Reglung der Böschung, wobei einzelne große Steine nicht vorstehen sollen, damit sie nicht bei Eisgang herausgestoßen werden.

Leitwerke in gemischter Bauweise werden als Kiesdämme mit Steinabrollung oder Steinvorfuß sowie als Verbindungen der verschiedenen Faschinenwerke unter sich oder mit Steinwerken hergestellt. Steindämme erhalten oft einen Kieskern. Auch aus endlosen, etwa 2 m breiten Sinkstücken von 0,6–1,2 m Stärke werden Leitdämme hergestellt.

Buhnen werden wesentlich wie Leitwerke ausgeführt. Bei größeren Tiefen erhalten Packfaschinenbauten einen Unterbau aus Sinkstücken. Die dem Wasserangriff sehr ausgesetzten Buhnenköpfe erhalten ein Pflaster aus großen Steinen, während die Krone meist nur durch eine Erddecke mit wachsfähiger Spreitlage befestigt wird.

Bei Wildbachverbauungen werden, um die Zerstörungen der Ufer und die Entstehung großer Schuttkegel an den Ausmündungen der Wildbäche in die Haupttäler zu verhindern, die starken Gefälle der Sohlen durch Abtreppungen abgeschwächt. An den Abtreppungen werden Sperren errichtet und die Sohlen befestigt. Die Sperren werden aus Holz oder Stein oder in gemischter Bauweise hergestellt.

Steinerne Sperren werden aus großen Steinen in Form liegender Bögen möglichst an engen Stellen mit felsigen Ufern ausgeführt. Die Bögen stützen sich gegen die felsigen Ufer oder gegen besondere Widerlagerlagsmauern.

Hölzerne Sperren bestehen als rauhe Baumwehre aus übereinander in der Stromrichtung verlegten Baumlagen mit abwärts gerichtetem Stammende, die durch festgenagelte Riegel ebenfalls aus rauhen Bäumen in der Quer-

richtung zusammengehalten werden. Allmählich erfolgt die Ausfüllung der Zwischenräume durch die Geschiebe und Gerölle.

Prügelsperren werden aus kürzerem Knüppelholz ein- bis dreiteilig hergestellt, je nachdem die Querhölzer aus einem bis drei Teilen bestehen. Die Prügel liegen dicht nebeneinander in der Stromrichtung. Die Querhölzer greifen seitlich tief in die Ufer ein und werden, wenn sie aus mehreren Teilen bestehen, miteinander verschraubt. Die Prügel werden mit langen Nägeln auf den Querhölzern befestigt. Die Zwischenräume werden mit Ästen und Aushub ausgefüllt. — Ein gutes Sturzbett erhält man durch Anordnung einer zweiteiligen Sperre über einer einteiligen.

Sperren in gemischter Bauweise bestehen aus einem mit Steinen gefüllten Holzgerippe, welches zweckmäßig als liegendes Sprengwerk ausgebildet wird.

## 2. Baustoffe des Kanalbaues.

### a) Baustoffe der Kanalabdichtung.

Sehr schwierig gestaltet sich oft die Beschaffung der für einen Kanal erforderlichen Wassermenge. Zu große Versickerung des Wassers in durchlässigem oder zerklüftetem Boden, durch welche auch anliegende Ländereien verwässern und versumpfen können, müssen daher, besonders bei Auftragstrecken, durch Dichtung des Kanalbettes verhindert werden.

Betondichtung in einer Stärke von 0,1–0,2 m kann nur in Einschnitten angewandt werden und in Dämmen, die sich vollständig gesetzt haben. Sehr feuchter oder quelliger Untergrund ist vorher zu dränieren. Gegen Beschädigung schützt eine 0,2–0,3 m dicke Erdüberdeckung.

Mörtelplasterdichtung auf 3 cm starkem Mörtelbett hat erfolgreiche Verwendung gefunden. Die etwa 18 cm

hohen Steine werden so in das Mörtelbett gedrückt, daß die Fugen sich von unten gut ausfüllen, während sie von oben gut verstrichen werden.

Tonschlagdichtung von 20–30 cm und mehr Stärke wird am meisten angewandt und bewährt sich, wenn die Ausführung eine sorgfältige war, und der feuchte Ton in eigener Weise eingestampft wurde. Auch diese Dichtung muß durch eine etwa 40 cm dicke Sandüberdeckung geschützt werden (Mittellandkanal).

Kann das Wasserbett nicht wasserfrei gemacht werden, so dichtet man es auch durch sinkstoffhaltiges Wasser, das man z. B. beim Oder-Spree-Kanal mittels tonigen Bodens künstlich herstellte.

### **b) Baustoffe der Kanalschleusen.**

Die wichtigsten Bauwerke der Kanäle sind die Schiffschleusen, die, wie bei den kanalisierten Flüssen, den Schiffen die Möglichkeit gewähren, von einer Haltung in eine höhere oder tiefere zu gelangen und bei den Kanälen die einzelnen Haltungen zugleich einschließen. Am meisten werden Kammerschleusen angewandt, die aus Ober- und Unterhaupt und der dazwischen liegenden Kammer bestehen. In den Häuptern befinden sich die meist aus Stemmtoren, beim Oberhaupt auch aus einem Klapptor bestehenden Verschlußvorrichtungen. Das Füllen und Leeren der Kammer geschieht außer durch Schützenöffnungen in den Toren durch kurze oder lange Umläufe, die das Wasser durch Kanäle im Mauerwerk um die Tore herumführen, durch Grundläufe, die es unter den Toren hindurchführen, oder durch heberartige Einrichtungen.

Hauptbaustoffe für den Schleusenkörper bilden natürliche und künstliche Steine, Beton und Eisenbeton, Holz und Eisen.

Schleusen ganz aus Holz oder mit hölzernen Böden errichtet man nur für vorübergehende Zwecke, bei geringer Bedeutung des Bauwerks oder bei sehr wenig tragfähigem Baugrund, z. B. für Torf- und Moorkanäle.

Aus Stampfbeton fertigt man die Schleusenböden, wenn es möglich ist, die Sohle wasserfrei zu machen, sonst verwendet man hier Schüttbodyeton. Auch die Seitenwände werden heute viel aus Stampfbeton hergestellt, wobei leichter als bei der Ausführung in Mauerwerk sich Wasserdichtigkeit erzielen läßt. Durch Verwendung von Eisenbeton werden die Stärken von Böden und Mauern verringert. In der Regel ist das ganze Bauwerk von Spundwänden eingefaßt, namentlich dürfen dieselben am oberen und unteren Ende der Schleuse nicht fehlen und greifen hier zweckmäßig eine Strecke weit über das Bauwerk hinaus seitlich in den Boden ein.

Sohlen aus Ziegeln lassen sich gut dicht herstellen. Sie erhalten die Form umgekehrter Gewölbe, denen die Seitenmauern als Widerlager dienen. Die Ziegel müssen beste Hartbrandsteine sein. Zu ihrer Verblendung werden wie bei Ziegelmauern in der Regel glashart gebrannte Klinker verwendet. Hölzerne Böden erhalten oft eine Übermauerung aus Ziegeln, teils zur Schonung des hölzernen Belages, teils um die Widerstandsfähigkeit gegen den unteren Wasserauftrieb zu erhöhen.

Das Kanal- bzw. Grundwasser ist chemisch zu untersuchen, um bei schädlichen Beimischungen (großem  $\text{CO}_2$ -Gehalt, Moorwässern) durch geeignete Baustoffauswahl und widerstandsfähige Mörtel- oder Betonmischungen einer späteren Zerstörung des Bauwerks vorzubeugen.

Die Schleusenwände werden aus natürlichen oder künstlichen Steinen, wie Hartbrandziegeln, aus Bruchsteinen, Beton, Eisenbeton oder als eiserne Wände, in letzteren beiden Fällen auch in Form von Spundwänden mit

sehr sicher angeführter Verankerung, hergestellt. — Die obere Dicke beträgt 0,6—1,0 m, da die Wände oben dem Verkehr der Arbeiter dienen und auch stark genug gegen Stöße der Schiffe sein müssen. Oben sind sie mit etwa 20 cm starken, großen Platten abgedeckt, die am besten aus Basaltlava bestehen, die nicht so leicht durch das Betreten glatt wird wie Granit u. dgl.

Alle dem Wasser zugekehrten Flächen sind durchaus glatt und ohne vorspringende Teile zu halten, um eine Beschädigung durch die Schiffe und dieser selbst zu vermeiden. — Die Vorderflächen werden aus bestem, widerstandsfähigem Baustoff gebildet. Wände aus Hartbrandsteinen werden mit Klinkern verkleidet. Eine Verkleidung der ganzen Flächen durch Werksteine wird der hohen Kosten wegen vermieden, dagegen werden alle Ecken, Kanten und Absätze sowohl der Wände wie der Böden aus solchen hergestellt, so die Absätze am Torkammerboden, die Drepel, die Abfallmauern, die Kanten der Einfahrten, der Dammfalze, der Torkammernischen und besonders die Wendenischen. Letztere werden wie die Drepel aus besonders großen und schweren Werksteinen gebildet und nach der Form des Wendesäulenrückens sauber ausgearbeitet und geschliffen. Statt dessen findet auch eine Auskleidung der Wendenische mit geschliffenen Gußeisenplatten statt, gegen welche das Tor sich mittels einzelner Stemmlager stützt.

Alle Kanten der Steine sind abzurunden. Die Abrundungsradien betragen bei den Schleuseneinfahrten 0,10 bis 1,0 m, an der scharfen Kante der Wendenische 0,10 m, an den Dammfalzen 3 cm.

Ganz besondere Sorgfalt ist auch den Drepelsteinen zu widmen, die den Anschlag namentlich des einzelnen Torflügels aufzunehmen haben, ehe im geschlossenen Stemmtor der Stemmdruck zur Wirksamkeit kommt. — Die Höhe des Drepeldreiecks ist gleich einem Sechstel der Schleusenweite.

Die Stoßfugen der etwa 1,5 m langen und 0,6 m starken Dremmelsteine gehen senkrecht zur Anschlagfläche oder sie liegen fächerartig. Sie sind, um das Entstehen von Luftblasen beim Versetzen zu verhindern, auch auf ihrer Unterseite eben zu bearbeiten.

O. Franzius empfiehlt die Dremmelsteine auf der Unterfläche nach Form einer ganz flachen umgekehrten Pyramide zu behauen, um das Entstehen solcher Luftblasen zu verhindern, auch bei größeren Schleusen jeden zweiten oder dritten Dremmelstein nach unten zu verankern, was in einfacher Weise dadurch geschehen kann, daß der Stein durchbohrt und das Bohrloch 1 m tief in der Sohle fortgeführt wird. Die Löcher werden mit gutem, plastischem Mörtel gefüllt, und es wird dann sogleich nach der Füllung in jedes Bohrloch ein unten zugespitzter, gedrehter Vierkantanker eingeschlagen. Ein solcher Anker von 5,2 cm Kantenlänge, der 1 m in gutem Beton steckte, konnte einen Zug von 20 t aufnehmen.

Die Tore werden nur bei kleineren Schleusen aus Eichenholz, sonst aus Eisen hergestellt. Hölzerne Tore erhalten nach Fertigstellung einen zweimaligen Anstrich mit heißem Holzteer. Sie haben eine Dauer von etwa 15 Jahren. Gutes, fehlerfreies, gerade gewachsenes Eichenholz von größeren Abmessungen ist heute aber nur schwierig und mit hohen Kosten zu beschaffen. — Die Dauer eiserner, gut im Teeranstrich gehaltener Tore schätzt man auf 30–60 Jahre. Als Torverschlüsse verwendet man außerdem einflügelige Drehtore, Klapp-, Schiebe-, Hub- und Segmenttore.

Die Verschlußvorrichtungen für die Toröffnungen und Umläufe bestehen in Zugschützen, Segmentschützen, Dreh- schützen oder Ventilen.

### c) Schräge Ebenen und Hebewerke.

Schräge Ebenen gestatten den Verkehr der Schiffe zwischen zwei Gewässern auch bei bedeutenden Höhenunterschieden der Wasserspiegel ganz ohne Wasserverlust. Die beiden Gewässer sind dabei durch zwei gleichlaufende Eisenbahngleise verbunden, auf denen die Schiffe auf großen



Wagengestellen abwechselnd aufwärts und abwärts fahren. Beide Gestelle sind durch ein Drahtseil verbunden, das oben durch ein Windwerk gezogen wird. Größere Fahrzeuge werden in Trogschleusen schwimmend befördert.

Bei den senkrechten Hebewerken wird die Schleusen-  
kammer mit dem Schiff senkrecht gehoben oder gesenkt,  
z. B. durch hydraulische Preßzylinder. Im Dortmund-Ems-  
Kanal ist bei Henrichenburg für 600 t-Kähne ein Hebewerk  
erbaut bei 15 m Gefälle. Die 70 m lange Kammer wird von  
fünf zylindrischen Schwimmern getragen, die in runden  
Brunnen von 9 m Durchmesser und 30 m Tiefe auf- und  
absteigen. Der Trog wird durch vier Schraubenspindeln von  
20 cm Durchmesser geführt, indem vier Muttern am Trog  
befestigt sind, während die Spindeln durch einen kleinen  
Elektromotor ganz gleichmäßig gedreht werden. Der Auf-  
trieb der Schwimmer ist mit der Belastung durch den  
Schleusentrog so ausgeglichen, daß ein geringes Hinzupumpen  
von Wasser in den Trog oder ein geringes Auspumpen genügt,  
um den Trog zu senken oder zu heben.

#### **d) Baustoffe der Kanaluferbefestigung.**

Die unter Wasser liegenden Teile der je nach der Bodenart 1 : 1 (bei Felsboden auch noch steiler) bis 1 : 3 geneigten Kanalböschungen erfordern in der Regel keine Befestigung. Der obere Teil dagegen wird durch Strömungen und Wellen angegriffen, die durch Wind und durch die fahrenden Schiffe entstehen, und muß je nach der Fahrgeschwindigkeit und der Bodenart befestigt werden. Die Böschungsneigung ist dann auch von der Befestigungsart abhängig. Sehr bewährt hat sich die Anlage einer mit Schilf, Ret u. dgl. bepflanzen Berme von etwa 1–1,5 m Breite in Höhe des Wasserspiegels oder etwas tiefer, wie sie z. B. beim Elbe-Trave-Kanal mit bestem Erfolge angewandt worden ist. Bei wenig widerstandsfähigem Boden kann die Böschung

durch Flechtzäune oder durch Packwerk geschützt werden.

Bei größerer Wassergeschwindigkeit müssen steilere Ufer eine kräftigere Befestigung etwa aus Pfahl- oder Bohlenwänden erhalten.

In einem Falle hat man an der uferseitigen Kante einer etwas unter dem Wasserspiegel angelegten 0,95 m breiten Berme eine 2 m tief reichende Bohlenwand angebracht, die gehörig abgesteift und verankert wurde. Gegen diese stützt sich mit Neigung 1:1,5 ein Basaltpflaster, das bis 0,5 m über den Wasserspiegel reicht. Das Pflaster ruht auf einer Lage Steinbrocken mit untergelegten flachen Steinen oder Ziegeln. Darunter befindet sich noch eine 20 cm starke Tonlage. — In ähnlicher Weise hat man Böschungen 1:1,25 mit Zementplatten belegt 16 cm stark, 0,5 m breit und 1,2 m lang; oben schlossen sich 8 cm starke Platten mit Drahteinlage an. Die Platten stoßen stumpf aneinander oder überdecken sich mit einem Falz. Sie erfordern keine besondere Dichtung.

#### e) Baustoffe für Kanalbrücken, Sicherheitstore u. dgl.

Kanalbrücken ergeben sich bei Überführung eines Kanals über ein anderes Gewässer, auch über eine Eisenbahn. Der Wasserquerschnitt ist meist rechteckig und für zwei Schiffe bemessen. Der etwa 0,5 m über dem Wasserspiegel liegende Leinpfad wird meist seitlich ausgekragt. — Von neueren Kanalbrücken des Mittellandkanals hat man die über die Weser aus Eisenbeton als Bogenbrücke, die über die Leine aus Eisen hergestellt. — Bei Brückentrögen aus Mauerwerk, Beton und Eisenbeton hat man eine innere Abdichtung aus verlöteten dünnen Bleiplatten bzw. Asphaltbleiplatten vorgenommen, die an der Sohle durch Sand, Ziegelflachsicht und Kiesüberdeckung, an den Seitenwänden auch durch eine Bohlenbekleidung vor Beschädigungen geschützt wird.

Einlaß- oder Speiseschleusen aus Mauerwerk oder Beton werden an der äußeren Kante der Leinpfade erbaut und als Schützenwehre ausgebildet. Sie sperren bei Wasserüberfluß den Speisegraben teilweise oder ganz ab. Durch

eine Ablassschleuse wird das überflüssige Wasser dem nächsten natürlichen Wasserlauf zugeführt.

Ablassschleusen entlasten den Kanal von überflüssigem Wasser oder legen die einzelnen Kanalstrecken für Ausbesserungen ganz frei. — Überflüssiges Wasser kann durch einen Überfall beseitigt werden. Mauerwerk zweckmäßig 0,40 m unter Wasserspiegel, darüber Segmentwehrverschluß zur schnellen Wasserabführung.

Sicherheitstore verhindern bei einem Dambruch den Ablauf des ganzen Kanalwassers. Sie bestehen aus Klapp- oder Hubtoren oder aus Segment- oder Rollschützen.

### **3. Baustoffe der Flußkanalisierung.**

Die wichtigsten Bauwerke für die Kanalisierung sind die Stauanlagen, deren Baustoffe im nächsten Abschnitt behandelt werden, sowie die Schiffsschleusen oder ähnliche Einrichtungen, die bereits im zweiten Abschnitt besprochen wurden.

### **4. Baustoffe der Stauwerke.**

#### **a) Baustoffe fester Wehre.**

Baustoffe und Konstruktionen der Wehre müssen derart gewählt werden, daß sie dicht sind, guten Anschluß an die Sohle (z. B. durch Spundwände) und an die Ufer (z. B. durch Wangen) besitzen, daß sie dem Wasserdruck gewachsen sind und den Angriffen des fließenden Wassers und dem Eisgang gut widerstehen. Den letztgenannten Angriffen ist namentlich die Wehrkrone sowie der Abfallboden oder das Sturzbett, oft auch noch die Sohle des Flusses auf größerer Strecke hinter dem Wehr ausgesetzt. Das Wehr muß ferner Sicherheit bieten gegen Umkippen, Verschieben und Unterspülung. Die Eisabführung wird durch einen schräg ansteigenden Vorboden erleichtert. Die Krone

wird bei hölzernen Wehren durch einen starken Balken, den Fachbaum, gebildet, der oben flach abgedacht ist nach den Flächen des Vor- und Hinterbodens und durch eine darauf befestigte Bohle oder durch Flach- oder Winkel-eisen gegen schnelle Abnutzung geschützt werden kann. — Bei massiven Wehren wird die Krone am besten aus großen, an der Überfallkante abgerundeten Werksteinen gebildet.

Man unterscheidet Wehre mit senkrechtem, stufenartigem und geneigtem Abfallboden. Bei ersteren wird das Wehr stark angegriffen und muß hier aus sehr widerstandsfähigem Baustoff sorgfältig hergestellt werden; bei letzterem erstreckt sich der Angriff auf eine längere Strecke der Sohle, die durch Steinschüttungen, Pflaster, Betonbett, Spundwände u. dgl. zu sichern ist. Auch ein sog. Wasserpolster bildet einigen Schutz.

Nicht ganz wasserdichte, durchlässige Wehre bestehen aus Steinpackung (auch mit Kieskern), aus Buschwerk oder aus Holz ohne oder mit Füllung aus Steinen oder eingestampftem Ton (halbmassive Wehre). — Wehre aus Steinpackung erhalten eine gute Abplasterung auf Krone, Vor- und Abfallboden.

Kleinere hölzerne Wehre bestehen aus einer mitunter durch Pfähle und Zangen verstärkten Spundwand (gegen Unterspülung durch Steinwurf gesichert), größere erhalten drei Spundwände (am Anfang, Ende und unter dem Fachbaum). Zwischen ihnen liegt der Wehrboden auf Grundbalken und einzelnen Pfahlreihen und ist durch Kies oder Beton unterfüllt, oder mit Ton.

Bei halbmassiven Wehren wird das Holzgerippe mit Kies oder Steinen ausgefüllt.

Undurchlässige Wehre bestehen aus Mauerwerk oder Beton, aus Eisenbeton in Form von Mauern oder Hohlkörpern, selten auch aus Eisen. Durch eine flußaufwärts

gekrümmte Bogenform des Grundrisses werden die Wassermassen der Strommitte zugeführt und die Ufer vor Beschädigungen bewahrt. — Statt der Abschußböden wendet man jetzt zweckmäßig Sturzwehre an. Das Sturzbett wird durch Beton mit dichter Mörtelpflasterung geschützt und die Abflußgeschwindigkeit des Wassers durch eine mäßig nach oben vorspringende Stoßnase am Ende des Sturzbettes so gemäßigt, daß ein nennenswerter Angriff der anschließenden Flußsohle nicht mehr stattfindet. Die Vorderkante dieser Stoßnase wird aus größeren, gut zu verankernden Werksteinen gebildet.

Bei den Eisenbetonwehren werden sowohl Vor- wie Abfallböden aus verhältnismäßig dünnen Eisenbetonwänden hergestellt und müssen daher durch rippenartige Querwände, ebenfalls aus Eisenbeton, gehörig abgestützt und versteift werden. — In Amerika hat man durch die innere Wehrform und durch eine Leitwand das überstürzende Wasser vollständig in das Wehrrinnere gelenkt, so daß ein Sohlenangriff unterhalb des Wehres nicht mehr stattfindet. Von Prof. O. Franzius werden diese Wehre auch für unsere Verhältnisse wegen ihrer großen Vorzüge dringend empfohlen.

Hohlwehre haben ein geringes Eigengewicht und müssen daher besonders gegen Verschieben gut gesichert werden. Dies geschieht durch zweckmäßige Verankerung des Wehres mit den Spundwänden, durch Neigung der Vorderwand unter etwa  $38\text{--}45^\circ$  und richtige Länge der Sohlenplatte, so daß unter allen Belastungsverhältnissen die Gesamteresultante immer noch durch den Kern der Sohlenplatte geht.

### b) Baustoffe beweglicher Wehre.

Gefordert werden für bewegliche Wehre Dichtigkeit, Einfachheit der Konstruktion und der Bewegung, möglichste Freilegung der ganzen Öffnung, leichte Untersuchung und Auswechslung schadhafter Teile, geringe Bau-, Unterhaltungs- und Betriebskosten.

Dambalkenwehre bestehen aus hölzernen Balken mit quadratischem Querschnitt, die sich in Nuten (Dammfalze) oder Falze aufeinanderlegen. Zum Ein- und Ausbringen dienen Hakenstangen oder Zugketten, die in Haken der Balken eingreifen oder in um Scharniere drehbare Ringe. — Längere Dambalken stützen sich gegen Mittelstützen. Sie sind auch bis 18 m Länge aus Eisen hergestellt worden.

Nadelwehre bestehen aus dicht nebeneinander stehenden, oben mit einem Handgriff versehenen dünnen Holzbalken oder Stahlröhren (Nadeln), die sich unten gegen einen etwa 15 cm hohen Fundamentvorsprung, oben gegen einen horizontalen Balken oder ein Stahlrohr (Nadellehne) lehnen. Letztere liegt auf den Nadelwehnböcken, die fest oder beweglich sind, aus Holz, Eisen oder Eisenbeton bestehen und bis 3 m Abstand voneinander haben. Für Flußkanalisierungen lassen sich die 1,25 m voneinander entfernten eisernen Böcke an Ketten auf die Sohle herabklappen. Letztere sind oben durch die Laufbrücke bildende Blechtafeln miteinander verbunden. Die Böcke werden aus Vierkant- oder Profileisen zusammengeschweißt oder -genietet.

Nadelwehre schließen nie dicht. Die Undichtigkeit wird verringert durch Aneinanderpressen der Nadeln beim Aufstellen mittels besonderer Dichtungshebel und Einstreuen von Kohlenasche, bei Holz-nadeln auch von Sägemehl oder Pferdedünger in das Oberwasser.

Rolladenwehre bestehen aus dicht aneinanderliegenden, durch Bronzegelenke verbundene Holzleisten (von Gelbkiefer), die sich beim Aufziehen auf eine unten angebrachte gußeiserne Hohlwalze vorhangartig aufwickeln. Wegen der vielen beweglichen Teile und hohen Kosten werden diese Wehre nicht empfohlen.

Bei Schützenwehren werden die einzelnen Öffnungen durch hölzerne oder eiserne Schütztafeln geschlossen, die sich an die Uferwände, an Zwischenpfeiler oder an hölzerne oder eiserne feste oder bewegliche Pfosten lehnen. Sie zeichnen sich durch Dichtigkeit aus, erfordern aber zu ihrer Bedienung eine hochwasserfrei angeordnete

Laufbrücke. Die Schütztafeln bestehen aus Holz oder Schmiedeeisen, seltener aus Gußeisen.

Die Versteifung schmiedeeiserner Blechtafeln geschieht meist durch I- oder U-Eisen, bei sehr großen Schützen auch durch kleine Fachwerksträger, wobei die Blechhaut dann nur die Dichtung übernimmt. Von der Firma Louis Eilers in Hannover sind in sehr zweckmäßiger Weise die Schütztafelbleche zur Versteifung an den Rändern umgebördelt worden.

Unterbau und Wangen bestehen aus Holz, Mauerwerk, Beton oder Eisenbeton und sind zum Schutze gegen Unterspülung durch Spund- oder Pfahlwände eingeschlossen, wenn der Boden durchlässig ist. Breitere Öffnungen werden durch Griessäulen u. dgl. in mehrere Teile geteilt. Bei großen Höhen teilt man die Schütze auch der Höhe nach in mehrere Teile. Zur Freilegung des ganzen Querschnitts verwendet man statt der festen Griessäulen bewegliche Setzpfosten. Solche eisernen „Losständer“ können oft durch einen Kettenzug in ihrem unteren Lager entriegelt und dann durch eine Winde in eine horizontale Lage nach oben gezogen werden (Wehr von Pretzien). Die Schütztafeln bestehen hier aus je vier Buckelplatten, die durch eine fahrbare Winde einzeln aufgewunden und an das Ufer gefahren werden.

Bei Rollschützenwehren bewegen sich die Schützen auf festen Rollen oder Rollenzügen, um die große Reibung der Gleitschützen durch die geringere rollende Reibung am Umfang der Rollen und die Zapfenreibung an den Achsen zu ersetzen. Hier sind besondere Dichtungen, z. B. durch Rundstäbe, zwischen Schütz- und Seitenwand erforderlich.

Nur sehr kleine Schütze werden allein in einem Punkte, größere immer in zwei Punkten aufgehängt an Latten, Leitern, Ketten, Zahnstangen oder Schraubenspindeln und mittels dieser gehoben und herabgesenkt, so daß die Mittelkraft der Zugkräfte senkrecht über dem Schwerpunkt des Schützes liegt.

Segmentschützenwehre bestehen aus einem segmentförmigen, mit der äußeren Seite nach dem Oberwasser ge-

richteten Eisenschild, welcher um eine feste Achse gedreht wird, wobei nur Achsenreibung zu überwinden ist. Der Schild wird beim Öffnen gehoben oder gesenkt. Im ersteren Falle setzt sich das Schütz unten auf eine Dichtungsleiste. Die seitliche Dichtung erfolgt durch Einlegen biegsamer Stäbe, federnder Bleche, auch mit Lederbelag usw., die untere durch eine behobelte Hartholzleiste, die sich auf eine ebene Granitschwelle aufsetzt. Durch Gegengewichte kann, wie auch bei den Gleit- und Rollschützen, das Gewicht ausgeglichen werden.

Klappenwehre bestehen aus mit Eisenbeschlag versehenen hölzernen oder aus eisernen Klappen, die um eine horizontale Achse drehbar sind und sich auf den Wehrrücken niederlegen lassen. Diese Wehre sind durch Wasserdruck umlegbar oder umlegbar und aufstellbar konstruiert worden. Der Wasserverlust ist groß.

Trommelwehre erfordern sehr tiefgehende, kostspielige Gründungen. Einfacher sind die Winkelstützwehre mit oben offener Kammer, bei denen die untere Klappe von der Drehachse aus unter  $90^\circ$  abgebogen ist. Die Bewegung geschieht dadurch, daß die Kammer mit dem Ober- oder Unterwasser in Verbindung gesetzt wird. Die Dichtung zwischen unterer Klappe und Trommelwandung geschieht durch dicht an letzterer entlang schleifende Lederstreifen (Doppelklappenwehre; Bärenfallenwehre mit zwei Gelenken nach Parker).

Beim Sektorwehr befindet sich die Blechbekleidung auch an der geraden Außenfläche bis zur durchgehenden Welle, so daß der innere Hohlraum völlig gegen Ober- und Unterwasser abgesperrt wird. An den Seiten befinden sich federnde Dichtungen.

Wehr in der Weser bei Bremen; unübertrefflich für Meliorationen. Das Eis wird jederzeit gut abgeführt. Das Sturzbett ist hohl und mit Wassernase und aus dieser nach dem Oberwasser hin vorspringen-



den Eisnasen versehen. Es sind zwei Sektoren von 54 m Länge vorhanden, die durch einen Mittelpfeiler getrennt sind, von dem aus die Bedienung erfolgt. Die Eisenkonstruktion wird durch die durchgehende und auf ihrer ganzen Länge unterstützte Welle billig. Die Brustdichtung muß möglichst das Eindringen von Sand in die Kammer verhindern.

Das Walzenwehr von Carstanjen eignet sich besonders für Flußkanalisierungen und besteht aus einer auf schrägen Führungen auf- und abrollenden Eisenblechwalze. Wegen der rollenden Reibung erfordert dasselbe nur geringen

Kraftaufwand. Es

sind bisher von der

Maschinenfabrik

Augsburg - Nürnberg

A.-G. Walzen bis zu

45 m Länge und 12,8 m

Verschlußkörperhöhe

ausgeführt. Gegen

Geschiebe, Gerölle

und Eis sind Walzen-

wehre unempfindlich.

Sie sind deshalb über-

all da von Vorteil,

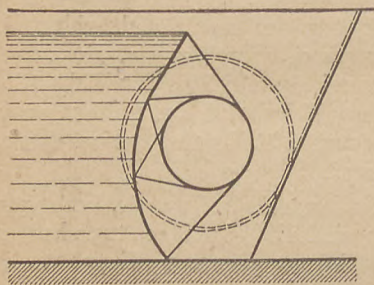


Fig. 19. Walze mit Stauschild.  
(Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G.)

wo es sich um Flüsse mit rasch auftretendem Hochwasser, oft veränderlichem Widerstand, starker Geschiebeführung und schwierigen Eisverhältnissen handelt. Der Staukörper besteht in seiner Grundform aus einem nach Art der Dampfessel wasserdicht zusammengenieteten Eisenblechzylinder. Mit Rücksicht auf besondere Verhältnisse kann jedoch die Form der Walze eine beliebige sein (Walze mit Schnabelansatz, Walze mit Stauschild; Fig. 19), sofern nur die beiden Enden eine der Wälzbewegung entsprechende Gestalt haben. Um den Auftrieb zu verringern, ist meist ein zweiter kleinerer Zylinder eingebaut, der sich im Unterwasser mit Wasser füllt. Die Sohlendichtung

besteht aus Holz. Die Seitendichtungen, angenietetete Blechschilde mit Holzfutter, legen sich unter dem Wasserdruck fest gegen das Mauerwerk an. Der Walzenkörper wird auf stark geneigten Führungen in seitlichen Nischen im Mauerwerk mittels einfachen Windwerks mit Stirnradvorgelege und Schneckentrieb auf- und abwärts bewegt.

Als Huborgan wird von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. jetzt stets die bewährte, geschützte M. A. N.-Laschenkette (Fig. 20) verwendet, die sich von der gewöhnlichen Gallschen Kette dadurch unterscheidet, daß ihre Bolzen über die Kette hinaus verlängert sind und diese Verlängerungen gleichfalls auf den entsprechend ausgebildeten Kettenritzel aufliegen. Dadurch wird eine günstige Beanspruchung der Bolzen und deren geringe und gleichmäßige Abnutzung erreicht. — Um die Eisbildung an den Seitendichtungen zu vermeiden, müssen die Gleitflächen am Mauerwerk angewärmt werden. Dies kann auf unmittelbarem oder mittelbarem Wege geschehen durch die der Maschinen-

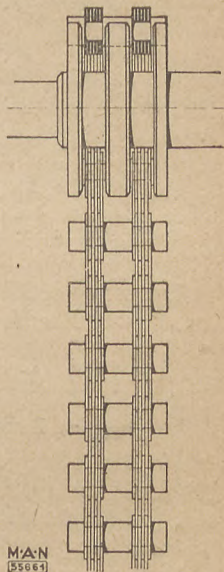


Fig. 20. Laschengelenkkette nach dem der M. A. N. patentierten System. (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.)

fabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. patentierte elektrische Anwärmung. Bei der unmittelbaren Anwärmung sind in die Pfeilerflächen Flacheisenschienen eingelassen, durch welche elektrischer Strom niedriger Spannung geleitet wird. Bei der mittelbaren Anwärmung (Fig. 21) treten an Stelle der Schienen guß- oder schmiedeeiserne

Platten mit wasserdicht verschlossenen Kanälen, in die Heizelemente eingeführt werden, die einzeln oder in

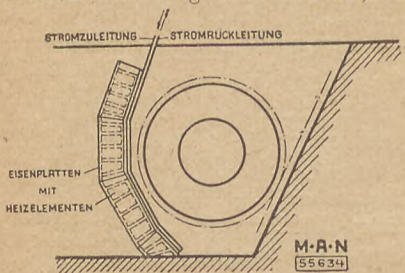


Fig. 21. Mittelbare Anwärmung mit Heizelementen.  
(Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G.)

Reihe geschaltet arbeiten und nur jene Stellen der Pfeilerwände anwärmen, welche tatsächlich der Eisbildung ausgesetzt sind. (In Deutschland sind derartige Anwärmevorrichtungen nicht erforderlich.)

Ganz neuartige Verwendung haben die Walzen als Hubtore für Schiffschleusen gefunden (ohne Umläufe).

## 5. Baustoffe der Flußdeiche und Flußdeichschleusen.

### a) Baustoffe des Flußdeichbaues.

Zur Herstellung der Deiche eignet sich am besten eine Mischung von grobem Sand und Ton im Verhältnis von 1:1 (Klei). Deiche aus reinem Sande müssen durch einen Tonkern oder durch eine gut abzudeckende Tonbrüst gedichtet werden und flachere Böschungen erhalten.

Die Krone der Winterdeiche liegt 0,6 m über höchstem H. W., bei Gefahrstrecken bis 3,0 m über demselben. Die Deichbreite beträgt 2,5–4,0 m, bei kleinen Flüssen 1,5–2,5 m. Die Neigung der Außenböschung bei Rasenabdeckung ist bei großen Flüssen 1:2,5 bis 1:4, bei kleineren 1:2 bis 1:3, um so geringer, je größer die zu erwartenden Angriffe, je durchlässiger die Deicherde und je weniger fest der Untergrund sind. — Gepflasterte Außenböschungen bei Gebirgsflüssen erhalten Neigungen von

1 : 1,5 bis 1 : 2. Die Neigung der rasengedeckten Binnenböschung wird 1 : 2 gemacht. Die den Deich schützenden, nur als Wiese oder Weide zu benutzenden Schutzstreifen (Bermen) werden außen 5—10, bei kleinen Flüssen 2—5 m breit gemacht, innen 2—6 m, mit öffentlichem Fahrweg 4,5 m. Auf der äußeren Berme soll nie ein Fahrweg angelegt werden.

Sommerdeiche aus gutem Kleiboden erhalten bei 1—3 m Höhe und Rasendecke eine Kappenbreite von 1—2 m, eine zwei- bis dreifache Außen- und eine zwei- bis sechsfache Binnenböschung. Bei lange andauerndem Überlauf legt man etwa 0,4 m mit ihrer Kappe tiefer liegende, gepflasterte Überlaufstrecken an, mit Banketten auf je 1 m Höhe oder mit ganz flachen (1 : 4 bis 1 : 12) Böschungen auf der Binnenseite, während der übrige Deich dann eine Binnenböschung von 1 : 2 bis 1 : 3 erhält.

Bei der Herstellung muß der Untergrund von Rasen und weichem Boden, Wurzeln und Gesträuch gereinigt und aufgeraut werden. Tonkerne sind möglichst bis zum festen Boden hinabzuführen.

Die Deicherde soll keine organischen Bestandteile enthalten. Sie wird in 20—40 cm starken, nach außen oder von der Mitte nach beiden Seiten abfallenden Lagen aufgebracht und festgestampft oder auf andere Weise verdichtet. Die Krone erhält eine Überhöhung von  $\frac{1}{12}$ , bei weichem Untergrund von  $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{4}$  der Höhe.

Sommerdeiche und die Außenböschung der Winterdeiche erhalten eine Rasenabdeckung, während die Krone und die Binnenböschung der letzteren eine Besamung erhalten auf einer 10—20 cm starken Lage von Mutterboden. Sehr gefährdete Deichstrecken erhalten eine Pflasterabdeckung mit anderthalb- bis zweifacher Böschung auf 15—30 cm starker Kies- oder Steinschlagbettung. Die Deiche sind sorgfältig zu unterhalten, von Unkraut zu befreien. Löcher von Maulwürfen u. dgl. sind aufzugraben und mit Erde aus-

zustampfen. Bäume und Sträucher sind vom Deich und dessen Nähe fernzuhalten.

Rampen sind auf der Außenseite stromabwärts und parallel der Außenböschung anzulegen. 3—4 m breite Durchfahrten erhalten massive Einfassungen und Sohlen und werden bei Hochwassereintritt durch doppelte, etwa 1,5 m voneinander entfernte Dammbalken verschlossen, deren Zwischenraum mit Pferdedünger oder Tonboden ausgestampft wird.

Bei größerem Anschwellen des Hochwassers sind die Deiche Tag und Nacht zu bewachen und die zur Deichverteidigung nötigen Baustoffe in die Deichnähe zu schaffen. Durch größeren Wellenschlag gefährdete Außenböschungen werden mit etwa 0,5 m unter den Wasserspiegel reichenden Faschinen bedeckt, die durch Bühnenpfähle (und Würste) befestigt werden. Die Bedeckung erfolgt auch mit Stroh, Strohmatten, Weidenhürden. Beschädigte Stellen füllt man mit Sandsäcken oder mit Spreutlagen aus oder bedeckt sie mit Segeln, die mit Sandsäcken beschwert werden.

Sich auf der Binnenseite zeigende Quellen sind möglichst auf der Außenseite zu schließen etwa durch einen Sandsack. Nicht auffindbare Eintrittsstellen des Wassers sind durch Bretter und Pfähle in größerem Umfang einzuschließen und mit Pferdedünger oder Ton zu umstampfen. Gelingt die Schließung der Quelle nicht, so richtet man auf der Binnenseite aus doppelten Brettwänden mit Erdausfüllung eine Querkade, hinter der das Wasser aufgestaut wird, damit das höchst gefährliche Durchquellen des Wassers aufhört.

Einen Überlauf des Wassers verhindert man durch Aufstellung von Brettern an Pfählen mit Erdschüttung, Auflegen von Sandsäcken oder Aufkadungen auf der Deichkronen 0,3 m von der Außenkante.

Bei Unterwaschung und Absackung der Außenböschung bildet man aus Senkfaschinen einen neuen Deichfuß. Bei Absackung der Binnenböschung wird der obere geschwächte Deichteil durch einen auf der Außenböschung aufgestellten Fangdamm verstärkt. Bei

Durchbrüchen müssen die Deichenden schnell durch Sandsäcke oder Senkfaschinen befestigt werden, um den Schaden einzuschränken. Weggerissene Kappen werden durch Faschinen und Sandsäcke schnell ausgebessert.

### b) Baustoffe der Deichschleusen.

Deichschleusen oder Siele dienen hauptsächlich der Entwässerung eingedeichter Ländereien. Sie gewähren kleinen Wasserläufen, Gräben und Entwässerungskanälen bei niedrigem Außenwasser freien Abfluß, während sie durch bewegliche Tore oder Schütze am Außenende höheres Außenwasser abhalten. Zur Unterbrechung der Entwässerung sind sie auch mitunter am Binnenende mit Verschlußvorrichtungen versehen. — Offene Siele sind nur überbrückt, bedeckte Siele mit Deicherde überdeckt. Nach dem hauptsächlichsten Baustoff unterscheidet man hölzerne (Bohlen-, Balken- und Ständersiele), eiserne und massive Siele.

Gewöhnlich sind Siele bedeckt und heißen dann bis zu 1,5 m Weite Kasten- oder Pumpsiele. Lange Siele mit an den Enden nur noch 0,6 m hoher Erdüberdeckung und ebenso hohen Stirnmauern sind kurzen stets vorzuziehen, bei denen das Hauptsiel oft nur gleich der Deichkronenbreite wird und leichter ein Durchbrechen des Wassers eintreten kann. — Bedeckte Siele werden aus Holz, Stein oder Beton, offene Siele fast nur massiv auf Beton, bei tiefer Lage des guten Baugrundes auch auf Pfahlrost errichtet. Die Pfähle tragen auf Grundbalken den Bohlenbelag, der durch eine Übermauerung gegen den Wasserantrieb und gegen Abnutzung geschützt wird. Spundwände unter der Verschlußvorrichtung und unter den Enden verhindern den Wasserdurchgang.

Hölzerne Pumpsiele von 0,2—0,7 qm Öffnung bestehen aus 5—8 cm starken Bohlen, die an einzelne, sie umfassende Holzrahmen geschraubt werden (in kleinen Deichen,

ohne Grundbau). Den Verschuß bildet eine schräg herabhängende hölzerne oder eiserne Klappe, die um eine obere, wagerechte Achse drehbar ist.

Ständersiele von 0,5–1,5 qm Querschnitt besitzen innere, 1 m voneinander entfernte Rahmen von 10/10 cm starken Hölzern, die innen durch obere und untere Langschweller an den Ecken untereinander verbunden sind, während außen die 5–7 cm starken Bohlen aufgenagelt oder aufgeschraubt werden. — Behinderung des Wasserabflusses durch die innen hervortretenden Rahmen.

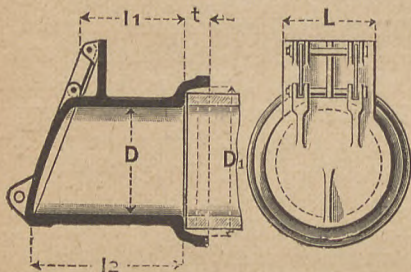


Fig. 22. Hängeklappe. (Buderussche Eisenwerke, Abt. Carlshütte, Staffel an der Lahn.)

Balkensiele (z. B. für 6,0 qm Querschnitt) bestehen nur aus Balken, die oben und unten quer, an den Seiten längs liegen. Die Seitenbalken sind durch Schraubenbolzen mit hinter ihnen in 1,5–2 m gegenseitigem Abstände stehenden,

etwa 20/24 cm starken Ständern verbunden, die den seitlichen Erddruck auf die Decken- und Bodenbalken übertragen. Die Fugen werden durch feines, trockenes Moos zwischen den gestrichenen, frisch geteerten Hölzern oder durch Teerpappe gedichtet. Den Verschuß bilden Tore oder Schütze. — Die Gründung erfolgt meist auf Pfahlrost.

Eiserne Siele bestehen aus Gußeisen oder Schmiedeeisen. Bis 0,60 m Durchmesser verwendet man gußeiserne Muffenrohre mit gußeisernen Stirnen und Vorböden ohne weitere Unterstüzung. Auch Unterbettungen aus Beton und massive Häupter werden angewandt. Die Klap-

pen werden ebenfalls aus Guß- oder Schmiedeeisen hergestellt.

Kleine, massive Pumpsiele von 0,2—0,6 m Weite, aus Beton- oder Steinplatten oder aus Ton-, Zement- oder Betonrohren, werden meist ohne besonderen Grundbau mit Ton rings umstampft. An den Enden erhalten sie Spundwände und kleine hölzerne oder massive Häupter zur Anbringung der Klappen oder Schütze (Fig. 22).

Auch gemauerte Siele werden am besten möglichst lang als gedeckte Siele unter den Deichböschungen fortgeführt. Die Verschlußvorrichtung legt sich zweckmäßig gegen die äußere Stirnfläche des Hauptsiels. — Das halbkreisförmige Gewölbe aus wetterbeständigen Ziegeln ist bei 3—5 m Weite 1—2 Stein stark. Der Boden besteht bei tragfähigem Baugrund aus einer übermauerten, mindestens 0,8 m starken, von Spundwänden umschlossenen Betonplatte. Bei tief liegendem, gutem Baugrund ruht das Bauwerk auf einem mit Grundbalken, aufgekämmten Längschwelen und Bohlenbelag versehenen Pfahlrost.

Eisenbetonsiele statt der hölzernen sind dort empfehlenswert, wo der Beton nicht durch Moorwasser angegriffen werden kann. Bei kleinen Querschnitten wendet man runde, bei größeren eckige Profile an.

Von Verschlußvorrichtungen sind mittels Ketten oder Zahnstangen bewegte Schütze meist dort in Gebrauch, wo sie nur einigemal im Jahre geschlossen werden. Sonst verwendet man besser selbsttätig vom Außenwasser geschlossene Klappen oder Tore. — Bohlentore bestehen aus 36—44 cm breiten, 5—15 cm starken, unter sich durch Verzahnung, eingelassene Leisten und eiserne Bänder verbundenen eisernen Bohlen und haben oben und unten einen Anschlag. Drenpeldreieckshöhe nur  $\frac{1}{12}$ — $\frac{1}{20}$  der Sielweite. — Bei größeren Weiten werden die Tore ähnlich wie hölzerne Schleusentore (Stemmtore) konstruiert.



## 6. Baustoffe des Seebaues. Einwirkung des Seewassers auf die Baustoffe.

Das Meerwasser hat im Vergleich zum Süßwasser einen sehr großen Gehalt an gelösten Salzen (rund 35‰), bitteren und salzigen Geschmack, größeres spezifisches Gewicht (1,028), niedrigeren Gefrierpunkt ( $-2^{\circ}$ ) und geringere Verdunstungsfähigkeit. — Salzlösungen beschleunigen das Niederschlagen der dem Wasser beigemengten, schwebenden Bestandteile. Sand, Schlick und Schlamm sinken daher im Meerwasser bedeutend schneller zu Boden als im Wasser der Flüsse und süßen Binnenseen. Hierdurch entsteht für den Menschen Nutzen und Schaden; Nutzen durch die Wattbildung, aus der später die aus fruchtbarem Kleiboden bestehenden Maschen hervorgehen; Schaden durch den Schlickfall in den Fahrstraßen der Schiffe und in den Häfen (kostspielige Baggerungen). Das Meerwasser ist auch reich an den Bestandteilen der Luft (Sauerstoff, Stickstoff, Argon, gebundene Kohlensäure). Auf Zementmörtel und Beton (Kalk) wirkt der Gehalt des Meerwassers an Schwefelsäure, Magnesium und Kohlensäure anscheinend besonders ungünstig ein.

Im allgemeinen wirkt das Seewasser mechanisch, chemisch oder durch die in ihm enthaltenen Lebewesen auf die Baustoffe ein. — Die mechanischen Einflüsse wirken durch Wellen und Meeresströmungen, durch Steigen und Fallen bei Flut und Ebbe, unterstützt durch mitgeführten oder gegen die Bauwerke geschleuderten Sand, Gerölle und Eis erweichend, stoßend, abschleifend, wegspülend, unterhöhrend usw. Es werden daher hier nur wetterbeständige, feste, harte, dichte und zähe Bausteine verwendbar sein. Von Massengesteinen sind zu nennen Basalt, Gneis, Grünstein, Porphyr, Granit und Syenit, von Schichtgesteinen gute Kalkstein-Grauwacke und harter,

kieselsäurereicher Sandstein; von künstlichen Steinen haben sich Hartbrandsteine und Klinker gut bewährt. Eisen, Holz und Buschwerk werden natürlich ebenfalls durch diese mechanischen Angriffe allmählich abgenutzt und zerstört, doch überwiegen hier die chemischen Wirkungen sowie bei Holz die von Lebewesen.

Chemische Angriffe wirken zerstörend auf Holz und Buschwerk durch allmähliche Auslaugung und Entführung weitvoller und die Dauer erhöhender Bestandteile wie Harz, Gerbsäure u. dgl. Die Festigkeit des Holzes wird durch den Wassergehalt bedeutend vermindert und kann bei völlig wassergesättigtem Holz bis zu 50, ja 40% von der Trockenfestigkeit heruntergehen. Nach Troschel<sup>1)</sup> und G. Lang<sup>2)</sup> scheint diese Festigkeitsverminderung darauf zu beruhen, daß die beim trockenen Holz starren Klebstoffe der Zellzwischenräume aufgeweicht und die tragenden Zellfasern (Breitfasern oder Spätholz-Tracheiden der Nadelhölzer) aus ihrem festen Gefüge gelockert werden.

Nach Malenković<sup>1)</sup> werden auch nach und nach durch das Wasser Holzbestandteile gequollen, abgespalten und aus dem Holz entfernt, welche als im Wasser „praktisch unlöslich“ gelten können. — Bei ständig unter Wasser liegendem Holz verläuft bei vielen Arten diese Zerstörung äußerst langsam und ist oft in Jahrtausenden nicht beendet. Buschwerk scheint keine so unbegrenzte Dauer zu haben; im Wechsel von Luft und Wasser wird es schnell zerstört.

Eisen rostet nicht in trockener Luft und in sauerstofffreiem Wasser. Zum Rosten ist die gleichzeitige Anwesenheit von Wasser oder wässrigen Lösungen und Sauerstoff erforderlich. Dagegen ist die gleichzeitige Anwesenheit von CO<sub>2</sub> nicht erforderlich. Schneller Ersatz des verbrauchten O erhöht den Angriff. Ebenso kann es stärker angegriffen werden bei Berührung mit anderen edleren Metallen (Kupfer, Bronze, Nickel, Zinn), in künstlichem Seewasser z. B. um

<sup>1)</sup> Ernst Troschel, Handbuch der Holzkonservierung.

<sup>2)</sup> G. Lang, Das Holz als Baustoff.

47%. — Stark salzhaltige Wasser, wie Seewasser und Abwasser, begünstigen als gute Leiter für Elektrizität die Zersetzung von Gußeisen (Graphitierung); es entsteht dabei ein Lokalelement: Graphit—Elektrolyt—Eisen<sup>1)</sup>. — Der Gußstahlfabrik Friedrich Krupp ist es gelungen, einen hochwertigen Chromnickelstahl herzustellen, welcher nicht rostet<sup>2)</sup>. — Bei den Versuchen des Materialprüfungsamtes erwiesen sich in Lösungen die Chromsäure und ihre Kalisalze als die stärksten Schutzmittel gegen Rosten des Eisens.

Bei der Auswahl natürlicher oder künstlicher Bausteine für Meeresbauten ist zu bedenken, daß die Löslichkeit von kohlensaurem Kalk in kohlensäurehaltigem Wasser viel größer ist als in kohlensäurefreiem. Ein Gehalt an Chlormagnesium in kohlensaurem Wasser erhöht die Löslichkeit des Kalkes, ebenso ein Gehalt an Natrium- und Magnesiumsulfat.

Kalksteine werden daher im Meerwasser erheblich stärker angegriffen als im Süßwasser. — Das vorhandene Chlornatrium zersetzt Kalksilikat unter Bildung von Natronsilikat und Chlorcalcium; es erhöht ferner die Löslichkeit von kohlensaurem Kalk, phosphorsaurem Kalk und Gips im Wasser. Chlormagnesium wirkt zersetzend auf Kalksilikate, Eisenoxydulsilikate und tonige Substanzen und erhöht die Löslichkeit von kohlensaurem Kalk. — Kalziumsulfat wirkt zersetzend auf Magnesiumkarbonat unter Bildung von Kalziumkarbonat und Magnesiumsulfat. Magnesiumsulfat zersetzt Kalk-, Eisenoxydul- und Tonerdesilikate und erhöht die Löslichkeit von kohlensaurem Kalk.

In ganz ähnlicher Weise werden die Bestandteile von Mörtel und Beton vom Salzgehalt des Meerwassers angegriffen oft unter Treiberscheinungen. Bestes Schutzmittel gegen diese Angriffe bildet ein durchaus dichter, sorgfältig hergestellter, fetter Mörtel unter Verwendung von

<sup>1)</sup> Versuche des Materialprüfungsamtes Berlin-Lichterfelde. Mitteilungen 1908. 26. Jahrgang.

<sup>2)</sup> Kruppsche Monatshefte. August 1920.

scharfem Sande und unter Zusatz von Traß (1 Zement :  $\frac{1}{2}$  Traß : 3 Sand). Durch letzteren wird der Zementmörtel und -beton geschmeidiger und dichter, auch widerstandsfähiger, da überschüssiger freier Kalk von der Kieselsäure des Trasses gebunden wird. — Hochofenzement soll sich bei Meeresbauten wegen geringeren Kalküberschusses noch besser bewähren als Portlandzement<sup>1) 2)</sup>.

Von Tieren wird besonders das Holzwerk der Schiffe und Pfahlwerke durch Muscheln und Krebse angegriffen, die fast ausschließlich in Meerwasser mit mindestens 1% Salzgehalt leben.

Die meisten Fingermuscheln (*Pholas*) bohren sich in weiches Gestein, Klaiboden oder Torf ein, doch wird auch Holz angegriffen, aber nie in so äußerst schnell und gründlich zerstörender Weise wie durch den Bohrwurm. Weicher Kalkstein kann von der Fingermuschel vollständig mit Gängen durchbohrt werden, so daß er zusammenbricht. Das Abarbeiten des Stoffes geschieht durch hin- und hergehende und drehende, raspelnde Bewegung der Schalen, die außen reihenweise mit scharfen Zähnen besetzt sind. In der Nord- und Ostsee ist in neuerer Zeit die krause Fingermuschel (*Pholas crispata*) aufgetreten, z. B. in Helgoland und Kiel.

Den Hölzern äußerst verderblich ist der Bohrwurm (*Teredo navalis*), der seit einigen Jahrhunderten auch in der Nordsee aufgetreten und von Westen her in der Ostsee bis etwa zur Linie Kopenhagen—Warnemünde vorgedrungen ist. Diese Tiere wirken so verderblich und sind so gefräßig, daß hölzerne Schiffe, Pfahlwerke und Gründungen oft nach einigen Monaten vollständig von ihnen wabenartig durchhöhlt waren, und daß hölzerne Landungsbrücken oder

<sup>1)</sup> M. Gary, Feinde des Zementes. In Mitteilungen des Materialprüfungsamtes Berlin-Lichterfelde 1919, S. 12.

<sup>2)</sup> Über das Verhalten von Portlandzementmörtel in verschiedenen Salzlösungen von V. Rodt. Mitteilungen des Materialprüfungsamtes 1915, S. 229.

Schleusentore mitunter durch ihre Wühlarbeit zusammenzustürzen drohten, noch ehe sie in Benutzung genommen werden konnten. Der Bohrwurm besitzt nur am verdickten Kopffende zwei mit scharfen Zähnechen besetzte halbringförmige Kalkgebilde, mit denen das Bohren oder Raspeln ausgeführt wird. Das Tier (Fig. 23) hat eine wurmförmige, Gestalt und endet in zwei beweglichen Röhren (Siphonen), von denen der eine zur Atmung und Wasseraufnahme, der andere zur Abführung des verbrauchten Wassers und der



Fig. 23. Bohrwurm aus Wilhelmshaven.

(Aus: „Die Imprägnierung der Wasserbauhölzer.“ Rütgerswerke A.-G., Berlin.)

abgeraspelten Holzteilchen dient. Es erreicht gewöhnlich eine Länge von 20–25 cm, doch auch bis 1 m. Die Siphonen können eingezogen und durch zwei kalkige Platten („Paletten“) geschlossen werden. Bekannt sind über 30 Arten. In der Jugend lebt die winzige Larve im freien Wasser und bohrt sich dann in Stecknadelkopfgröße in das Holz, so daß die kleinen Eintrittsöffnungen schwer sichtbar sind. Mit dem Wachstum des Tieres erweitern sich die stets mit einer Kalkauskleidung versehenen Bohrgänge im Innern des Holzes bald bedeutend und erreichen in unseren Meeren Durchmesser von 6–7, selbst 12 mm, während in den Tropen auch Bohrwurmgänge bis 5 cm Durchmesser vorkommen.

Der Bohrwurm ist so lang, wie der von ihm gebohrte Gang, und nahe der Eingangsöffnung mit der Kalkauskleidung verwachsen, so daß er seine Kammer nie verlassen kann. Der Eintritt in das Holz erfolgt am meisten in strömendem, reinerem, jedoch auch in stehendem Wasser, meist am Meeresboden, auch bis zum Mittelwasserstand. Die Zerstörung ist am Boden am stärksten, geht nicht unter denselben hinab und erstreckt sich bis etwa 2 m über Mittelwasser. — Unsere einheimischen Holzarten werden alle vom Bohrwurm zerstört. Einige ausländische Arten (Jarrah, Turpentine, Eisenholz oder Greenheart) werden weniger angegangen oder sollen, wie Blaugummiholz, an einzelnen Orten ganz verschont worden sein, dies liegt aber auch oft an der vorhandenen Bohrwurmart.

Mittel gegen den Bohrwurm, wie Ankohlen des Holzes, Bekleidung mit Zink- oder Eisenblech, Beschlagen mit breitköpfigen Kupfer- oder Eisennägeln, Ummantelung mit Beton oder Umwickeln mit geteilter Leinwand, waren ohne durchgreifenden Erfolg, auch Anstriche mit Teeröl (Fig. 24), Karbolineum, Petroleum, Fischöl u. dgl. oder Durchtränkungen mit Salzlösungen.



Fig. 24. Mit Teeröl gestrichener Kiefernpfahl, der vier Jahre im Wasser gestanden hat. (Aus: „Die Imprägnierung der Wasserbauhölzer“ Rütgerswerke A.-G., Berlin.)

Das einzige wirksame Schutzmittel bildet heute die Durchtränkung der Hölzer mit heißem Teeröl nach dem Rüpingsverfahren. Bei der früher angewandten Vollimprägnierung erfordert 1 cbm Kiefernholz etwa 300 kg Teeröl, wodurch die so behandelten Hölzer sehr teuer wurden. Nach dem neueren Rüpingschen Sparverfahren (Hohlprägnierung) werden für Schnittholz auf 1 cbm nur 60–70 und für Rundholz 80–90 kg Teeröl verbraucht und dadurch die Imprägnierungskosten sehr ermäßigt (vor dem Kriege etwa 10 M/cbm für Kiefern Schnittholz und 13 M/cbm für Rundholz), während die Wirksamkeit erhalten blieb.

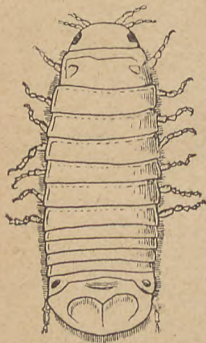


Fig. 25. Bohrassel der Nord- und Ostsee. Vierzehnfach vergrößert. (Aus: „Die Imprägnierung der Wasserbauhölzer“. Rütgerswerke A.-G., Berlin.)

Von holzerstörenden Krestieren ist die Bohrrassel (*Limnoria lignorum*; Fig. 25) zu erwähnen, die weit verbreitet ist auch in der Nordsee, und die in der Ostsee bis Kiel und Flensburg vordrang. Auch sie ist in Wasser mit unter 1% Salzgehalt noch nicht gefunden worden. Die Bohrrassel kann von einem Holz zum anderen übergehen. Die Tiere sind nur 3 mm lang. Große Massen können das Holz eben-

falls stark beschädigen. Es enthält dann das Aussehen von grobnarbigem Leder (Fig. 26). Der Befall geschieht etwas unter N.W. Es wird eine Holzschicht nach der anderen abgenagt und der Pfahl immer mehr eingeschnürt. So wurden im Hafen von Lowestoft in drei Jahren Pfähle von 35 cm Durchmesser bis auf 10 cm abgefressen.

Die Bohrrassel dringt auch durch den Schlick zum Holz vor und ist auch im Schmutzwasser der Häfen zu finden.

Gegen alle diese Holzschädlinge wird das Holz durch Teerölimprägnierung vollkommen geschützt, zugleich gegen alle Fäulnis und Zerstörung durch Pilze. Die nach dem Sparverfahren getränkten Hölzer sind außerdem sauber, trocken und lassen sich leicht bearbeiten und mit Farb- anstrichen versehen<sup>1)</sup>. Es empfiehlt sich, alle Wasserbau- hölzer auch im Süßwasser nur im teerölgetränkten Zustande

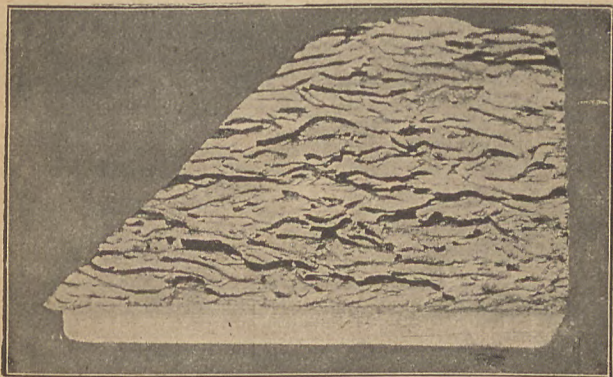


Fig. 26. Außenansicht eines von der Bohrrassel befallenen kiefern Rundpfahls aus Wilhelmshaven. (Aus: „Die Imprägnierung der Wasserbauhölzer“. Rütgerswerke A.-G., Berlin.)

zu verwenden, um so mehr, als auch der Widerstand gegen Abnutzung vergrößert und die Wasseraufnahme verringert wird. Buchenholz wird durch die Durchtränkung erst für viele Zwecke geeignet gemacht und kann dann oft das teure Eichenholz u. dgl. ersetzen. Auch für den Schiffsbau wird imprägniertes Kiefern- und Buchenholz empfohlen,

<sup>1)</sup> Oberbaurat Troschel, Ist die Imprägnierung der Wasserbauhölzer wirtschaftlich? Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen. Jahrgang 1913. Bd. 27, Nr. 854.



ebenso das letztere für Schwimm- und Trockendocks (für Kielpallen, Laufplanken, Fender usw.), da diese Hölzer bald trocken, bald naß werden und dadurch ganz besonders der Abnutzung und der Fäulnis ausgesetzt sind<sup>1)</sup>. Nach obigem Verfahren imprägniertes Kiefern- und besonders Rotbuchenholz ist daher auch schon mit bestem Erfolge in neuerer Zeit für den Schiffbau verwandt, übertrifft andere nicht imprägnierte Hölzer an Dauer und ersetzt vollkommen auch teure, ausländische Hölzer wie Pitchpine und Teakholz bei erheblich geringeren Kosten.

Durch die sog. Schnellimprägnierung ist man heute in der Lage, nasse Hölzer in 7—10 Stunden auszutrocknen und zu imprägnieren. Auch große Längen spielen kein Hindernis, da neuere Imprägnieranstalten für Längen von 24 m eingerichtet sind. Für eine wirksame Imprägnierung der Rundhölzer ist eine vorherige Schälung erforderlich, weil geschälte Pfähle das Teeröl bedeutend besser aufnehmen als ungeschälte. Die Schälung gestattet auch eine viel bessere Prüfung der Beschaffenheit des Holzes, da ein großer Teil der Mängel erst durch das Schälen sichtbar wird.

<sup>1)</sup> Ernst Lindos, Hamburg, Die Holzkonservierung im Schiffbau. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1919, S. 406.

# Anhang.

## Vorschriften für Eisenbauwerke.

Grundlagen für das Entwerfen und Berechnen eiserner Eisenbahnbrücken<sup>1)</sup>.

Durch Erlaß des Reichsverkehrsministers vom 12. Mai 1922 wurden den Eisenbahnbehörden die „Grundlagen für das Entwerfen und Berechnen eiserner Eisenbahnbrücken“ übersandt, die künftig für den Entwurf und die Berechnung der eisernen Eisenbahnbrücken der Reichsbahn allein maßgebend sind. Die im Abschnitt B enthaltenen allgemeinen Bezeichnungen gelten für alle Festigkeitsberechnungen und technischen Erläuterungen, die Vorschriften über die Prüfung der Entwürfe sinngemäß auch für die Entwürfe anderer Ingenieurbauten und die Angaben über die Belastungsannahmen sinngemäß auch für das Entwerfen und Berechnen von Eisenbahnbrücken aus Stein, Beton, Eisenbeton und Holz.

Auch an die Wasserstraßenverwaltungen sind die neuen „Grundlagen“ gesandt worden mit dem Bemerkten, daß ihre allgemeinen Bestimmungen, so z. B. über die allgemeinen Bezeichnungen unter B und über die Berechnung von Druckstäben unter D III, auch für den Entwurf anderer eiserner Brücken und Ingenieurbauwerke gelten.

### Inhalt.

- A. Vorbemerkungen.
- B. Allgemeine Vorschriften für Festigkeitsberechnungen und Zeichnungen.
  - I. Allgemeine Bezeichnungen.
  - II. Inhalt der Berechnung.
  - III. Art der Berechnung.
  - IV. Prüfung der Entwürfe.
  - V. Genauigkeitsgrad.

<sup>1)</sup> Erschienen mit 23 Abb., 41 S., 15 Tafeln und 10 Anlagen bei Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1922.

## C. Belastungsannahmen.

## I. Hauptkräfte.

## II. Winddruck und Zusatzkräfte.

## D. Zulässige Spannungen, Berechnung von Druckstäben, Wechselstäben, Wechselträgern und oben offenen Brücken, Standsicherheit der Überbauten gegen Umkippen.

## I. Zulässige Zug-, Bieigungs- und Schubspannungen der Haupt- und Fahrbahnträger.

## II. Zulässige Zug-, Bieigungs- und Schubspannungen der Glieder der Fußwegunterstützungen.

## III. Berechnung der Druckstäbe.

## IV. Berechnung der Wechselstäbe und Wechselträger.

## V. Berechnung oben offener Brücken.

## VI. Zulässige Spannungen und Berechnung der Glieder der Wind-Querverbände.

## VII. Zulässige Scherspannung und zulässiger Lochleibungsdruck der Niet- und Schraubenverbindungen.

## VIII. Zulässige Spannungen der eisernen Lagerteile.

## IX. Standsicherheit der Überbauten gegen Umkippen.

## X. Zulässige Spannungen von Auflagersteinen und Mauerwerk.

## XI. Zulässige Spannungen für Holz.

## E. Durchbiegung und Überhöhung der Hauptträger.

## F. Gewichtsberechnung.

A. Für sehr große und den üblichen Bauweisen nicht entsprechende eiserne Eisenbahnbrücken können besondere Vorschriften aufgestellt werden. Im übrigen ist stets zu untersuchen, ob nicht ein Musterentwurf benutzt werden kann, bevor neue ausführliche Entwürfe aufgestellt werden. Entwürfe, die zur Wiederverwendung geeignet sind, sind in besondere Verzeichnisse einzutragen; sie werden gesammelt und vom Reichsverkehrsminister verteilt.

B. I. In den Festigkeitsberechnungen und Zeichnungen sind allgemein feststehende Bezeichnungen anzuwenden. Diese Bezeichnungen zerfallen in: a) mathematische Zeichen, b) Zeichen für Zeit-, Maß- und Gewichtseinheiten, c) Bezeichnungen für Ausdrücke der Mechanik und Statik, d) Bezeichnungen für die Abmessungen, Grundeinheiten und Gewichte eiserner Überbauten, e) Maßeinheiten und f) allgemeine Bezeichnungen für die Darstellung der Überbauten.

Die Bezeichnungen sind so gewählt, daß Größen gleicher Ordnung durch ein und dieselbe Buchstabengattung kenntlich gemacht werden. Die Größen gehören der cm-Skala, der kgcm-Skala oder der kg-Ordnung an. Die Größenordnungen der cm-Skala werden

## Zusammenstellung:

em-Skala	Ordnung	kgem-Skala	Buchstaben	Beispiele
$\text{em}^1 = \text{cm}$	— 1. Ordnung	$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$	kleine gotische	Raumgewicht $G = \frac{G}{\mathfrak{R}}$
$\text{em}^0 = 1$	0. Ordnung	$\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	kleine griechische	Unbenannte Zahlen, Verhältnisse, Winkel, Spannungen.
$\text{em}^1 = \text{cm}$	1. Ordnung	$\frac{\text{kg}}{\text{cm}}$	kleine lateinische	Längen, Streckenlasten.
$\text{em}^2 = \text{cm}^2$	2. Ordnung	kg	große lateinische	Flächen, Einzelkräfte.
$\text{em}^3 = \text{cm}^3$	3. Ordnung	kgem	große gotische	Körperinhalt, statisches Moment, Biegemoment.
$\text{em}^4 = \text{cm}^4$	4. Ordnung	kgem <sup>2</sup>	große griechische	Trägheitsmoment, Zentrifugalmoment.

durch die Exponenten bestimmt. Aus der Verbindung von kg und der cm-Skala entsteht die in der dritten Spalte der Zusammenstellung angegebene kgcm-Skala, deren Größenordnungen dadurch festgelegt werden, daß kg derselben Ordnung wie  $\text{cm}^2$  der cm-Skala, d. h. der zweiten Ordnung zugeteilt wird.

Einstimmig hat sich bereits der Arbeitsausschuß für die Neubearbeitung der Eisenbetonbestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton zu dieser Bezeichnungsweise bekannt, und es wird erwartet, daß alle technischen Verbände Deutschlands sich anschließen werden.

II. Die Festigkeitsberechnung soll über folgende Punkte ausreichende Angaben enthalten:

a) Über den der Berechnung zugrunde gelegten Lastenzug und über die Quellen, denen die Zahlenwerte für die Momente, Querkkräfte usw. entnommen sind.

b) Über die Eigengewichte aller wesentlichen Teile.

c) Über die Stoßzahl der Fahrbahn und der Hauptträger.

d) Über die Art der Baustoffe, welche der Entwurf vorsieht.

e) Über die zulässigen und größten auftretenden Spannungen aller einzelnen Bauglieder und Verbindungen.

f) Über die Größe der rechnerischen Durchbiegungen unter der ständigen Last und dem maßgebenden Lastenzuge bei neuen und zu verstärkenden Brücken und über die Größe der Überhöhungen für die Aufstellung neuer Brücken.

g) Über die Klassenbezeichnung der Brücke.

III. Es ist anzustreben, allen Einzelteilen eines Überbaues den gleichen Sicherheitsgrad zu geben und etwa aus baulichen Gründen notwendige Überschüsse an Querschnitt auch auf die Anschlüsse auszudehnen, um z. B. bei späterer Erhöhung der Betriebslasten die Überschüsse ohne weiteres nutzbar machen zu können. Die Fahrbahn längsträger sind ebenso wie die Querträger samt ihren Anschlüssen möglichst steif auszubilden. Werden die Fahrbahn längsträger nur mit zwei Winkeleisen an den Querträgern angeschlossen, so sind sie als auf zwei Stützen freiaufliegende Träger zu berechnen. Zur Ermittlung der erforderlichen Anzahl der Anschlußniete so angeschlossener Träger ist der unter Berücksichtigung der Stoßzahl  $\varphi$  errechnete Auflagerdruck bei neuen Brücken um 20% zu erhöhen.

Im Falle, daß die Kontinuität der Längsträger gewahrt ist, ist das Auflagermoment mit  $\frac{3}{4}$  und das Moment in Trägermitte mit

$\frac{1}{5}$  des größten Momentes des auf zwei Stützen frei aufliegenden Trägers in Rechnung zu stellen.

Die Querträger sind in der Regel als auf zwei Stützen frei aufliegende Träger zu berechnen, wobei die Längsträger als gelenkig an den Querträgern angeschlossen zu betrachten sind. Zur Ermittlung der erforderlichen Anzahl der Anschlußniete ist in diesem Falle der unter Berücksichtigung der Stoßzahl  $\varphi$  errechnete Auflagerdruck bei neuen Brücken um 20% zu erhöhen.

Bei der Bestimmung des erforderlichen Querschnittes von Blechträgern — auch von vollwandigen Bogenträgern — sind in jeder Gurtung die Löcher von zwei senkrechten Nieten und außerdem für eine senkrechte Nietreihe im Stegblech 15% der Stärke des Stegbleches abzuziehen.

Bei gezogenen Stäben müssen bei der Ermittlung des nutzbaren Querschnittes die Nietlöcher abgezogen werden, deren Lage, dies erfordert.

Walzträger in Grobmörtel sind so stark zu bemessen, daß sie ohne Rücksicht auf die Tragfähigkeit des Grobmörtels die Lasten allein aufnehmen können.

Die Stabkräfte, Auflagerkräfte, Momente und Querkräfte sind getrennt für die ständige Last, für die senkrechten Teilkräfte der Verkehrslast, für die wagerechten Fliehkräfte, für Wärmewirkung, für den Winddruck, für die Brems- und Anfahrkräfte, für die Seitenstöße der Fahrzeuge, für die Reibungswiderstände der Lager und für ein etwaiges Ausweichen der Widerlager und Setzen der Pfeiler nachzuweisen. Hiernach sind zunächst die Hauptspannungen, die von den Haupteinflüssen zusammen hervorgerufen werden, und dann die Summen der Hauptspannungen und der Zusatzspannungen zu berechnen. Bei Brücken bis zu 40 m Stützweite sind unter gewöhnlichen Verhältnissen für die Bemessung der Glieder der Hauptträger nur die Hauptkräfte maßgebend; daher genügt es für solche Überbauten meist, die Zusatzspannungen nur für die durch die Hauptkräfte am stärksten beanspruchten Gurt- und Wandglieder zu untersuchen. Überschreiten die Gesamtspannungen dieser Glieder die für den Fall der Berücksichtigung der Wind- und Zusatzkräfte zugelassene Grenze nicht, so braucht der Einfluß der Wind- und Zusatzkräfte auf die übrigen Glieder der Hauptträger nicht nachgewiesen zu werden.

In der Festigkeitsberechnung ist im allgemeinen nicht anzugeben, welche Querschnitte und Abmessungen erforderlich sind; vielmehr sind die größten rechnerischen Spannungen der einzelnen Bauteile und Verbindungen den zulässigen Spannungen gegenüberzustellen.

Die Wahl der Berechnungsverfahren ist, soweit sie diesen „Grundlagen“ nicht widersprechen, freigestellt.

IV. Dieser Unterabschnitt enthält die Vorschriften über den Gang, den ein neuer Brückenentwurf bis zur Genehmigung durch die oberste Verwaltung zu durchlaufen hat. Er legt die vorzusehenden Prüfungen fest und bemißt die Verantwortung, die jeder beteiligte Bearbeiter, Referent usw. der Verwaltung gegenüber zu übernehmen hat.

V. Für die Ausrechnung genügt die Genauigkeit, die der Gebrauch eines guten Rechenschiebers oder ein sorgfältig durchgeführtes zeichnerisches Verfahren bietet.

C. I. a) Die ständige Last, die meist als gleichmäßig verteilt angenommen werden kann, besteht:

1. aus dem Eigengewicht des Überbaues,
2. aus dem Gewicht der Fahrbahn.

Das Gewicht der Fahrbahn ist unmittelbar zu berechnen, während das Eigengewicht des Überbaues durch Formeln, Gewichtskurven oder durch Vergleich mit ausgeführten Brücken zunächst annähernd zu ermitteln ist. Dabei sind als Raumeinheitengewichte anzunehmen für:

Schweißeisen . . . . .	7,8 t/m <sup>3</sup>
Flußeisen . . . . .	7,85 t/m <sup>3</sup>
Stahl . . . . .	7,85 t/m <sup>3</sup>
Gußeisen . . . . .	7,25 t/m <sup>3</sup>
Blei . . . . .	11,42 t/m <sup>3</sup>
Holz (naß) . . . . .	1,0 t/m <sup>3</sup>
Mauerwerk aus Backsteinen . . . . .	1,8 t/m <sup>3</sup>
Mauerwerk aus Klinkern . . . . .	1,9 t/m <sup>3</sup>
Bruchsteinmauerwerk aus Kalkstein . . . . .	2,5 t/m <sup>3</sup>
Bruchsteinmauerwerk aus Sandstein . . . . .	2,4 t/m <sup>3</sup>
Bruchsteinmauerwerk aus Granit . . . . .	2,7 t/m <sup>3</sup>
Werkstücke aus Granit . . . . .	2,8 t/m <sup>3</sup>
Werkstücke aus Sandstein . . . . .	2,5 t/m <sup>3</sup>
Schotter . . . . .	2,0 t/m <sup>3</sup>
Kies- oder Schottergrobmörtel . . . . .	2,2 t/m <sup>3</sup>
Eisengrobmörtel . . . . .	2,4 t/m <sup>3</sup>
Bimsgrobmörtel ohne Sandzusatz . . . . .	1,1 t/m <sup>3</sup>
Bimsgrobmörtel mit Sandzusatz . . . . .	1,6 t/m <sup>3</sup>
Stampf- und Gußasphalt . . . . .	2,2 t/m <sup>3</sup>

b) Bei Eisenbahnbrücken mit Regelspurweite werden im allgemeinen als Verkehrslast drei neue Lastenzüge *N*, *E* und *G*

eingeführt. Lastenzug  $N$  besteht aus zwei Tenderlokomotiven (12,80 m lang mit 7 Achsen zu 25 t) und ein- oder zweiseitig angehängten Großgüterwagen (10 m lang mit 4 Achsen zu 20 t), Lastenzug  $E$  aus 2 Tenderlokomotiven (13,50 m lang mit 6 Achsen zu 20 t) und ein- oder zweiseitig angehängten Großgüterwagen, Lastenzug  $G$  aus 2 Tenderlokomotiven (11 m lang mit 5 Achsen zu 18 t) oder 2 Großgüterwagen mit ein- oder zweiseitig angehängten Güterwagen (6 m lang mit 2 Achsen zu 12 t) oder 1 Tenderlokomotive (wie vor), 2 einseitig angehängten Großgüterwagen und an diese anschließenden Güterwagen. Welcher von diesen Lastenzügen für den einzelnen Fall angewendet werden muß, und für welche Strecken schwächere Lastenzüge zugelassen sind, wird durch besondere Vorschriften geregelt.

Bei der Berechnung des Erddrucks auf die Widerlager ist die Verkehrslast durch eine Erdschicht von der Höhe  $h$  über Schienenoberkante zu ersetzen, und zwar

$$\text{beim Lastenzug } N \text{ von } h_N = \frac{175}{12,8 \cdot 3,5 \cdot 1,8} = 2,2 \text{ m,}$$

$$\text{beim Lastenzug } E \text{ von } h_E = \frac{120}{13,5 \cdot 3,5 \cdot 1,8} = 1,4 \text{ m,}$$

$$\text{beim Lastenzug } G \text{ von } h_G = \frac{90}{11 \cdot 3,5 \cdot 1,8} = 1,3 \text{ m.}$$

Für einfache Balkenträger auf 2 Stützen können die durch die Verkehrslast erzeugten größten Biegemomente und Querkräfte mit Hilfe beigegebener Tafeln berechnet werden. Tafel 2 dient auch gleichzeitig zur Berechnung der Momente aus der gleichmäßig verteilten ständigen Last.

Die Länge der Gurtplatten von Blechträgern und der Zuwachs an Widerstandsmoment durch die Anschlußniete der Gurtplatten ist zeichnerisch zu ermitteln, wobei die mit der entsprechenden Stoßzahl  $\varphi$  multiplizierten Momente  $M$  in die Rechnung einzuführen sind.

Zur Berechnung der größten Querkräfte  $T_x$  und der zugehörigen Auflagerkräfte  $A$  aus der als ruhend angenommenen Verkehrslast eines Gleises dient Tafel 3.

Unter der Annahme unmittelbarer Übertragung der Radlasten auf die Schwellenträger und gelenkigen Anschlusses der letzteren an den Querträgern kann bei offenen Fahrbahnen die Größe des von der Verkehrslast herrührenden Auflagerdruckes eines Schwellenträgerstranges an dem Querträger aus Tafel 4 oder 5 berechnet werden.



Bei Brücken in Krümmungen ist der Einfluß der Fliehkraft zu berücksichtigen, die mit Hilfe von Tafel 6 berechnet wird.

Als Grenzen der Wärmeschwankungen sind  $-25^{\circ}\text{C}$  und  $+45^{\circ}\text{C}$  anzunehmen. Für ungleiche Erwärmung einzelner Teile kommt ein Wärmeunterschied von  $15^{\circ}\text{C}$  in Betracht.

II. Der Winddruck ist wagerecht anzunehmen. Bei belasteter Brücke ist er mit  $150\text{ kg/m}^2$  und bei unbelasteter mit  $250\text{ kg/m}^2$  in Rechnung zu stellen.

Die in der Fahrriichtung in Höhe der Schienenoberkante wirkende Bremskraft ist zu  $\frac{1}{7}$  des Gewichtes aller den Überbau belastenden Lokomotiv- und Tenderachsen und der Hälfte aller den Überbau belastenden Wagenachsen anzunehmen. — Der entgegengesetzt der Fahrriichtung in Höhe der Schienenoberkante wirkende Anfahrwiderstand ist mit  $\frac{1}{7}$  des Gewichtes aller den Überbau belastenden Lokomotivachsen in die Rechnung einzuführen.

Bei der Berechnung der Wind- und Schlingerverbände der Fahrbahn ist zur Berücksichtigung der durch die Lokomotiven auf die Schienen ausgeübten Seitenstöße für jedes Gleis eine wagerechte und rechtwinklig zur Gleisachse wirkende Kraft von  $\frac{1}{5}$  der größten Lokomotivlast an der ungünstigsten Stelle anzunehmen.

Bei beweglichen Lagern ist die gleitende Reibung zu 0,2, die rollende Reibung zu 0,03 vom Auflagerdruck anzunehmen.

Einflüsse des Ausweichens der Widerlager und Setzens der Pfeiler sind bei neuen Brücken nach den möglichen, bei bestehenden Brücken nach den tatsächlichen Massen zu berechnen und wie Zusatzkräfte zu behandeln.

D. I. Die von den senkrechten Teilkräften der Eisenbahnverkehrslast hervorgerufenen Momente, Querkräfte und Stabkräfte der Fahrbahn- und Hauptträger sind je nach der Stützweite und der Fahrbahnausbildung mit einer in der Tafel 7 angegebenen Stoßzahl  $\varphi$  zu multiplizieren.

$$\varphi = 1,20 + \frac{17}{l + 28}$$

bei Brücken mit Schienen unmittelbar oder mit Unterlagplatten auf den Haupt-, Quer- oder Längsträgern,

$$\varphi = 1,19 + \frac{21}{l + 46}$$

bei Brücken mit Schwellen auf den Haupt- oder Längsträgern,

$$\varphi = 1,11 + \frac{56}{l + 144}$$

bei Brücken mit durchgehender Bettung.

Die Stoßziffer beginnt bei 0 m mit 1,80 oder 1,65 oder 1,50 und erreicht bei  $l = 50$  m die Werte 1,42, 1,41 bzw. 1,40. Von dieser Stützweite an gilt für alle Brückenarten nur noch die mittlere Formel, die Stoßziffer fällt allmählich bis auf 1,30 bei  $l = 140$  m und bleibt dann für alle größeren Stützweiten mit 1,30 bestehen. Für die einzelnen Trägerarten sind zur Bestimmung der Stützweiten besondere Regeln aufgestellt.

Es gelten dann als Grenzen der zulässigen Zug- und Biegungsspannungen die Werte der folgenden Tafel.

1	2	3	
Eisensorte	Streckgrenze $\sigma_Q$ in kg/cm <sup>2</sup>	Zulässige Zug- und Biegungsspannungen der Haupt- und Fahrbahnträger bei Belastung durch die	
		Hauptkräfte (Ständige Last, Verkehrslast, Fliehkraft, Wärmeschwankung)	Haupt-, Wind- und Zusatzkräfte (zu den letzteren gehören Brems- und Anfahrkräfte, Seitenstöße, Reibungswiderstände der Lager, Ausweichen der Widerlager u. Setzen der Pfeiler)
		$\sigma_{zul}$ in kg/cm <sup>2</sup>	
a) Neue Brücken.			
Fluß Eisen	2400	1400	1600
Flußstahl	z. B. 3800	$1400 \cdot \frac{3800}{2400} = \text{rd. } 2200$	$1600 \cdot \frac{3800}{2400} = \text{rd. } 2500$
b) Bestehende Brücken.			
Schweiß Eisen und Fluß Eisen, das vor 1895 eingebaut ist	2200	1400	1600
Fluß Eisen, das nach 1895 eingebaut ist	2400	1500	1700

Die für neue flußeiserne Brücken angegebenen Werte beziehen sich auf ein Fluß Eisen mit einer Mindeststreckgrenze von 2400 kg/cm<sup>2</sup>. Für hochwertige Baustoffe mit einer erhöhten Streckgrenze  $\sigma_Q$  sind

die zulässigen Zug- und Biegungsspannungen gleich dem mit  $\frac{\sigma_Q}{2400}$  multiplizierten Werte  $\sigma_{zul}$  für Flußeisen zu setzen. Nach 1895 erbaute Flußeisenbrücken dürfen um  $100 \text{ kg/cm}^2$  höher beansprucht werden als neue, da die bestehenden Brücken nicht in dem Maße wie die neu zu erbauenden für ein weiteres Anwachsen der Lasten in Frage kommen. — Die zulässige Schubspannung  $\tau_{zul}$  beträgt das 0,8fache der zulässigen Zug- und Biegungsspannung  $\sigma_{zul}$ .

II. Flußeiserne Glieder von Fußwegunterstützungen dürfen auf Zug und Biegung mit  $\tau_{zul} = 1400 \text{ kg/cm}^2$  beansprucht werden. Die zulässige Schubspannung  $\tau_{zul}$  beträgt das 0,8fache der zulässigen Zug- und Biegungsspannung  $\tau_{zul}$ .

III. Bei Berechnung der Druckstäbe ist für Gurtstäbe als freie Knicklänge die Länge ihrer Netzlينien anzunehmen. Bei den Füllungsstäben (Streben und Pfosten) ist für das Ausknicken senkrecht zur Trägerebene im allgemeinen als freie Knicklänge ebenfalls die Länge der Netzlينien, für das Ausknicken in der Trägerebene im allgemeinen als freie Knicklänge der Abstand der nach der Zeichnung geschätzten Schwerpunkte der beiderseitigen Anschlußnietgruppen des Stabes einzuführen.

Man ist von dem Grundsatz ausgegangen<sup>1)</sup>, bei jedem Schlankheitsgrad  $\frac{s_k}{i} = \lambda$  Knickzuschläge  $\omega$  vorzuschreiben, diese Zuschläge jedoch nach einer möglichst einfachen Regel festzulegen. Es ist angenommen, daß zwischen  $\lambda = 0$  und  $\lambda = 60$  die Knickspannungen  $\sigma_k$  auf einer Wagerechten liegen, die im Abstand  $\sigma_Q$  — Spannung an der Quetschgrenze — parallel zur Abszissenachse verläuft. Bei  $\lambda \leq 100$  gilt die Eulerkurve. Zwischen  $\lambda = 60$  und  $\lambda = 100$  ist eine Gerade eingeschaltet. Für ein Flußeisen mit  $\sigma_Q = 2400 \text{ kg/cm}^2$  lauten die Wertausdrücke für  $\sigma_k$ :

$$\begin{aligned} \text{bei } \lambda &\leq 60 & \sigma_k &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{bei } \lambda &= 60 \text{ bis } \leq 100 & \sigma_k &= 2817 - 6,95 \lambda \text{ kg/cm}^2 \\ \text{bei } \lambda &\leq 100 & \sigma_k &= \frac{21\,220\,000}{\lambda^2} \text{ kg/cm}^2. \end{aligned}$$

Ähnliche Formeln sind aufgestellt für Stäbe aus Schweißeisen und älterem Flußeisen, ferner für Stäbe aus Flußstahl von  $\sigma_Q = 3800 \text{ kg/cm}^2$ .

Es ist ferner vorgesehen, daß für neue Brücken aus Flußeisen oder Stahl bei alleiniger Belastung durch die Hauptkräfte für

<sup>1)</sup> Zentralblatt der Bauverwaltung 1922, Nr. 53, S. 321.

$\lambda \leq 60$  eine zweifache Sicherheit und für  $\lambda \geq 100$  eine vierfache Sicherheit gegen Ausknicken genügt. Zwischen  $\lambda = 60$  und  $\lambda = 100$  wird geradlinig eingeschaltet. Dieselben Sicherheitsgrade werden auch für bestehende Brücken aus Schweißeisen oder älterem Flußeisen bei alleiniger Belastung durch die Hauptkräfte angenommen.

Es ergeben sich damit ohne weiteres die Knickzahlen  $\omega$ . Für  $\lambda \leq 60$  wird:

$$\text{bei Schweißeisen u. älterem Flußeisen } \omega = \frac{1400}{2200} \cdot 2 = 1,27$$

$$\text{bei neuen Brücken aus Flußeisen } \omega = \frac{1400}{2400} \cdot 2 = 1,17$$

$$\text{bei Flußstahl } \omega = \frac{2200}{3800} \cdot 2 = 1,17.$$

Die weiteren Werte für  $\omega$  sind der Tafel 9 zu entnehmen; für neue Brücken aus Flußeisen seien sie hier kurz bis  $\lambda = 150$  wiedergegeben:

$\lambda = 0$ bis 60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
$\omega_k = 2400$	2330	2261	2191	2122	1754	1474	1256	1083	943
$\omega = 1,17$	1,50	1,86	2,24	2,64	3,19	3,80	4,46	5,17	5,94

Bei mittigem Kraftangriff ist jeweils die errechnete Stabkraft eines Druckstabes je nach dem Werte  $\lambda$  und dem vorhandenen Baustoff mit der entsprechenden Knickzahl  $\omega$  zu multiplizieren, und es ist der Stab dann hinsichtlich der zulässigen Spannung weiter wie ein Zugstab zu behandeln. Die Nietlöcher sind bei der Ermittlung des nutzbaren Querschnitts der Druckstäbe nicht abzuziehen.

Bei mehrteiligen Druckstäben darf der Schlankheitsgrad der einzelnen Teile nicht größer als der Schlankheitsgrad des ganzen Stabes und nicht größer als 30 sein.

IV. Wechselstäbe und Wechselträger sind solche Bauteile, in denen unter Berücksichtigung der Stoßzahl  $\varphi$  abwechselnd Zug- und Druckspannungen auftreten. Ohne Rücksicht auf das Vorzeichen ist zur größten Stabkraft in einer Richtung die Hälfte der kleineren Größtkraft zuzuzählen und diese Summe dann der Querschnittsermittlung zugrunde zu legen. Das gleiche gilt bei Wechselmomenten. Außerdem sind Druckstäbe natürlich auf Knicken für die größte Druckkraft zu bemessen.

VI. Die für die Glieder der Wind- und Querverbände zulässigen Zug- und Biegungsspannungen sind in Tafel 10 angegeben.

Sie sind nach der Stützweite abgestuft und lauten für neue Brücken aus Flußeisen:

Stützweite in m	10	20	40	60	80	100	120	140
Zulässige Spannungen in kg/cm <sup>2</sup>	970	1030	1100	1150	1180	1200	1210	1230 usw.

VII. Für die Abmessungen, Bezeichnungen und Sinnbilder der Niete und Schrauben sind die Festsetzungen des Normenausschusses der deutschen Industrie maßgebend (Tafel 11a, b, c und 12).

Die Scherspannung der Niete und eingepaßten Schrauben darf  $\frac{8}{10}$  ihr Lochleibungsdruck das Zweifache der zulässigen Zug- und Biegungsspannung der anzuschließenden Teile erreichen.

Aus Gründen der Einfachheit und Einheitlichkeit in der Festsetzung der zulässigen Spannungen sind die Scherflächen mit dem 0,8fachen und die Leibungsflächen mit dem zweifachen Betrage in die Rechnung einzuführen und für die zulässigen Spannungen dieser reduzierten Flächen die zulässigen Zug- und Biegungsspannungen der anzuschließenden Teile anzunehmen. Die reduzierten Flächen sind den Anlagen 5—9 zu entnehmen.

VIII. Bei der Berechnung der eisernen Lagerteile ist die Stoßzahl  $\varphi$  zu berücksichtigen. Die zulässigen Spannungen auf Biegung und Druck sind:

Eisensorte	Zulässige Spannungen der eisernen Lagerteile			
	ohne Berücksichtigung der Wind- und Zusatzkräfte		mit Berücksichtigung der Wind- und Zusatzkräfte	
	auf Biegung kg/cm <sup>2</sup>	auf Druck kg/cm <sup>2</sup>	auf Biegung kg/cm <sup>2</sup>	auf Druck kg/cm <sup>2</sup>
Gußeisen	Zug 400 Druck 800	900	Zug 450 Druck 900	1000
Stahlformguß	Zug } 1200 Druck }	1500	Zug } 1300 Druck }	1600
Schmiedestahl	Zug } 1400 Druck }	1700	Zug } 1500 Druck }	1900

Die zulässigen Druckspannungen für die Berührungsflächen solcher Lager, die sich im unbelasteten Zustande nur in einer Linie oder einem Punkte berühren, sind bei festen Lagern, bei Gleitlagern und bei den Rollen von Ein- und Zweirollenlagern mit

- 4000 kg/cm<sup>2</sup> für Gußeisen,  
 5000 kg/cm<sup>2</sup> für Flußeisen,  
 6500 kg/cm<sup>2</sup> für Stahlformguß,  
 7500 kg/cm<sup>2</sup> für Schmiedestahl anzunehmen.

Diese Werte sind bei den Rollen beweglicher Lager, die mehr als 2 Rollen aufweisen um 1000 kg/cm<sup>2</sup> zu ermäßigen, falls der auf die einzelnen Rollen entfallende Druck nicht einwandfrei ermittelt werden kann.

X. Die Spannung der Fugen zwischen den eisernen Lagern und den steinernen Unterstützungen, der Auflagersteine und des Mauerwerks unter den Auflagersteinen darf bei mittiger und senkrechter Belastung des untersten eisernen Lagerkörpers die in folgender Tafel angegebenen Werte erreichen:

Stützweite in m bis zu	10	20	40	60	80	100	120	140	150
Pressung der Mörtelfuge zwischen eisernem Lager und steinerner Unterstützung der Auflagersteine und bei Fehlen von Auflagersteinen des Zementgrobmörtels unmittelbar unter dem eisernen Lager	20	22	26	30	34	38	42	46	48
Pressung zwischen Auflagersteinen und Mauerwerk									
a) aus Zementgrobmörtel (1:3:5) oder Quadern oder Klinkern in Zementmörtel (1:2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	10	12	16	20	24	28	32	36	38
b) aus Bruchsteinen in Zementmörtel (1:2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> )	6	7	9	11	13	15	17	19	20
Zulässige Spannung der Auflagersteine aus Granit oder einem ähnlich festen Gestein auf Schub und Biegung	6	7	9	11	13	15	17	19	20

Bei außermittigem oder schrägerichtetem Kraftangriff dürfen die Kantenpressungen die angegebenen Werte um 20% überschreiten. Die Verkehrslasten sind dabei als ruhend, d. h. ohne Stoßzahl in die Rechnung einzuführen.

Bei Bogenbrücken ohne aufgehobenen Horizontalschub ist die halbe Spannweite für die Bestimmung der zulässigen Pressungen anzunehmen.

Die Würfelfestigkeit der Auflagersteine soll mindestens das 15fache, die des Zementgrobmörtels nach 28 Tagen das 5fache der für die Stützweite von 150 m zugelassenen Pressungen betragen.

Bei bestehenden Brücken dürfen die in diesem Unterabschnitt angegebenen Werte um 25% erhöht werden.

XI. Die zulässigen Spannungen für Holz sind aus folgender Tafel zu entnehmen. Die Verkehrslasten sind dabei als ruhende Lasten, d. h. ohne Stoßwirkung anzunehmen.

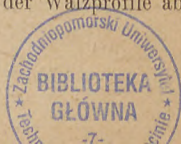
Holzart	Zulässige	
	Biegungsspannung kg/cm <sup>2</sup>	Druckspannung ⊥ zur Faser kg/cm <sup>2</sup>
Fichten- u. Tannenholz	90	15
Buchen- u. Eichenholz	110	30

E. Bei neuen oder zu verstärkenden Fachwerkbrücken sind die Einflußlinien für die Durchbiegung der Punkte, welche in den einzelnen Öffnungen die größte Einsenkung erleiden, aufzuzeichnen. Aus ihnen ist die Durchbiegung dieser Punkte unter der ständigen Last und dem maßgebenden Lastenzug zu ermitteln. Die bei der Probelastung tatsächlich festgestellte Durchbiegung dieser Punkte ist der rechnerischen, der Probelastung entsprechenden und mit Hilfe der Einflußlinien ermittelten gegenüberzustellen. Bei neuen oder zu verstärkenden vollwandigen Trägern genügt es im allgemeinen, die entsprechende Durchbiegung dieser Punkte unter Annahme einer stellvertretenden, gleichmäßig verteilten Last durch Formeln zu ermitteln.

Die von der Verkehrslast herrührende Durchbiegung soll in der Regel nicht mehr als  $\frac{1}{1000}$  der Stützweite betragen. Bei Walzträgern in Grobmörtel darf diese Durchbiegung  $\frac{1}{800}$  der Stützweite erreichen.

Brücken von Stützweiten über 20 m ist eine Überhöhung derart zu geben, daß sie unter der ständigen Last und der halben Verkehrslast die der Festigkeitsberechnung zugrunde gelegte Form annehmen.

F. Das Gewicht der Nietköpfe wird je nach der Überbauart mit 1—3% des Eisengewichts des ganzen Überbaues in Rechnung gestellt. Durch diesen Gewichtszuschlag sind auch die gegenüber den Regelgewichten etwa erhöhten Gewichte der Walzprofile abgegolten.



# Register.

A. bedeutet Anhang.

- |  |   |                                       |
|--|---|---------------------------------------|
| Abdeckung der Böschungen 9, 129.         | Baugrund 7, 12.                               | Blechträger 99, A.                    |
| „ „ Brücken 88.                          | Baumpflanzungen 33.                           | Bleisolierplatten 89.                 |
| Abdichtung von Kanalbrücken 119.         | Baumwehre 112.                                | Bleiplatten zur Dichtung 119.         |
| Äberli 33.                               | Baustoffe der Brücken 69.                     | Bleirohre 41, 44, 48.                 |
| Abkühlen von Eisen 106.                  | „ „ Entwässerung 49.                          | Bleiverguß der Rohre 42.              |
| Abpflasterungen 12.                      | „ „ Flußdeiche 128.                           | Bodengewinnung 10.                    |
| Abrollung 109.                           | „ „ Gleisbettung 64.                          | Bodenuntersuchung 7.                  |
| Absatzgesteine 9.                        | „ des Kanalbaues 113.                         | Bohlenbelag bei Brücken 74.           |
| Aggressive CO <sub>2</sub> im Wasser 47. | „ der Landstraßen 29.                         | Bohlenwände 119.                      |
| Angriffe der Leitungen durch Wasser 42.  | „ des Oberbaues 58.                           | Bohlenwerke 111.                      |
| Anlauffarben des Eisens 106.             | „ „ Seebaues 134.                             | Bohrassel 140.                        |
| Anschlußniete A.                         | „ „ Telegraphenbaues 64.                      | Bohrwurm 137.                         |
| Anstriche, wasserdichtende 29.           | „ „ Wasserbaues 109.                          | Böschungswinkel, natürlicher 10.      |
| Asphaltnstrich der Rohre 42.             | „ der Wasserversorgung 41.                    | Brammen 105.                          |
| Asphaltbahnen 36.                        | Bearbeitung, mechanische, des Eisens 105.     | Breitfußschienen 58.                  |
| Asphaltbetondecken 38.                   | Belastungsproben für Schienen 58.             | Bruchsteingewölbe 83.                 |
| Asphaltbleiplatten 119.                  | Belüftung von Wasser 48.                      | Brücken, gewölbte 82.                 |
| Asphaltin 33.                            | Beschotterung hölzerner Brücken 74, 75.       | Brunnengründung 19.                   |
| Asphaltpappe 69.                         | Betonangriff durch Kohlen 66.                 | Brunnenrohre 48.                      |
| Asphaltplatten 37.                       | Betonbahnen für Straßen 37.                   | Buche, roter Kern der — 63.           |
| Äste im Holz 88.                         | Betoneisenschwellrost 17.                     | Buhnen 112.                           |
| Auflagersteine A.                        | Betonpfähle 17.                               | Chemische Angriffe auf Baustoffe 135. |
| Ausweichen der Widerlager A.             | Betonplatten 40.                              | Chemisch-mechanische Klärung 58.      |
| Bagger 10.                               | Betontalsperren 27.                           | Chromnickelstahl 66, 136.             |
| Bahnsteighallen, hölzerne 66.            | Bettung auf eisernen Eisenbahnbrücken 96, 97. | Coupillen 101.                        |
| Balkenbrücken 85.                        | Biegeproben für eiserne Querschwellen 60.     | Dachkonstruktionen, hölzerne 66.      |
| Balkenträger A.                          | Blasen bei Gußblöcken 59.                     | Dammshüttungen 11.                    |
| Bandfaschinen 110.                       | Blaubruchigkeit 106.                          | Decklage bei Straßen 30.              |
| Basalt 34.                               |   | Decklagen beim Flußbau 111.           |
| Basaltlava 65.                           |   | Deichböschung 128, 129.               |
| Basaltpflaster 119.                      |   | Deichschleusen 131.                   |
| Baugruben 13.                            |   | Deichverteidigung 130.                |
|  |   | Dichtung der Tonrohre 51.             |
|  |   | Diorit 34.                            |



- Dränrohre 24.  
 Drempel 116, 117.  
 Druckluftgründung 21.  
 Druckstäbe, Berechnung A.  
     „ mehrteilige A.  
 Dübel bei Brückenbalken  
     73  
 Durchbiegung eiserner  
     Eisenbahnbrücken A.  
  
**Ebenen, schräge** 117.  
 Einsteigeschächte 55.  
 Eisen, Angriff von 45.  
 Eisen für Brücken 90.  
     „ Prüfung 91.  
 Eisenbahnbrücken 93, A.  
 Eisenbearbeitung 102.  
 Eisenbetonbrücken 84.  
 Eisenbetonpfähle 17.  
 Eisenbetonrohre 41.  
 Eisenbetonwehre 122.  
 Eisendraht, verzinkter 64.  
 Eiseneinlagen 24.  
 Eisenhochofenschlacke 30,  
     35, 64.  
 Eisenrohre 41.  
 Entrinden der Bäume 77.  
 Erdarten als Baugrund 8.  
     „ zu Dammschüt-  
     tungen 9.  
 Erddämme 14.  
 Erdstürzungen 12.  
 Erhitzen von Eisen 106.  
 Eternit 69.  
  
**Fachwerkträger, eiserne** 99.  
 Fahrbahn eiserner Brücken  
     95.  
 Fällzeit der Bäume 76.  
 Faschinen 110.  
 Faulbrüchigkeit des Eisens  
     107.  
 Faulkern der Buche 64.  
 Festigkeit von Holz 77, 78.  
 Festigkeitsberechnung  
     eiserner Brücken A.  
 Filzplatten unter Schienen  
     bei eisernen Brücken 96.  
 Fingermuschel 137.  
 Flanschenrohre, Dichtung  
     42.  
 Fließnarben 105.  
 Flußeisen bei Brücken 104,  
     A.  
 Formen beim Eisen 104.  
 Futtermauern 21.  
  
**Gase, schwefelsäurehaltige**  
     66.  
 Gasteer 33.  
 Gelenke steinerner Brücken  
     85.  
     „ eiserner Brücken  
     100.  
 Gesamtspannungen A.  
 Gleiszone 23.  
 Goudron 37.  
 Granit 34.  
 Gründungen, Baustoffe  
     der — 13.  
 Grundwasser 115.  
 Gruppenpfeiler 87.  
 Guß, säurefester 67.  
 Gußasphalt 36, 37, 40.  
 Gußblöcke 105.  
 Gußeisen 103.  
 Gußeisenrohre 42, 48, 49.  
  
**Handschlag** 30.  
 Hanfstricke 42, 51.  
 Hebewerke 117, 118.  
 Herzstücke 59.  
 Hohlwehre 122.  
 Holz, unentflammbares 68.  
     „ für Schiffsbau 141.  
     „ zulässige Spann-  
     ungen 15.  
     „ Schutz gegen Fäul-  
     nis 73, 76.  
 Holzbauweisen, neuere, für  
     Brücken 72.  
 Holzpflaster 35, 75.  
 Holzstämmen, durchbohrte  
     41.  
 Holzteeranstrich 73.  
  
**Inhalt** 3, 4.  
 Innenmantelrohre 46.  
  
**Jochpfähle** 74.  
  
**Kaimauern** 21, 24.  
 Kalkwasser zum Mörtel 27.  
 Kaltbrüchigkeit 105, 107.  
 Kaltrisse 104.  
 Kanalabdichtung 113.  
 Kanalbaustoffe 113.  
 Kanalschleusenbaustoffe  
     114.  
 Kanalwässer 115.  
 Karbolinum 66.  
 Kerbschlagprobe 91.  
 Kerbzähigkeit 105.  
  
 Klappenwehre 125.  
 Kleiseisenzeug 61.  
 Kleinpflaster 31.  
 Klinkerpflaster 32, 34, 39.  
 Kopfeisen 105.  
 Kopfsteinpflaster 39.  
 Kreosotöl 33.  
 Kupfer, Angriff von 45.  
 Kupfervitriol 65.  
 Kupferzusatz zu Eisen 67.  
  
**Langpfähle** 17.  
 Längsschwellenoberbau 60.  
 Lehm 8.  
 Literatur 5.  
 Lochen von Eisen 107.  
 Lunker 105.  
  
**Makadam** 30.  
 Mannesmannrohre 42.  
 Maschinenkleinschlag 30.  
 Maste 65.  
 Materialprüfungsamt 81.  
 Mauerkronen 23.  
 Meerwasserangriff auf  
     Steine und Mörtel 136,  
     137.  
 Mergel 9.  
 Mineralöle und -fette 44.  
 Mineralsäuren 47.  
 Moor 8.  
 Mörtelangriff auf Zink und  
     Blei 48.  
 Mosaikpflaster 39.  
  
**Nadelwehre** 123.  
 Niete 102, A.  
  
**Oberflächenteerung** 33.  
 Ölen der Straßen 33.  
 Organische Öle und Fette  
     44.  
  
**Packlage** 30.  
 Pfahlhaube 19.  
 Pfahlrost 17.  
 Pfahlschuhe 18, 19.  
 Pfeilerjoche 70.  
 Pflastersteine 34.  
  
**Quellkade** 130.  
 Querswellen, eiserne 60.  
     „ hölzerne 61ff.  
     „ auf eisernen  
     Brücken 96.

- Quietmeyer, Einfluß des Mörtels auf die Festigkeit des Mauerwerks 80.
- Rasen** 11, 12.  
**Rauchgase** 66.  
**Ret** 118.  
**Rinnsteine** 33.  
**Risse in Zementbetonrohren** 52.  
**Roheisen** 103.  
**Rostschutz der Rohre** 42.  
**Rotbrüchigkeit** 106.  
**Rüpingverfahren** 65.
- Sand** 8, 128.  
**Sandschüttung** 15.  
**Sandstrahlgebläse** 39.  
**Sauerstoffhaltiges Wasser, Angriff der Leitungen** 43.  
**Saure Wasser, Leitungsangriff durch** 33.  
**Schienen** 58.  
**Schilf** 118.  
**Schlagversuche** 58.  
**Schnellimprägnierung** 142.  
**Schutzanstriche** 48.  
**Schützenwehre** 123.  
**Schwellen, Dauer derselben** 62.  
**Schwindrisse bei Beton** 37.  
**Seebau** 134.  
**Segmentschützenwehre** 124.  
**Seifenlösung zum Mörtel** 27.  
**Sektorwehre** 125.  
**Siele** 131.  
**Sinkkörper** 111.
- Sommerwege** 32.  
**Spannplatten** 78.  
**Sperren** 112.  
**Spundwände** 14, 15.  
**Stahl für Schienen** 60.  
**Stahlformguß** 104.  
**Stahlrohre** 42.  
**Stampfasphalt** 36.  
**Staumauern** 22, 25.  
**Stauwerke** 120.  
**Steinzeugrohre** 41, 50.  
**Straßenbaustoffe** 29.  
**Strecken des Eisens** 105.  
**Stuhlschienenoberbau** 60.  
**Sturzbett** 120, 122.  
**Sturzwehre** 122.  
**Stützmauern** 22, 24.  
**Sulfide im Wasser** 43.
- Talsperren, Dichtung der Außenflächen** 28.  
**Tarmac** 33.  
**Teeren der Straßen** 33.  
**Teerölimprägnierung** 63, 73.  
**Telegraphenstangen, hölzerne** 65.  
**Tiefgründungen** 17.  
**Ton** 8, 9, 128.  
**Torf** 8.  
**Traß** 27, 137.  
**Trockenmauerwerk** 23.  
**Trommelwehre** 125.  
**Trümmergesteine** 9.
- Übermauerung der Brückengewölbe** 90.  
**Umschmelzen von Eisen** 104.
- Vagabundierende Ströme** 44.  
**Verdübelung von Schwellen** 61.  
**Verkehrsrisse** 38.  
**Vorsatzbeton** 84.
- Walzenwehre** 126.  
**Walzflächen bei Schienen** 59.  
**Walznickelstahl** 92.  
**Walzträger** 99.  
**Warmbrüchigkeit** 105.  
**Warmrisse** 104.  
**Wasserverderb durch Leitungsstoffe** 43.  
**Wasserversorgung** 41.  
**Wehre** 120 121.  
**Westrumit** 33.  
**Widerlager** 88.  
**Wildbachverbauung** 112.  
**Winkelstützwehre** 125.  
**Würste** 110.
- Zementabdeckungen, für Fußwege** 40.  
**Zementbetonkanäle** 52.  
**Zementbetonrohre** 52.  
**Zementbruchsteinbrücken (Liebold)** 83.  
**Zementplatten** 40.  
**Ziegelgewölbe** 83.  
**Ziegelmauern** 23.  
**Zink, Angriff von** 46.  
**Zinkbleche zwischen Hirnenden** 73.  
**Zinkrohre** 41, 48.  
**Zinn, Angriff von** 46.