

Webers Illustrierte Katechismen

Band 248

Krüger
Brückenbau



9 Mark

Verlag von J. J. Weber in Leipzig

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296116

7
1.628

Baukonstruktionslehre. Mit besonderer Berücksichtigung von Reparaturen und Umbauten von Walter Lange. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 479 Textabbildungen und 3 Tafeln. In Originalleinenband 4 Mark 50 Pf.

Inhalt: **Maurerkonstruktionen.** Mauerverbände. Stärke der Mauern u. s. w. Aufführen von Mauern u. s. w. Der Haustein. Schornsteine (russische Rohre, Fabrikschornsteine u. s. w.) und Feuerungsanlagen. Bogen, Bogenformen, Bogenkonstruktionen und Gewölbe. Isolierschichten, Lichtkasten, Unterkellern u. s. w. Der Stampfbau (Lehm, Kalksand und Beton). Verputzen, Verblenden, Gesimse. Fundierungen. Gerüste u. s. w. Fussbodenbeläge u. s. w. Kegelbahnen, Pflasterung, Treppenanlagen. Türme, Turmspitzen aus Stein und Holz u. s. w. Anlage von Wasserbehältern, Brunnen u. s. w. **Zimmererkonstruktionen.**

Holzverbindungen. Hängewerke, Sprengwerke u. s. w. Decken und Zwischendecken aus Holz. Balkenlagen u. s. w. Fachwerkwände u. s. w. Glockenstühle. Abspreizungen. Dächer, Dachausmittlungen u. s. w. **Verschiedene Konstruktionen.** Cüranlagen, Fensterkonstruktionen, Beschläge u. s. w. Der Holzfussboden und die Wandbekleidungen. Dachdeckungen. Die Konstruktion der Dachrinnen, Dachkehlen, Dachfenster. Verglasungen, auch Dachdeckungen aus Glas u. s. w. Über Anstriche. Konstruktionen des Schlossers. **Reparaturen.** Aus dem Gebiete der Zimmererarbeiten und Maurerarbeiten. **Umbauten.**

Bauschlosserei von Julius Hoch. Mit 288 Abbildungen. In Originalleinenband 6 Mark.

Inhalt: **Eisen als Baustoff und dessen Verbindungselemente.** Elementare Eisenverbindungen. Schweißen. Löten. Niete und Nietverbindungen. Falzen. Zwängverbindungen. Schrauben und Schraubenverbindungen. Keil und Keilverbindungen. Bolzen. Anwendungen der elementaren Eisenverbindungen und Hilfsverbindungen für andere Baustoffe. Stabverbindungen. Hilfsverbindungen für den Stein- und Holzverband. Verbindungen der verschiedenen Handelseisensorten untereinander. Blechverbindungen. Rohre

und Rohrverbindungen. **Anwendungen des Eisens im Bauwesen.** Der eigentliche Eisenhochbau. Stützen und Säulen. Eisenfachwände. Eisenwände. Decken. Dächer. Dachgerüst. Dachung. Metalldeckung. Glasdeckung. Vordächer und überhängende Dächer. Ausgekragte Bauteile. Treppen. Massive Treppen mit Eisen als Hilfsstoff (schwere Treppen). Eiserne Treppen. Der äussere und innere Ausbau. Eiserne Türen, Core und Fenster. Eiserne Schaufenster und Ladenverschlüsse. Rohrnetz für Gas- und Wasserleitungen. Gasleitung. Wasserleitung.

Baustile. Lehre der architektonischen Stilarten von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart. Nebst Erklärung der im Werke vorkommenden Fachausdrücke. Von Dr. Ed. Freiherrn v. Sacken. Fünfzehnte Auflage. Mit 103 Abbildungen. In Originalleinenband 2 Mark.

Inhalt: Einleitung. **Vorchristliche (antike) Baustile.** Ägyptischer und indischer Stil. Baustile des westlichen Asiens (Assyrer, Perser). Chinesischer Baustil. Klassische Baustile: griechischer, dorischer, ionischer und korinthischer Stil. Etruskischer und römischer Baustil. **Baustil des Islam in seinen verschiedenen Formen.** Mohammedanischer Baustil im allgemeinen. Mohammedanischer Stil in den verschiedenen Ländern: Syrien, Ägypten, Sizilien, Spanien, Persien, Arabien, Indien, Türkisches Reich. **Christliche Baustile.** Römisch-altchristlicher Bau-

stil. Byzantinischer Stil. Romanischer Baustil. Spätromanischer oder Übergangsstil (Transitionsstil). Romanischer Stil in den verschiedenen Ländern: Deutschland, Italien, Frankreich, England. Gotischer Baustil. Epochen des gotischen Baustiles. Gotischer Baustil in seiner Verbreitung: Frankreich, Niederlande, Deutschland, England, Italien, Spanien. Renaissancestil: Frührenaissance, Hochrenaissance, Barockstil. Holzbaustil. Baubestrebungen der Gegenwart. Verzeichnis der Baudenkmale. Erklärung der Kunstaussdrücke.

Baustofflehre von Walter Lange. Mit 162 Abbildungen. In Originalleinenband 3 Mark 50 Pf.

Inhalt: **Die Konstruktionsstoffe (Hauptstoffe).** Die Steine. Die natürlichen Gesteine. Das Holz. Zusammenstellung der wichtigsten Holzarten. Die Metalle. Das Eisen. Das Zink. Das Blei. Das Kupfer und seine Legierungen. Das Zinn. **Die Ausbaustoffe und die Nebenstoffe.** Das Glas. Die Kitte.

Die Anstriche. Die Capeten. Stoffe zur Unschädlichmachung ansteckender Krankheitsstoffe und zur Entfernung von Flecken. Bekleidungsstoffe für Zeltbaracken, Dächer. Isolierbaustoffe. **Die Mörtelstoffe.** Die Mörtel aus Kalk und kalkähnlichen Stoffen. Der Asphalt.

Erd- und Straßenbau. Für den Unterricht an technischen Lehranstalten und zum praktischen Gebrauche für Bauingenieure, Straßenmeister und Tiefbautechniker sowie zum Selbststudium bearbeitet von Professor Richard Krüger. Mit 260 Abbildungen. In Originalleinenband 5 Mark 50 Pf.

Inhalt: **Der Erdbau.** Die verschiedenen Bodenarten und ihre Gewinnung. Bodenuntersuchungen. Böschungsverhältnisse. Massenberechnung. Massenverteilung. Einebnen größerer Flächen. Bodensförderung. Berechnung des Grunderwerbs und der Böschungsflächen. **Ausführung der Auf- und Abträge.** Arbeitsbetriebe bei der Herstellung von Einschnitten. Schutz der Einschnitte. Brauchbarkeit der Bodenmassen zu Dammschüttungen. Dammschüttungsmethoden. Schutz der Dämme. **Grundzüge der Linienführung von Landstraßen.** Straßenfuhr-

werke. Bewegungswiderstände und Zugkraft. Arbeitsleistung der Zugtiere. Wirtschaftliche Linienführung. Technische Linienführung. Talstraßen, Hochstraßen, Steigen. Absteckungen von Vereinigungsbogen gerader Straßenzüge. Ertragsberechnung. **Der Oberbau der Landstraßen.** Steinschlagbahnen. Wahl des Gesteinsmaterials, Herstellung des Schotters, Bindemittel. Walzen der Straßen. Kies- und Hochofenschlackenbahnen. Klinkerpflasterungen. Klein- und Mittelpflasterungen. Knüppeldämme. Fußwege, Sommer-

wege, Materialienbankette, Radfahrwege. Neubaukosten der Landstraßen. Unterhaltung der Steinschlagbahnen. Unterhaltung der Klinkerstraßen. **Grundzüge des Städtebaues.** Straßennetze. Platzanlagen. Stadterweiterungen im Innern. Ausführung des Stadtbauplanes. **Oberbau der städtischen Straßen.** Anforderungen an eine städtische Straße.

Steinschlagbahnen, Klein- und Klinkerpflasterungen. Pflasterungen aus natürlichen Steinen, aus künstlichen Steinen. Eisenpflasterungen. Holzpflasterungen. Asphaltbahnen. Zementmakadam- und Mosaikpflaster in Zement. Straßenrinnen und Fußwege. Reit- und Radfahrwege. Baumpflanzungen. Straßenbahnanlagen. Reinigung städtischer Straßen.

Familienhäuser für Stadt und Land

als Fortsetzung von „Villen und kleine Familienhäuser“ von Georg Aster. Mit 110 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 6 Textfiguren. In Originalleinenband 5 Mark.

Heizung, Beleuchtung und Ventilation

von Theodor Schwartze. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 Abbildungen. In Originalleinenband 4 Mark.

Inhalt: Heizung und Ventilation. Wärmeerscheinungen. Temperatur. Wärmemessung. Wärmewirkungen. Brennstoffe und ihre Ausnutzung. Verbrennungsprozess. Feuerungsanlagen. Feuerraum. Schornstein. **Grundprinzipien der Heizung und Lüftung.** Heizung. Lüftung. **Lokalheizung.** Lokalheizung im allgemeinen und die dazu benutzten Apparate. Kamine. Zimmeröfen. Lei-

stungsfähigkeit der Öfen. Lokalheizung mit Luft oder Wasser. Heizvorrichtungen für Koch- und Küchenzwecke. **Zentralheizungen.** Zentralheizung im allgemeinen. Luftheizung. Zentralwasserheizungen. Zentraldampfheizung. Rauchverbrennungsapparate. Besondere Hilfsmittel und Einrichtungen für Lüftungszwecke und Luftreinigung. **Beleuchtung.** Lampen für flüssige Brennstoffe. Gasbeleuchtung. Das elektrische Licht.

Statik.

Mit gesonderter Berücksichtigung der zeichnerischen und rechnerischen Methoden von Walter Lange. Mit 284 Abbildungen. In Originalleinenband 4 Mark.

Inhalt: Messen, Zusammensehen und Zerlegen von Kräften. Begriff des Kräfte-, Dreh- oder Gegenpaars, des statischen Momentes. Begriff und Bestimmung des Schwerpunktes. Begriff der Stabilität oder Standfestigkeit. Reibung. Tabelle der Reibungskoeffizienten für gleitende Reibung, für Zapfenreibung.

Festigkeitslehre. Tabelle über zulässige Spannung für Maschinenkonstruktionen nach Bach, über Bruchbelastungen von Steinen und Bindemitteln, über zulässige Belastungen in Kilogramm auf 1 Quadratcentimeter bei Hochbauten, über zulässige Festigkeitskoeffizienten von Seilen und Ketten. Zug- und

Druckfestigkeit. Schub- oder Scherfestigkeit. Biegungsfestigkeit. Tabelle der Gewichte: Bausteine, Mauerwerk, Bauhölzer (in Festmetern), Brennholz, spezifisches Gewicht der Baumetalle, Bauerden, landwirtschaftliche Produkte, Mühlenprodukte, Brennstoffe, Wände, Deckenkonstruktionen auf 1 Quadratmeter Fläche in Kilogramm, Dachkonstruktionen, Tabelle der spezifischen Gewichte. Rechnerische Behandlung der haupt-

sächlich vorkommenden Belastungsfälle. Knickfestigkeit. Festigkeit gegen Verdrehen (Torsionsfestigkeit). Fachwerk. Untersuchung der Fachwerke. Berechnung eines Blechträgers. Zusammengesetzte Festigkeit. Biegung und Zug. Biegung und Druck. Biegung und Verdrehung. Träger mit gleichem Widerstand gegen Biegen. Erddruck. Wasserdruck. Statische Untersuchung der Stütz-, Futter- und Bassinmauern. Gewölbe,

Villen und kleine Familienhäuser.

Von Georg Aster. Zehnte Auflage. Mit 112 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 23 in den Text gedruckten Abbildungen, mit Anhang: Schwedische und deutsche Holzhäuser. In Originalleinenband 5 Mark.

Die Wasserversorgung der Gebäude

von Walter Lange. Mit 282 Abbildungen und 2 Tafeln. In Originalleinenband 3 Mark 50 Pf.

Inhalt: Versorgung der Gebäude mit Wasser. Allgemeines über Wasserbedarf. Bedarf an Wasser. Beschaffenheit des Wassers. Verwendung des Regenwassers. Wassergewinnung. Zisternen. Quellen. Brunnen. Artesisches Wasser und artesischer Brunnen. Enteisung des Wassers, namentlich des Grundwassers. Pumpen und andere Wasserhebungsvorrichtungen. Rohre. Versorgung der Gebäude mit Wasser, auch bei Entnahme des Wassers aus einer Wasserleitung. Wassermesser. Zuleitungs-, Verteilungs- und Abflussrohre. Teilung der Leitung. Reservoir oder Sammel- und Verteilungsbehälter. Wasserverschlüsse und Lüftung der Abfallrohre. Hähne und Ventile. Entwässerungsrohrleitung. **Anlagen zur Ausnutzung des Wassers.** Wasserspülaborte (Wasserklosetts). Pissoiranlagen. Badeeinrichtungen. Badegarnituren. Spül- und Wascheinrichtungen. Ableitung des Brauchwassers mittels einer Kanalanlage. Allgemeines über die Entfernung des Brauchwassers,

des Regenwassers und des Gewerbewassers, also der sogen. Abwässer. Kanäle aus Röhren. Gemauerte Kanäle. Teile einer Hauskanalisation. Sicherheitsmassregeln. Sicherung gegen Eindringen von Kanalgasen in die Wohnräume. Sicherung gegen Verschlämmen und Verstopfen der Grundleitung und der Kanäle. Sicherung gegen Zurückströmen der Abwässer aus dem Kanal nach den Gebäudeleitungen. Untersuchung der Dichtigkeit der Anschlüsse eines ganzen Entwässerungssystems. Schlussbetrachtungen. Allgemeine Betrachtungen über Gesamtanordnung einer Entwässerungsanlage. Tabelle über Gefälle und Rohrweiten. Entwässerungsanlagen amerikanischer Wohnhäuser. Rohrleitungen. Verbindungen der Rohre zu Leitungen. Teile einer Hausentwässerungsanlage. Waschgefässe zur Behandlung der Wäsche. Küchenausgüsse. Spültische. Badeeinrichtungen. Wascheinrichtungen. Wasserklosetts (Spülaborte). Pissoirs. Grundrissanordnungen von amerikanischen Badestuben.

Leitfaden des Brückenbaues.



Leitfaden

des

Brückenbaues

Für den Unterricht an technischen Lehranstalten und zum
praktischen Gebrauche für Bauingenieure, Bahnmeister,
Tiefbautechniker usw. sowie zum Selbststudium

bearbeitet von

Professor Richard Krüger

Oberlehrer am Technikum der freien Hansestadt Bremen

Mit 612 in den Text gedruckten Abbildungen
und 20 Tafeln Zeichnungen

J. No. 26 742



Leipzig

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber

1905



I-301620

Alle Rechte vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~I 452~~

Akc. Nr.

~~122/2017~~
~~989~~
200 / 50

Vorwort.

Bisher fehlte es in der technischen Literatur an einem als Lehrbuch für Tiefbauschulen geeigneten Werke über Brückenbau. Daher entschloß ich mich zur Herausgabe dieses Leitfadens, der im wesentlichen meine seit mehreren Jahren am Technikum der freien Hansestadt Bremen über Brückenbau gehaltenen Vorträge wiedergibt.

Mit Rücksicht auf das Lehrziel der technischen Mittelschulen wurden in diesem Werke außer den Durchläffen, den hölzernen und steinernen Brücken nur die eisernen Balkenbrücken mit vollwandigen Trägern behandelt, während die eisernen Fachwerk- und Gitterbrücken sowie die Bogen- und Hängebrücken unerwähnt blieben, weil ihre Konstruktionen auf den Tiefbauschulen nicht gelehrt werden; auch wurden die beweglichen Brücken nur kurz besprochen.

Die rein theoretischen Erörterungen beschränkte ich auf ein möglichst geringes Maß, und von der Durchführung der statischen Berechnungen der Brücken nahm ich Abstand, begnügte mich vielmehr damit, die Art und Weise der Berechnung anzudeuten und bewährte praktische Formeln oder auch aus statischen Berechnungen herrührende zur Ermittlung der Stärke einzelner Brückenkonstruktionsteile zu geben.

Sehr eingehend dagegen habe ich die verschiedenen Konstruktionen und die Ausführung der Brücken behandelt. Ich war bemüht, den Text kurz zu fassen und leichtfaßlich zu gestalten sowie den Wert meines Buches durch eine große Zahl sorgfältig ausgewählter Abbildungen zu erhöhen. Ich hoffe daher, daß mein Werk nicht nur zum Unterricht an technischen Mittelschulen geeignet, sondern auch allen Bauingenieuren, Bahnmeistern und Technikern, die Durchlässe, hölzerne,

steinerne und kleine eiserne Brücken zu entwerfen oder deren Ausführung zu überwachen haben, ferner den sich auf die Diplomprüfung vorbereitenden Studierenden der technischen Hochschulen sowie allen denjenigen Tiefbautechnikern von Nutzen sein wird, die eine Fachschule nicht besuchen können, sondern sich die nötigen technischen Kenntnisse durch Selbststudium erwerben müssen.

Sämtliche Abbildungen im Text und auf den Tafeln sind von mehreren meiner Schüler gezeichnet worden, denen ich für ihre treue Mitarbeit an dieser Stelle nochmals meinen herzlichsten Dank ausspreche. Als Vorlagen dienten nicht nur Abbildungen aus den von mir im Literaturverzeichnis und im Text angeführten Werken über Brückenbau bzw. aus mehreren technischen Zeitschriften des In- und Auslandes, sondern auch zahlreiche Brückenentwürfe, die mir von mehreren Baubehörden zur Veröffentlichung freundlichst überlassen oder von mir selbst in früheren Jahren ausgearbeitet und ausgeführt worden sind. Die Abbildungen wurden der größeren Genauigkeit wegen durchweg in einem großen Maßstabe gezeichnet und mit Rücksicht auf das kleine Format der Weber'schen Katechismen auf photographischem Wege verkleinert; ich hoffe, daß dadurch die Deutlichkeit der vielfach mit eingeschriebenen Maßen oder mit Angabe des Maßstabes versehenen Abbildungen nicht gelitten hat.

Ich übergebe meine Arbeit der Öffentlichkeit mit der Bitte an die Herren Fachgenossen, mich auf etwaige Irrtümer im Text und in den Abbildungen gütigst aufmerksam machen zu wollen; für Verbesserungsvorschläge werde ich ihnen stets dankbar sein.

Möge mein „Leitfaden des Brückenbaues“ seinen Zweck erfüllen und sich dieselbe Anerkennung erwerben, die mein im vorigen Jahre im gleichen Verlage erschienener „Leitfaden des Erd- und Straßenbaues“ zu meiner Freude gefunden hat!

Richard Krüger.

Benußte Literatur.

- Abtburg, Der Straßenbau mit Einschluß der Konstruktion der Straßenbrücken. Braunschweig 1870.
- Becker, Der Brückenbau in seinem ganzen Umfange. Stuttgart 1858.
- L. Brennecke, Der Grundbau. Berlin 1887.
- Deutsches Bauhandbuch, Bb. III.
- W. Dietz, Bewegliche Brücken. Leipzig 1897.
- M. Förster, Neue Brückenbauten in Österreich und Ungarn. Leipzig 1899.
- Handbuch der Baukunde. III. Abt.: Baukunde des Ingenieurs. 4. Heft: Houselle, Brückenbau. Berlin 1892.
- Handbuch der Ingenieurwissenschaften. II. Band: Der Brückenbau. I. bis IV. Abt. Leipzig 1888 u. flgd.
- E. Häfeler, Der Brückenbau. I. Teil: Die eisernen Brücken. Braunschweig 1900 u. flgd.
- E. Heintz, Beiträge zum Bau der Brücken, Durchlässe und Futtermauern bei Eisenbahnen. Berlin 1874.
- F. Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart. Heft I bis III. Berlin 1900.
- „Hütte“, Des Ingenieurs Taschenbuch.
- v. Leibbrand, Gewölbte Brücken. Leipzig 1897.
- K. Ludwig, Das Entwerfen einfacher Bauobjekte im Gebiete des Ingenieurwesens. I. Band: Wegbrücken in Stein, Eisen und Holz. Weimar 1884.
- D. Lueger, Lexikon der gesamten Technik und ihrer Hilfswissenschaften. Stuttgart und Leipzig.
- Mothes, Illustriertes Baulexikon. Leipzig und Berlin. 1881 bis 1884.
- Pressel, Normalien für hölzerne Brücken der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft. Wien 1867.

- A. Klingeb=Kieß, Lehrbuch des Steinschnittes usw. 2. Aufl.
3. Lieferung. Stuttgart 1883.
- B. Köll, Enzyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens. Wien 1890
u. folg.
- F. Eschertou, Der Brückenbau. Wiesbaden 1903.
- Winkler, Die hölzernen Brücken. Wien 1877.

Zeitschriften.

Deutsche Bauzeitung.

Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins zu Hannover.

Zeitschrift für Bauwesen.

Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure.

Zentralblatt der Bauverwaltung.

Annales des ponts et chaussées.

Engineering.

Inhaltsverzeichnis.

Vorrede	Seite V
Literaturverzeichnis	VII

Erster Teil.

Allgemeines über Brückenbau.

§ 1. Wahl der Baustelle und Lage der Brückenachse	3
§ 2. Bestimmung des Durchflußprofils	7
§ 3. Berechnung der Stauhöhe.	15
§ 4. Lichtweite und Lichthöhe	17
§ 5. Zahl und Weite der einzelnen Brückenöffnungen	21
§ 6. Breite der Brückenbahn	26
§ 7. Längen- und Quergefälle der Brückenbahn	31
§ 8. Wahl des Baustoffes und Kosten der Brücken	34

Zweiter Teil.

Durchlässe.

§ 9. Allgemeines	43
1. Zweck und Einteilung der Durchlässe	43
2. Wahl der Baustelle	43
3. Achse und Sohlenlage	44
4. Kosten eines gewölbten Durchlasses bei verschiedener Lichthöhe	45
§ 10. Röhrendurchlässe	46
§ 11. Plattendurchlässe	65
§ 12. Offene Durchlässe und Balkendurchlässe	76
§ 13. Gewölbte Durchlässe	79

Dritter Teil.

Gründungen.

	Seite
§ 14. Zulässige Belastung des Baugrundes	106
§ 15. Umschließung der Baugrube	109
§ 16. Trockengründung	114
§ 17. Betongründung	116
§ 18. Schwellrostgründung und Sandschüttung	119
§ 19. Pfahlrostgründung	121
§ 20. Brunnengründung	127
1. Gemauerte Senkbrunnen	128
2. Eiserne Senkbrunnen	135
3. Hölzerne Senkbrunnen	136
§ 21. Preßluft- und Gefriergründung	137

Vierter Teil.

Steinbrücken.

§ 22. Mittel- und Zwischenpfeiler	141
§ 23. Endpfeiler oder Widerlager	151
§ 24. Gewölbeform und Gewölbefestärkte	164
§ 25. Höhenlage der Kämpfer. Konstruktion der „Kuhhörner“	170
§ 26. Ausführung der Gewölbe	173
1. Mörtel. Vorbemerkungen	173
2. Backsteingewölbe	174
3. Quadergewölbe	175
4. Bruchsteingewölbe	177
5. Betongewölbe	179
a) Ohne Eiseneinlage und ohne Gelenke	179
b) Betongelenkbrücken	180
c) Betongewölbe mit Eiseneinlage (Moniergewölbe)	184
6. Gewölbe aus gemischtem Mauerwerk	187
7. Mittel zur Vermeidung schädlicher Formänderungen der Gewölbe	187
8. Gewölbe aus einzelnen getrennten Bogen	193
9. Ausfugen	195
10. Konstruktion der Kämpfer	195
§ 27. Schiefe Gewölbe	197

	Seite
§ 28. Lehrgerüste und Ausrüstungsvorrichtungen	207
§ 29. Übermauerung, Hintermauerung und Abdeckung der Gewölbe	222
§ 30. Entwässerungsanlagen	228
§ 31. Überschüttung, Stirnmauern, Brüstungen (Geländer) und Brückenbahnen auf gewölbten Straßen- und Eisenbahnbrücken	236
1. Überschüttung	236
2. Stirnmauern	237
3. Steinbrüstungen und Geländer	239
4. Brückenbahn	242
§ 32. Wegeüber- und -unterführungen	248
§ 33. Talbrücken (Viadukte)	251
§ 34. Wasserleitungs- und Kanalbrücken	257
§ 35. Verschiedenes (Minenkammern; Hochbauten in Verbindung mit Brücken; Brückenportale usw.)	265

Fünfter Teil.

Hölzerne Brücken.

§ 36. Geeignete Holzarten und ihre Eigenschaften	268
§ 37. Knüppelbrücken und Leiterbrücken	274
§ 38. Mittelpfeiler und Endwiderlager der Holzbrücken	277
1. Durchgehende Joche	277
2. Aufgesetzte Joche	285
3. Geschoßjoche	287
4. Fachwerkpfeiler	288
5. Massive Zwischenpfeiler	290
6. Massive Endwiderlager	292
§ 39. Brückenbahn	295
a) Straßenbrücken	295
b) Eisenbahnbrücken	300
§ 40. Fußwege und Geländer	303
§ 41. Einfache Balkenbrücken	308
§ 42. Balkenbrücken mit verstärkten Trägern	312
§ 43. Balkenbrücken mit zusammengesetzten Trägern	316
§ 44. Hängewerksbrücken	325
§ 45. Sprengwerksbrücken	332

	Seite
§ 46. Hängesprengwerksbrücken	339
§ 47. Fachwerkbrücken	341

Sechster Teil.

Eiserne Balkenbrücken mit vollwandigen Trägern.

§ 48. Vorbemerkungen	350
§ 49. Hauptträger	351
§ 50. Fahrbahngerippe	362
§ 51. Queraussteifung und Windverband	370
§ 52. Fahrbahntafel und Fahrbahndecke der Straßen- und Eisenbahnbrücken	372
I. Fahrbahntafel und Fahrbahndecke der Straßenbrücken	372
II. Fußwegtafel und Fußwegdecke	389
III. Fahrbahntafel und Fahrbahndecke der Eisenbahnbrücken	391
§ 53. Anschluß der Fahrbahn an die massiven Widerlager und Überführung der Fahrbahn über die Zwischenpfeiler	401
§ 54. Eiserne Geländer	406
§ 55. Lagerkonstruktionen	409

Siebenter Teil.

Bewegliche Brücken.

§ 56. Erklärung und Einteilung	419
§ 57. Roll- oder Schiebebrücken	420
§ 58. Hubbrücken	421
§ 59. Zug- und Klappbrücken	422
§ 60. Dreh- und Kranbrücken	426
§ 61. Schiffbrücken (Pontonbrücken)	430

Verzeichnis der Abbildungen auf den Tafeln.

Tafel I. Dächeranlagen.

Abb. 1 bis 4. Röhrenförmiger Dächer.

Abb. 5 bis 7. Unterdächerung des Wallgrabens bei Datteln (Dortmund-Ems-Kanal).

Abb. 8 bis 13. Dächeranlage bei Niesenbeck am Dortmund-Ems-Kanal.

Tafel II. Plattendurchlässe.

Abb. 1 bis 5. Plattendurchlaß mit ausgefragten Wangenmauern.

Abb. 6 bis 10. Kaskadendurchlaß.

Abb. 11 und 12. Kaskadendurchlaß.

Tafel III. 1. Konstruktionen von Stirnen unter hohen Erd- und Steindämmen.

Abb. 1 bis 4.

2. Konstruktion von Winkelflügel.

Abb. 5 bis 11. Flügel mit trapezförmigem Querschnitt.

Abb. 12 bis 17. Flügel mit abgetreppt unterschrittenem Querschnitt.

Tafel IV. Konstruktion von Winkelflügel.

Abb. 1 bis 7. Flügel mit unterschrittenem Querschnitt.

Abb. 8 bis 10. Flügel aus Ziegelmauerwerk.

Abb. 11 bis 13. Gefrümmter Winkelflügel.

Tafel V. Konstruktion von Winkelflügel.

Abb. 1 bis 7. Schräger Flügel mit geböschter Vorderfläche.

Abb. 8 bis 13. Schräger Flügel mit lotrechter Vorderfläche.

Tafel VI. Betonbrücken.

Abb. 1 bis 6. Donaubrücke bei Munderfingen.

Abb. 7 bis 10. Dichtumbrücke am Warturm in Bremen.

Tafel VII.

Abb. 1 bis 3. Bellealliancebrücke zu Berlin.

Abb. 4 bis 10. Eisenbahnbrücke über die Abda bei Morbegno in Italien.

Tafel VIII.

Abb. 1 bis 6. Straßenbrücke über das Thal der Pétrusse in Luxemburg.

Abb. 7 bis 9. Landwasserviadukt der Albulabahn.

Tafel IX. Konstruktion schiefer Gewölbe.

Abb. 1 bis 9. Gewölbe mit von den Stirnen aus nach dem Gewölbeinnern allmählich ansteigenden Kämpferlinien.

Tafel X. Konstruktion schiefer Gewölbe.

Abb. 1 bis 5. Englischer Fugenschnitt für ein schiefes Gewölbe mit kreisförmigem Normalschnitt.

Abb. 6 bis 8. Gewölbe, dessen an den Stirnen liegenden Teile schief und dessen mittlerer Teil gerade ausgeführt ist.

Tafel XI. Lehrgerüste (17 Abbildungen).

Tafel XII. Wegeunterführungen und Wegeüberführungen.

Abb. 1 bis 4. Wegeüberführung mit drei Öffnungen.

Abb. 6 bis 9. Wegeunterführung an der Orleansbahn.

Abb. 10 bis 13. Bach- und Wegeunterführung an der Bahn Hannover-Altenbeken.

Abb. 14 und 15. Bach- und Wegeunterführung.

Abb. 16 bis 19. Wege- und Bachunterführung der Emsdorfer Kohlenhalde (Bahn Saarbrücken-Trier).

Tafel XIII.

Abb. 1 bis 11. Kanalbrücke über die Ems (Dortmund-Ems-Kanal).

Tafel XIV. Holzbrücken.

Abb. 1 bis 9. Fußgängerbrücke über die kleine Weser in Bremen.

Abb. 10 bis 12. Steife doppelte Hängewerksbrücke (System Heingerling).

Abb. 13 bis 15. Steife doppelte Hänge- = Sprengwerksbrücke (desgleichen).

Abb. 16 bis 18. Steife doppelte Sprengwerksbrücke (desgleichen).

Tafel XV. Holzbrücken.

Abb. 1 bis 16. Notbrücke während des Umbaues der Eisenbahnbrücke über die Weser.

Tafel XVI. Lager und Geländer.

Abb. 1 bis 3 und 8. Festes Flächenlager.

Abb. 4 bis 7. Gleitsflächenlager.

- Abb. 9 bis 12. Zapfenkipplager.
 Abb. 13 und 13a. Walzenlager aus einer Walze.
 Abb. 14 und 15. Walzenlager aus mehreren Walzen.
 Abb. 16 und 17. Kippwalzenlager.
 Abb. 18 bis 25. Pendel- oder Stelzenlager.
 Abb. 26 und 27. Tangentialkipplager.
 Abb. 28 bis 34. Verschiedene Geländerkonstruktionen.

Tafel XVII. Eiserner Fußgänger- und Straßenbrücken.

- Abb. 1 bis 3. Fußgängerbrücke mit Laufdielen.
 Abb. 4 und 5. Fußgängerbrücke mit Plattenbelag auf Beton.
 Abb. 6 und 7. Fußgängerbrücke für Bahnhof Hannover.
 Abb. 8 und 9. Hubbrücke des Dortmund-Ems-Kanals.
 Abb. 10 und 11. Überführung der Düffeltaler Straße über
 Bahnhof Wehrhahn.
 Abb. 12 und 13. Unterführung der Wormser Straße in Mainz.
 Abb. 14 und 15. Straßenbrücke mit Bohlenbelag am Dort-
 mund-Ems-Kanal.
 Abb. 16 bis 18. Straßenbrücke mit Zorseisenbelag.
 Abb. 19. Überführung am Bahnhof Rosslau.
 Abb. 20. Überführung der Landstraße von Dessau nach Zerbst.

Tafel XVIII. Eiserner Eisenbahnbrücken.

- Abb. 1 bis 4. Eisenbahnbrücke über den Zugschloot an der
 Bahnlinie Irhove-Neuschanz.
 Abb. 5 bis 10. Eisenbahnbrücke über den neuen Kanal bei
 Bremen an der Bahnlinie Bremen-Oldenburg.

Tafel XIX. Normalentwürfe zu stahleisernen Brücken-
überbauten der preuß. Staatseisenbahnen.

- Abb. 1 bis 3. Überbau mit unbeschränkter Bauhöhe für eine
 Brücke von 2,0 m Lichtweite.
 Abb. 4 bis 8. Überbau mit beschränkter Bauhöhe für eine
 Brücke von 6,0 m Lichtweite.

Tafel XX. Bewegliche Brücken.

- Abb. 1. Schema einer Roll- oder Schiebebrücke.
 Abb. 2. Schräg verschiebbare Rollbrücke.
 Abb. 3. Schema einer Hubbrücke.
 Abb. 4 bis 8. Hubbrücke des Dortmund-Ems-Kanals.
 Abb. 9 und 10. Zugbrücke mit Ziehbäumen (Portalbrücke).
 Abb. 11. Klappbrücke.
 Abb. 12 bis 15. Knippelsbro-Klappbrücke zu Kopenhagen.

- Abb. 16. Ungleicharmige Drehbrücke mit armierten Trägern.
Abb. 17 und 18. Schema einer gleicharmigen Drehbrücke
(System Schwedler).
Abb. 19. Schema einer zweiflügeligen Drehbrücke.
Abb. 20. Schema der Proell-Scharowskyschen Hebelkonstruktion
für Drehbrücken.
Abb. 21 und 22. Kranbrücke bei Zwolle.
Abb. 23. Längsverbinding der Joche der Schiffbrücke über den
Stößensee bei Spandau.
Abb. 24 bis 31. Straßen- und Eisenbahn-Schiffbrücke bei
Maxau.
-

Leitfaden des Brückenbaues.

Erster Teil.

Allgemeines über Brückenbau.

§ 1. Wahl der Baustelle und Lage der Brückenachse.

Für Brücken über Flüsse und Ströme ist die Baustelle tunlichst an einer geraden Strecke und da zu wählen, wo der Baugrund der Gründung der Land- und Zwischenpfeiler (Land- und Mitteljoche) die geringsten Schwierigkeiten bereitet, wo genügend hohe (hochwasserfreie) und feste, für den Landpfeileranschluß besonders geeignete Ufer oder Talwände vorhanden sind, wo das Hochwasser ein regelmäßig gefaßtes Bett besitzt, also die Brücke nur Stromöffnungen zu erhalten braucht, und wo die Geschwindigkeit der Strömung eine mittlere ist, so daß Auskolkungen nicht zu befürchten sind.

Erbaut man die Brücke an einer unregelmäßigen Flußstrecke, die einen Stromschlauch nur für Mittelwasser besitzt, dann sind außer den das Mittelwasser abführenden Stromöffnungen noch besondere Flutöffnungen zur teilweisen Abführung des Hochwassers erforderlich.

Besonders zu vermeiden sind Stellen, wo Eisstopfungen zu erwarten sind, und nicht günstig ist die Lage der Brücke an einer stark gekrümmten Flußstrecke, weil die Schiffe hier leicht aus dem Fahrwasser gelangen können, und weil eine Hinterpülung des am konkaven Ufer gelegenen Pfeilers zu befürchten ist, wenn die angrenzenden Uferstrecken nicht genügend befestigt sind. Dieser Pfeiler darf daher nicht in den Fluß vortreten. Auch eine zwischen zwei nahegelegenen starken Flußkrümmungen erbaute Brücke kann der Schifffahrt hinderlich, ja selbst gefährlich werden. Nicht zu empfehlen für den

Brückenbau ist endlich auch eine nahe oberhalb des Zusammenflusses zweier Wasserläufe gelegene Stelle, weil hier durch plötzlich eintretendes Hochwasser des einen Flusses, während der andere noch Niedrigwasser führt, sehr starke Strömungen eintreten und die Brücke gefährden können.

Talbrücken (Viadukte) erbaut man gern da, wo die Tallehnen die geringste Entfernung voneinander besitzen, um die kleinste Bauwerkslänge zu erhalten.

Mitunter ist die Wahl der Brückenbaustelle auch von den Anforderungen der Landesverteidigung abhängig. Häufig wird z. B. von der Militärbehörde gefordert, daß sich wichtige Übergänge an solchen Stellen befinden sollen, wo sie durch Artillerie leicht verteidigt werden können.

Endlich können auch Schönheitsrückichten die Wahl beeinflussen. So wird man z. B. eine Brücke, die auf ein Monumentalgebäude führt, zweckmäßig so anlegen, daß die Verlängerung ihrer Längsachse die Gebäudemitte trifft.

Der Schnittwinkel der Brückenlängsachse mit dem Flußlauf oder der Talsohle oder dem zu überbrückenden Weg soll möglichst ein rechter sein, weil dann Brückenlänge und Überbau=Stützweite ihren Kleinstwert erreichen, Pfeiler und Flügel, bei massiven Brücken auch die Gewölbe, ihre einfachste Form erhalten und sich demnach das ganze Bauwerk am leichtesten und billigsten herstellen läßt.

Um eine solche normale Überbrückung und eine den obigen Anforderungen möglichst entsprechende Baustelle zu gewinnen, hat man nicht selten eine Verlegung des Wasserlaufes bzw. des Weges vorzunehmen. Bei kleinen Wasserläufen (Bächen) und bei zu überführenden oder zu unterführenden Straßen von geringer Bedeutung ist eine Verlegung meistens leicht und ohne große Kosten ausführbar; bei Flüssen und Strömen dagegen sowie bei breiten Kunststraßen wird man der oft sehr umfangreichen und kostspieligen, mitunter auch recht schwierigen Arbeiten wegen häufig von einer Korrektur Abstand nehmen müssen. Aber auch bei kleinen Wasserläufen im ebenen Gelände wird eine Verlegung nicht zu empfehlen sein, wenn durch

sie die Abflußverhältnisse schlecht entwässernder Ländereien ungünstig beeinflusst werden sollten. Eine Flußkorrektion gewährt oft den Vorteil, das Brückenbauwerk im Trocknen, oder wenigstens gegen fließendes Wasser geschützt, aufzuführen zu können (Abb. 1).

Wo die örtlichen Verhältnisse eine Verlegung des zu überbrückenden Wasserlaufes oder Weges nicht gestatten oder zu

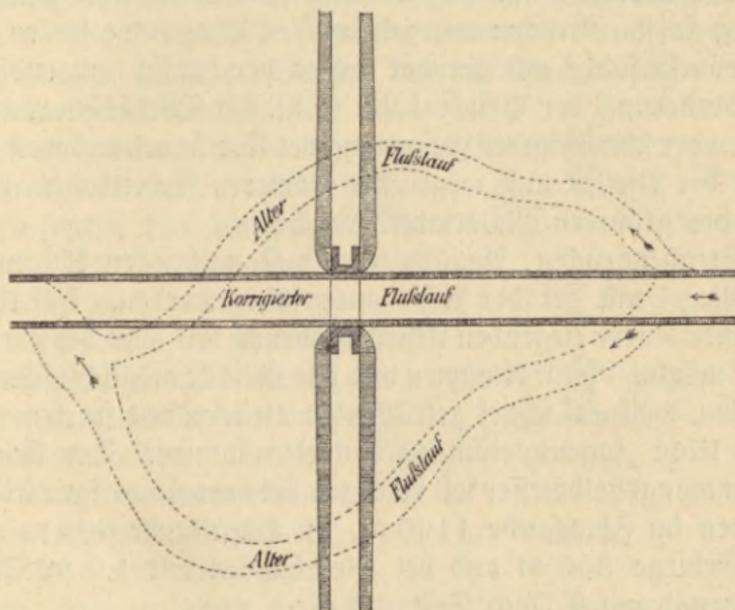


Abb. 1.

kostspielig machen, sind schiefe Brücken zu erbauen. Bei ihnen soll man einen dem rechten Winkel möglichst nahekommenen Kreuzungswinkel der Längs- und Querachse anstreben, um die Ausführung des Bauwerkes zu erleichtern und die Baukosten zu ermäßigen. Als spitzesten Kreuzungswinkel kann man bei gewölbten Brücken etwa 30° , bei hölzernen etwa 25° und bei eisernen etwa 20° annehmen.

Zu starke Krümmungen des zu überführenden Verkehrsweges vor den Brückeneingängen sind zu vermeiden. Man wähle den Halbmesser der Wegmitte je

nach der Wegbreite nicht kleiner als etwa 6 bis 12 m bei Feld- und Seitenwegen ohne Langholzfuhrwerksverkehr, 25 bis 30 m bei Wegen mit solchen Fuhrren und 20 bis 25 m bei kunstgemäß ausgebauten Landstraßen (Hauptverbindungsweegen) und Sorge bei schmalen Straßen für eine angemessene Verbreiterung der stark gekrümmten Strecken. Bei Schiffahrtskanälen kann man den kleinsten Krümmungshalbmesser zu etwa 120 m bemessen.

Die Längsachse der Brücke soll möglichst geradlinig sein. Brücken mit gekrümmter Längsachse stellen sich teurer als solche mit gerader wegen der häufig notwendigen Verbreiterung der Brückenbahn (z. B. bei Eisenbahnbrücken), wegen der schwierigeren Gestaltung des Überbaues und meistens auch der Pfeiler und wegen des stärkeren Arbeitsaufwandes und des größeren Materialverbrauches.

Straßenbrücken, Aquädukte und Kanalbrücken können in der Regel mit gerader Achse ausgeführt werden. Bei einer in einer Kurve liegenden Eisenbahnbrücke soll man die Längsachse möglichst sanft krümmen und das Gefälle möglichst schwach wählen, weil auf scharf gekrümmten Brücken mit starkem Gefälle leicht Zugentgleisungen eintreten können. Der kleinste Krümmungshalbmesser soll betragen bei normalspurigen Eisenbahnen im Flachlande 1100 m, im Hügellande 600 m und im Gebirge 300 m und bei Kleinbahnen mit 1,0 m Spur 80 m und mit 0,75 m Spur 60 m.

Bei gewölbten Talbrücken (Viadukten) mit gekrümmter Längsachse erhalten die Pfeiler, deren Achsen nach dem Kurvenmittelpunkte gerichtet sind, am besten einen trapezförmigen Grundriß, damit die zwischengespannten Gewölbe regelmäßig zylindrisch werden (Abb. 2). Wählt man einen rechteckigen Grundriß der Pfeiler, dann erhält man kegelförmige Gewölbe, die sich in der Herstellung teurer stellen (Abb. 3).

Bei Flußbrücken behindert die radiale Stellung der Pfeiler den Durchfluß des Wassers und erzeugt Wirbelbildungen und Auskolkungen; Land- und Zwischenpfeiler solcher Brücken sind daher parallel zur Stromrichtung anzuordnen.

§ 2. Bestimmung des Durchflußprofiles.

Das Durchflußprofil eines Durchlasses oder einer Brücke ist so groß zu wählen, daß die zuströmende größte Wassermenge ungehindert abgeführt werden kann. Bei zu klein angenommener Durchflußöffnung entsteht vor dem Brückenbauwerke ein für die Entwässerung der oberhalb gelegenen Ländereien und für Mühlenbetriebe nachteiliger und oft gefährliche Eisstopfungen erzeugender Aufstau des Wassers, der bei niedriger Uferhöhe Überschwemmungen, auch wohl Ablagerungen größerer Massen von Sinkstoffen auf den angrenzenden Bodenflächen herbeiführen kann. Innerhalb des Brückenprofiles wird durch den Aufstau eine Vergrößerung der

Wassergeschwindigkeit hervorgerufen, die, wenn sie ein gewisses Maß überschreitet, Auskolkungen im Bauwerke selbst, namentlich aber an seinem Auslaufe, erzeugen und dadurch das Bauwerk gefährden

kann. Bei zu groß gewählter Durchflußöffnung verringert sich die Durchflußgeschwindigkeit des Wassers, und es bilden sich zunächst und besonders bei Wasserläufen mit starkem Gefälle Ablagerungen von Sinkstoffen unter der Brücke und in weiterer Folge Spaltungen und Verschiebungen des Flußbettes, die eine Zerstörung der Brückenfundamente veranlassen können.

Sind in der Nähe Durchlässe oder Brücken über demselben Wasserlaufe bereits vorhanden, und haben sich deren Durchflußöffnungen bewährt, so kann man die Durchflußprofile der Neubauten nach diesen bestimmen.

Rechnerisch läßt sich die Durchflußprofilgröße wie folgt ermitteln. Ist Q die in jeder Sekunde durchfließende größte Wassermenge in Kubikmetern und v die mittlere sekundliche

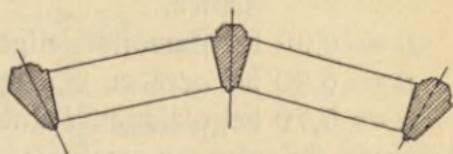


Abb. 2.

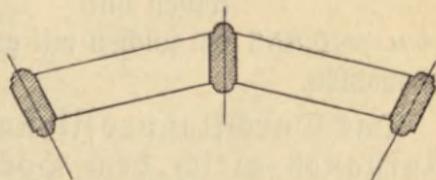


Abb. 3.

Wassergeschwindigkeit in Metern, so ergibt sich der erforderliche lichte Querschnitt F , wenn vor der Brücke kein Wasseranstau erzeugt werden darf, zu

$$F = \frac{Q}{v} qm \dots\dots\dots 1)$$

Bei Brücken mit Zwischenpfeilern ist die rechte Seite dieser Gleichung noch durch μ (einen Ausflußkoeffizienten) zu teilen. Nach Navier soll man im Mittel setzen

$\mu = 0,95$ bei halbkreisförmigen und spitzwinkligen Vorköpfen,

$\mu = 0,90$ bei stumpfwinkligen Vorköpfen,

$\mu = 0,80$ bei geraden Vorköpfen,

$\mu = 0,70$ bei gleichzeitig eintauchenden Bogenanfängen, während Eytelwein empfiehlt,

$\mu = 0,954$ bei Brückenpfeilern und spitzwinkligen Vorköpfen und

$\mu = 0,855$ bei solchen mit geraden Vorköpfen zu wählen.

Das Durchflußprofil muß bei Vermeidung eines Anstauens gleich dem Hochwasser-Querschnitt der normalen Uferstrecke angenommen werden.

Ist die Hochwassermenge Q nicht bekannt, so kann man sie aus diesem Querschnitt F und der Wassergeschwindigkeit v leicht berechnen. Es ist

$$Q = v \cdot F \text{ cbm} \dots\dots\dots 2)$$

Zur Ermittlung von v benutzt man bei größeren Wasserläufen (Flüssen und Strömen) zweckmäßig die von Ganguillet und Kutter aufgestellte, recht zuverlässige Formel

$$v = \left\{ \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J} \right) \cdot \frac{n}{\sqrt{R}}} \right\} \cdot \sqrt{R \cdot J} \dots 3)$$

In dieser Formel bedeutet

n eine Erfahrungszahl (Rauhigkeitskoeffizient genannt), nämlich für Bäche und Flüsse $n = 0,025$ und für Gewässer mit größeren Geschieben und Wasserpflanzen $n = 0,03$;

J das Gefälle des Wasserpiegels (d. h. die Senkung h des Wasserpiegels auf 1 m Länge geteilt durch diese Länge, $= \frac{h}{l}$);

R den Quotienten aus dem nassen Querschnitt F durch den benetzten Umfang U ($R = \frac{F}{U}$, Profilhalbmesser genannt).

$$\text{Setzt man } 23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J} = a$$

$$\text{und } \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \cdot n = \beta,$$

so erhält man die für den praktischen Gebrauch bequemere Formel

$$v = \frac{a}{1 + \frac{\beta}{\sqrt{R}}} \cdot \sqrt{R \cdot J} \dots \dots \dots 4)$$

Die Werte von a und β sind für einige Gefälle und für die beiden hier vornehmlich zu berücksichtigenden Rauhigkeitskoeffizienten in der Tabelle auf nächster Seite angegeben.

Bei der Berechnung des Durchflußprofils von Durchlässen und kleineren Brücken, also bei kleineren Wasserläufen, kann man auch die Wassergeschwindigkeit aus der Cytelweinschen Formel

$$v = 50,9 \cdot \sqrt{R \cdot J} \dots \dots \dots 5)$$

ermitteln, die jedoch erfahrungsgemäß bei sehr kleinen Gefällen zu kleine und bei sehr großen Gefällen zu große Werte liefert.

Ist die Breite eines Durchlasses mit rechteckigem Durchflußprofil $= b$ und die Wassertiefe $= t$, dann ist

$$R = \frac{F}{U} = \frac{b t}{b + 2t}$$

Tabelle I.

Relatives Gefälle $J = \frac{h}{l}$	n = 0,025 (Bäche und Flüsse)		n = 0,030 (Gewässer mit groben Geschieben und mit Wasserpflanzen)	
	α	β	α	β
	0,000001	1613,0	39,325	1606,3
0,000005	373,0	8,325	366,3	9,990
0,000010	218,0	4,450	211,3	5,340
0,000015	166,3	3,157	159,7	3,790
0,000020	140,5	2,512	133,8	3,015
0,000025	125,0	2,125	118,3	2,550
0,000030	114,7	1,867	108,0	2,240
0,000035	107,3	1,682	100,6	2,019
0,000040	101,7	1,544	95,1	1,852
0,000045	97,4	1,436	90,8	1,723
0,000050	94,0	1,350	87,3	1,620
0,000055	91,2	1,280	84,5	1,535
0,000060	88,8	1,221	82,2	1,465
0,000065	86,8	1,171	80,2	1,405
0,000070	85,1	1,128	78,5	1,354
0,000075	83,7	1,092	77,0	1,310
0,000080	82,4	1,059	75,7	1,271
0,000085	81,2	1,031	74,6	1,237
0,000090	80,2	1,005	73,6	1,206
0,000095	79,3	0,983	72,6	1,180
0,00010	78,5	0,962	71,8	1,155
0,00015	73,3	0,833	66,7	1,000
0,00020	70,7	0,769	64,1	0,922
0,00030	68,2	0,704	61,5	0,845
0,00040	66,9	0,672	60,2	0,806
0,00050	66,1	0,652	59,4	0,783
0,00060	65,6	0,640	58,9	0,767
0,00070	65,2	0,630	58,5	0,756
0,00080	64,9	0,623	58,3	0,748
0,00090	64,7	0,618	58,0	0,741
0,001	64,55	0,614	57,88	0,736
0,002	63,77	0,594	57,10	0,713
0,003	63,52	0,588	56,85	0,705
0,004	63,39	0,585	56,72	0,702
0,005	63,31	0,583	56,64	0,699
0,006	63,26	0,581	56,59	0,698
0,007	63,22	0,580	56,55	0,696
0,008	63,19	0,580	56,52	0,696
0,009	63,17	0,579	56,50	0,695
0,01	63,15	0,579	56,48	0,694
0,02	63,08	0,577	56,41	0,692
0,03	63,05	0,576	56,38	0,691
0,04	63,04	0,576	56,37	0,691
0,05	63,03	0,576	56,36	0,691

Wählt man passend $t = \frac{b}{2}$, so erhält man für $R = \frac{b}{4}$
und für $F = \frac{b^2}{2}$, ferner für

$$Q = v \cdot F = 50,9 \frac{b^2}{2} \sqrt{\frac{bJ}{4}}$$

und hieraus für die Lichtweite

$$b = \sqrt[5]{\frac{Q^2}{162J}} \quad \text{oder} \quad b = 0,36 \sqrt[5]{\frac{Q^2}{J}} \dots 6)$$

Beispiel. Es sei

$$Q = 1 \text{ cbm/sek} \quad \text{und} \quad J = \frac{h}{1} = \frac{1}{1000}$$

dann ist

$$b = 0,36 \cdot \sqrt[5]{1000} \doteq 1,44 \text{ m} \quad \text{und} \quad t = 0,72 \text{ m.}$$

Bei einem kreisförmigen Röhrendurchlaß, der bei
Abführung des Hochwassers vollständig mit Wasser gefüllt
sein soll, ergibt sich

$$F = \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{und} \quad R = \frac{F}{U} = \frac{\pi d^2}{4\pi d} = \frac{d}{4}$$

demnach

$$Q = 50,9 \cdot \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{d \cdot J}{4}}$$

und

$$d = \sqrt[5]{\frac{Q^2}{385J}} \dots \dots \dots 7)$$

Für obiges Beispiel erhält man

$$d = \sqrt[5]{\frac{1}{385 \cdot 0,001}} = 1,21 \text{ m.}$$

Man kann aber auch aus der Größe und Beschaffenheit des Niederschlagsgebietes und aus der Regenmenge die abzuführende größte Wassermenge ermitteln.

Zur Schätzung der Größe des Niederschlagsgebietes benutzt man Schichten- und Katasterpläne oder auch topographische Karten, in die man die Wasserscheiden einzeichnet. Die von diesen eingeschlossene Fläche wird am schnellsten mit Hilfe eines Planimeters berechnet. Fehlen derartige Karten, so kann man das Niederschlagsgebiet auch durch Begehung der Strecke und unmittelbare Messung bestimmen.

Die Größe der Abflußmenge hängt ab von der geographischen Lage, Größe, Form und Bodenbeschaffenheit des Niederschlagsgebietes und von den klimatischen Verhältnissen, d. h. von der auf das Gebiet fallenden Regen- und Schneemenge, sowie von den örtlichen Temperatur- und Windverhältnissen und von der Jahreszeit.

Nach van Beber beträgt die jährliche Niederschlagshöhe im Durchschnitt: im norddeutschen Tieflande 0,613 m, im mitteldeutschen Gebirgslande 0,690 m, in Süddeutschland 0,825 m, im Gebirge bis 2,0 m, in ganz Deutschland im Mittel 0,660 m und in ganz Österreich-Ungarn im Mittel 0,750 m. Hiervon entfallen auf den Winter etwa 18 %, auf den Frühling 22,5 %, auf den Sommer 36 % und auf den Herbst 23,5 %. Man kann annehmen, daß im Gebirge bei Alluvial- und Diluvialboden 40 bis 50 % und bei nacktem Felsboden 80 bis 90 % der Regenmenge zum Abfluß gelangen. Bei starker Bewaldung des Niederschlagsgebietes kann man diese Zahlen um etwa 10 % kleiner wählen und im Flachlande etwa ihre Hälfte in Rechnung setzen.

Der Berechnung des Durchflußprofils von Durchlässen und kleinen Brücken muß diejenige Wassermenge zugrunde gelegt werden, die bei heftigen Regengüssen in verhältnismäßig kurzer Zeit dem kleinen Wasserlaufe zufließen kann und bei der nur wenig auf Verdunstung und Versickerung gerechnet werden darf. Nach Ermittlungen der Deutschen

Seewarte beträgt in Mitteleuropa die größte Regenhöhe bei anhaltendem Landregen etwa 7 mm und bei Wolkenbrüchen etwa 60 mm in der Stunde. Wolkenbrüche dauern selten länger als eine Stunde und erstrecken sich auf ein Gebiet von höchstens 25 qkm; sie kommen daher bei größeren Niederschlagsgebieten weniger in Betracht.

Nach Franzius kann man für deutsche Flüsse und für das Quadratkilometer Zuflußgebiet die größte Wassermenge in der Sekunde annehmen zu

- 0,35 — 0,60 cbm nahe bei den Quellen in gebirgiger Gegend
(nicht Gletscher),
0,18 — 0,23 „ in bergiger oder steiler hügeliger Gegend,
0,12 — 0,18 „ in nicht steiler hügeliger Gegend,
0,06 — 0,12 „ in flacher Gegend,
0,035 — 0,06 „ in flacher, sandiger und mooriger Gegend.

Laißle gibt in nachstehender Tabelle absichtlich größere Werte an, um Sicherheit zu haben, daß in außergewöhnlichen Fällen das Wasser unter dem Brückenbauwerke ungehindert zum Abfluß gelangt.

Tabelle II.

	Hochwassermenge in cbm/sek für jedes Quadratkilometer Niederschlagsgebiet.	
	Gebiete von 1—5 qkm Ausdehnung.	Gebiete von 5—10 qkm Ausdehnung.
Im Flachlande . . .	0,5	0,3
„ Hügellande . . .	1,5	1,0
„ Gebirge	2,0	1,5

Mehrere deutsche Eisenbahnen haben für hügeliges Gelände und unter gewöhnlichen Versickerungsverhältnissen folgende Abflußmengen der Berechnung des Brückendurchflußprofils zugrunde gelegt.

Tabelle III.

Größe des Durchflußgebietes in Quadratkilometer.	Abflußmenge in cbm/sek für jedes Quadratkilometer Talfläche.
kleiner als 1	5 bis 3
von 1 bis 10	3 bis 1,5
von 10 bis 40	1,5 bis 1,0
von 40 bis 100	} für die ersten 40 qkm = 1,0 für den Rest = 0,6
von 100 bis 300	
von 300 bis 600	0,5 bis 0,4
über 600	0,4

Aus den Formeln 6 und 7 ergibt sich, daß man ein kleineres Durchflußprofil erzielen kann durch Vergrößerung des Gefälles J . Wo es die örtlichen Verhältnisse gestatten, wird dieses Mittel zu empfehlen sein, jedoch hat man dabei wohl zu beachten, daß diese Gefällsänderung nicht nur innerhalb der Brücke, sondern auch genügend weit vor und hinter derselben durchgeführt werden muß.

Ferner hat man das Gefälle so zu bestimmen, daß die Geschwindigkeit des Wassers zur Vermeidung von Auskolkungen ein gewisses Maß nicht überschreitet. Die Flußsohle bleibt gegen den Wasserangriff erfahrungsgemäß geschützt, wenn die mittlere Geschwindigkeit v des Hochwassers nicht größer ist als etwa

$v = 8$ m bei hartem Felsboden,

$v = 5$ m bei mittelhartem Felsboden,

$v = 4$ m bei weichem Felsboden,

$v = 4$ m bei sehr grobem, festgelagertem Gerölle,

$v = 3$ m bei mittlerem, festgelagertem Gerölle,

$v = 2$ m bei Kies,

$v = 1$ m bei Sand,

$v = 3$ m bei festem, mit Rasen bedecktem Lehmboden,

$v = 1$ m bei kahltem Lehmboden.

Hierbei wird vorausgesetzt, daß die Flußsohle nicht nur unter der Brücke, sondern auch mindestens 10 bis 15 m oberhalb und mindestens 20 bis 30 m unterhalb dieses Bauwerkes von gleicher Beschaffenheit ist.

Führt der Wasserlauf nur eine geringe Hochwassermenge, dann kann die Geschwindigkeit wegen der verhältnismäßig kleinen lebendigen Kraft des Wassers etwas größer angenommen werden.

Wenn die Berechnung von v eine größere Geschwindigkeit ergibt als die zulässige, so ist die gesamte Lichtweite innerhalb der Brücke entsprechend zu vergrößern.

Die Lichtweite wird in der Regel gleich der normalen Breite der Flußsohle gewählt, wenn sich der Wasserlauf in einer einzigen Öffnung übersetzen läßt, weil durch die Widerlager der Brücke nur ein sehr geringer und deshalb zu vernachlässigender Aufstau des Wassers erzeugt wird. Die Stauhöhe ist jedoch zu berücksichtigen, wenn die Übersetzung des Flusses in mehreren Öffnungen erfolgen muß. Die gesamte Stärke der Zwischenpfeiler ist der erforderlichen Lichtweite hinzuzurechnen.

§ 3. Berechnung der Stauhöhe.

Die Stauhöhe x läßt sich annähernd aus folgender Formel ermitteln:

$$x = \frac{Q^2}{19,62} \cdot \left[\frac{1}{\mu^2 b^2 t^2} - \frac{1}{B^2 \cdot (t + x)^2} \right] \dots 1)$$

Hierin bedeutet Q die Hochwassermenge in cbm/sek, b die gesamte Lichtweite innerhalb der Brücke in Metern, t die Flußtiefe des ungestauten Wasserspiegels in Metern, B die Flußbreite oberhalb der Brücke in Metern und μ den im § 1 angegebenen Ausflußkoeffizienten.

Bei der ersten Rechnung mit dieser Formel hat man x im Nenner des zweiten Gliedes der Klammer gleich null anzunehmen und bei der zweiten Rechnung den aus der ersten für x gefundenen Wert in die rechte Seite der Gleichung einzusetzen. Bei Fortsetzung dieses Verfahrens findet man

weitere Annäherungswerte, die stets zunehmen. Man überzeugt sich leicht, ob x annähernd richtig bestimmt wurde, indem man aus obiger Gleichung die Hochwassermenge Q nach Einsetzung des für x ermittelten Wertes berechnet und die gefundene Zahl mit der gegebenen vergleicht.

Die mittlere Geschwindigkeit des ankommenden Wassers vor der Brücke im angestauten Profile ergibt sich in m/sek zu

$$v = \frac{Q}{B(t+x)} \dots \dots \dots 2)$$

Beispiel. Ein Fluß führe bei Hochwasser $Q = 100$ cbm/sek, die Flußbreite betrage $B = 22$ m, die Flußtiefe $t = 2,0$ m, die Lichtweite der Brücke nach Abzug der Zwischenpfeiler und Landpfeilervorsprünge $b = 18$ m, der Ausflußkoeffizient $\mu = 0,9$. Wie hoch staut sich das Wasser vor der Brücke auf, und welche mittlere Geschwindigkeit besitzt es im gestauten Profile?

Zunächst erhält man nach Formel 1

$$x = \frac{100^2}{19,62} \cdot \left[\frac{1}{0,9^2 \cdot 18^2 \cdot 2^2} - \frac{1}{22^2 \cdot (2+0)^2} \right] = 0,222 \text{ m.}$$

Setzt man diesen für x gefundenen Wert in die rechte Seite der Gleichung ein, so findet man

$$x = \frac{100^2}{19,62} \cdot \left[\frac{1}{0,9^2 \cdot 18^2 \cdot 2^2} - \frac{1}{22^2 \cdot (2+0,222)^2} \right] = 0,272 \text{ m.}$$

Nach nochmaliger Anwendung dieses Verfahrens erhält man $x = 0,281$ m. Bei Annahme dieses Wertes ergibt sich aus der Gleichung

$$0,281 = \frac{Q^2}{19,62} \cdot \left[\frac{1}{0,9^2 \cdot 18^2 \cdot 2^2} - \frac{1}{22^2 \cdot (2+0,281)^2} \right]$$

$Q = 99,6$ cbm/sek statt der gegebenen 100 cbm/sek. Man kann daher $x = 0,281$ m als annähernd richtig annehmen und erhält somit

$$v = \frac{100}{22 \cdot (2+0,281)} = 1,99 \text{ m/sek.}$$

§ 4. Lichtweite und Lichthöhe.

Der lichte Querschnitt eines Durchlasses ist nicht allein von der Menge des abzuführenden Wassers, sondern auch von der Art der Reinigung abhängig. Kurze Durchlässe können mit Hilfe hölzerner oder eiserner Stangen gereinigt, schlimmstenfalls durch Aufgrabung freigelegt werden, während sich die Verstopfung eines längeren Durchlasses nur durch einen im Innern desselben arbeitenden Mann oder Knaben beseitigen läßt. Durchlässe mit rechteckigem Durchflußprofil dürfen im Lichten nicht schmaler als etwa 0,30 m und Röhrendurchlässe im Innern nicht enger als etwa 0,15 m gewählt werden, selbst wenn das nach der abzuführenden Wassermenge berechnete Durchflußprofil kleinere Maße ergibt. Soll die Reinigung des Durchlasses durch einen Knaben erfolgen, so ist der lichte Querschnitt mindestens 0,6 m breit und 0,7 bis 0,8 m hoch und bei kreisrunder Form mindestens 0,6 m weit zu bemessen. Um Ausbesserungen ohne Aufgrabung ausführen zu können, ist mindestens eine Breite von 1,0 m und eine Höhe von 1,2 m notwendig.

Die Lichtweite eines Personendurchganges ist nicht kleiner als 0,75 m, besser aber, damit in ihm zwei Personen aneinander vorübergehen können, zu 1,25 m anzunehmen. Bei größerem Verkehre erscheint eine Breite von 2,0 bis 3,0 m angemessen. Wegen des, namentlich auf dem Lande üblichen Tragens von Gegenständen (Körben) auf dem Kopfe wählt man die Lichthöhe des Durchganges zweckmäßig nicht unter 2,50 m. Ein auch von einem Reiter benutzbarer Durchgang muß einen lichten Querschnitt von mindestens 2,0 m Breite und 2,75 m Höhe besitzen.

Bei Wegeüberführungen richtet sich die Lichtweite nach der Spurweite und der Anzahl der Gleise. Die Breite der Umgrenzung des lichten Raumes beträgt bei deutschen Vollspurbahnen (Abb. 4) 4,0 m für ein Gleis, 7,50 m für zwei Gleise, 11,50 m für drei und 15,0 m für vier Gleise, bei Schmalspurbahnen von 1,0 m Spur für ein Gleis 2,9 m

(Abb. 5) und von 0,75 m und 0,60 m Spur 2,1 m (Abb. 6). Die Seitengräben werden entweder ganz oder nur zum Teil durchgeführt. Für einen 0,50 m tiefen Graben ist hiernach entweder eine Breite von 1,75 m oder eine Breite von 1,0 m der Lichtweite hinzuzurechnen (Abb. 7). Sicherheitshalber pflegt man die Mindestlichtweite der Wegeüberführungen um etwa 10 cm größer anzunehmen als die Breite der Umgrenzung des lichten Raumes. Die Höhe der letzteren beträgt bei deutschen

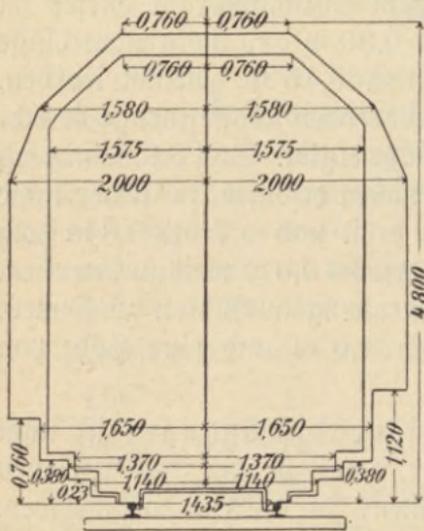


Abb. 4.

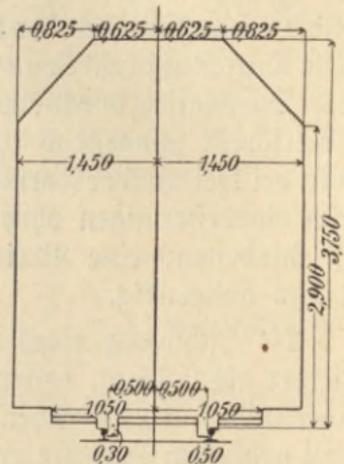


Abb. 5.

Vollspurbahnen 4,80 m, bei Schmalspurbahnen mit 1,0 m Spur 3,75 m und bei Kleinbahnen mit 0,75 m und 0,60 m Spur 3,10 m. Um einem etwaigen Auffrieren des Oberbaues Rechnung zu tragen, sind auch diese Maße bei der Festsetzung der Durchfahrthöhe um etwa 10 cm größer zu wählen.

Wegeunterführungen erhalten bei einspurigen Gemeindewegen eine Mindestlichtweite von etwa 3,50 m, die der größten Breite beladener Erntewagen entspricht. Bei zweispurigen Landwegen ist diese Lichtweite mit etwa 5,0 m und bei Kunststraßen (Hauptverbindungsstraßen), sofern ihre

Breite nicht durch besondere Vorschrift oder Vereinbarung anders bestimmt ist, mit etwa 7,0 m zu bemessen. Um die Kosten des Bauwerks möglichst zu beschränken, kann unter ihm die Breite der Landstraßen je nach ihrer Bedeutung um 1,0 bis 1,5 m verschmälert werden. Straßen mit einem Materialbankett und einem Sommerweg werden ohne diese beiden Teile unterführt. Bei städtischen Straßen ist eine Verschmälerung im Bereiche der Unterführung meistens nicht zulässig. Hier ist bei der Berechnung der Lichtweite folgendes zu beachten. Die Breite eines Lastfuhrwerkes ist zu 2,30 m

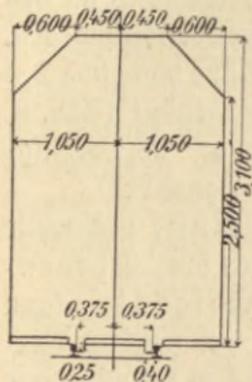


Abb. 6.

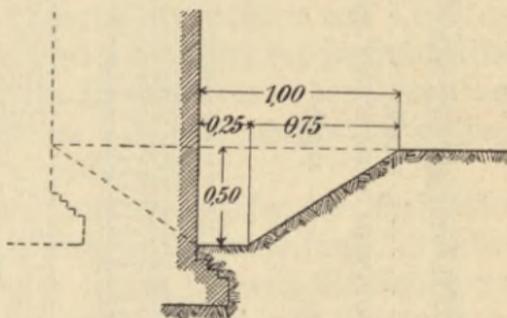
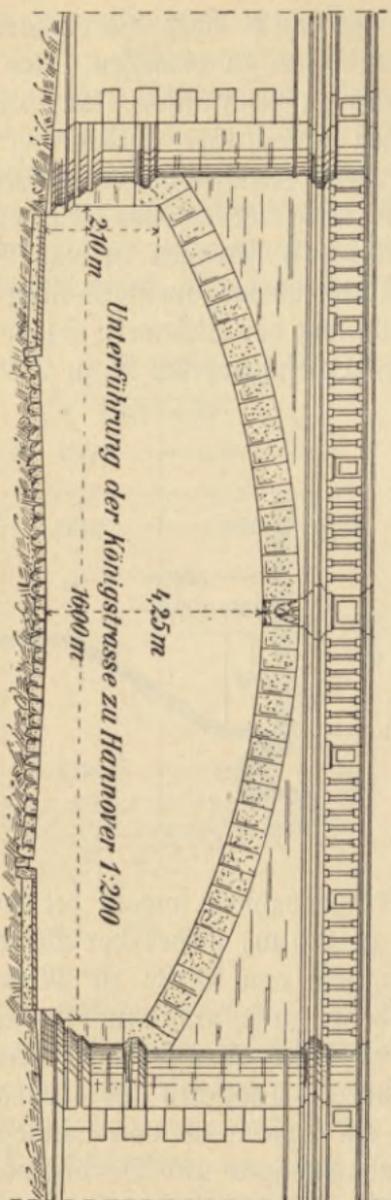


Abb. 7.

und die Wagenbreite der Straßenbahnen sowohl bei voller als auch bei schmaler Spur zu 2,0 m, ferner der Mindestabstand zweier Straßenbahngleise von Mitte zu Mitte in gerader Strecke zu 2,30 m (besser zu 2,50 m) und in scharf gekrümmter Strecke sowie bei Verwendung langer Wagen entsprechend größer anzunehmen. Zwischen Straßenbahnwagen und Lastfuhrwerk ist ein Spielraum von mindestens 0,2 m und zwischen Straßenbahnwagen und Bordsteinkante ein Schutzstreifen von mindestens 0,5 m zu rechnen. Die Breite der beiderseitigen Fußwege richtet sich nach dem Verkehr; bei schwachem Verkehr genügt eine Breite von 1,25 bis 1,50 m, bei stärkerem wird die Breite mit 3,0 m und mehr zu bemessen sein.



Die Durchfahrthöhe soll betragen: bei Gemeindewegen 3,8 bis 4,0 m, bei Kunststraßen 4,8 bis 5,0 m und bei städtischen Straßen mit Straßenbahnverkehr 4,5 bis 4,75 m. Diese lichte Höhe ist jedoch nur über der Fahrbahn, mitunter nur über ihrem mittleren Teile vonnöten, während an den Seiten, über den Fußwegen, eine Lichthöhe von etwa 2,0 bis 2,5 m genügt (Abb. 8, Unterführung der Königsstraße zu Hannover).

Die kleinste Lichtweite der Brücken über Binnenschiffahrtskanäle kann zu 16 m bei starkem Verkehr, zu 14 m bei mittlerem Verkehr und zu 10 m bei geringerem Verkehr angenommen werden. Nach der „Hütte“ ist eine lichte Durchfahrtsweite für mindestens zwei Schiffbreiten + 0,50 bis 1,0 m Spielraum nebst Böschungen, Leinpfad und Fußwegbreite erforderlich. Die Durchfahrthöhe bei Kanälen

und anderen Wasserstraßen soll betragen

für 400-t-Schiffe 3,2 m über seltenem Hochwasser und 3,5 m über gleichbleibendem Wasser,

für 600-t-Schiffe 4,4 bis 4,5 m,

für Seeschiffe (Segelschiffe, die mit den Masten hindurchfahren können) mindestens 30 m.

Die lichte Höhe der über den Kaiser-Wilhelm-Kanal führenden Eisenbahnbrücke bei Grünental mißt nicht weniger als 42 m, während sie bei den Brücken über den Dortmund-Ems-Kanal nur 4,0 m, über den Elbe-Trave-Kanal 4,6 m, über den Unterspreekanal zu Berlin 3,2 m, über den Oder-Spree-Kanal 3,5 m beträgt und beim Mittellandkanal zu 4,0 m projektiert ist.

Berkehren nur Rachen und kleine Segelbote auf dem Wasserlaufe, so genügt meistens eine lichte Höhe von 3,0 m über dem höchsten Wasserstande.

Bei kleinen Wasserläufen, auf denen Flößerei getrieben wird, ist eine Mindestlichtweite der Brücken von 4,0 m und eine Durchfahrthöhe von etwa 2,5 m über der Hochwasserlinie anzunehmen. Bei größeren Wasserläufen ist der lichte Querschnitt der Brückenöffnungen den vorliegenden Flößereiverhältnissen entsprechend zu bestimmen.

Die Konstruktionsunterkante von Brücken über Wasserläufe ohne Schifffahrt und ohne Eisgang soll mindestens 0,3 m über dem höchsten Wasserstande liegen. Damit Eischollen und andere etwa im Wasser treibende Körper (z. B. Baumstämme) ungehindert passieren können, ist eine lichte Höhe von mindestens 0,75 m nötig, jedoch braucht diese bei Brücken mit Halbkreis-, Korbbogen-, elliptischen Gewölben und mit Gewölben in Form eines überhöhten Bogens nur im Scheitel vorhanden zu sein, während sich die Kämpfer in Hochwasserlinie oder noch etwas unter dieser befinden können. (vgl. § 24, 2). Bei Brücken mit flachen Segmentbogengewölben legt man die Kämpfer nicht gern unter den höchsten Wasserstand, um das Durchflußprofil für Hochwasser möglichst wenig einzuengen.

§ 5. Zahl und Weite der einzelnen Brückenöffnungen.

Ist für eine Fluß- oder Strombrücke die gesamte Durchfluß-Querschnittsfläche bzw. für eine Talbrücke die gesamte Länge ermittelt worden, dann sind Zahl und Weite der einzelnen Brückenöffnungen festzusetzen.

Bei Fluß- und Strombrücken hängt die Stellung der einzelnen Pfeiler namentlich ab von der Lage der Stromrinne, von der Tiefe und Geschwindigkeit des Wassers, vom Eisgange, von den Anforderungen der Schifffahrt oder Flößerei, von der Gestalt und Beschaffenheit des Baugrundes und vom Baustoff der Pfeiler.

Wird in die Mitte eines etwa 50 bis 70 m breiten schiffbaren Wasserlaufes ein Pfeiler gesetzt, dann werden durch ihn Eisgang und Verkehr auf dem Wasser sehr behindert. Bei solchen Flüssen ordnet man Zwischenpfeiler zweckmäßig neben dem Laufe des Fahrwassers an. Befindet sich die Stromrinne in der Mitte des Querschnittes, so ergibt sich meistens eine ungerade Anzahl von Brückenöffnungen, deren mittlere eine größere Weite besitzt als die Seitenöffnungen.

Die Anordnung einer großen Mittelöffnung empfiehlt sich auch bei gewölbten Brücken über breite Flüsse und Ströme, wenn die Konstruktionshöhe eine sehr große ist, und bei Talbrücken (Viadukten), wenn das Tal eine schmale Sohle und steile, felsige Lehnen besitzt, oder wenn es von einem breiten, schiffbaren Wasserlauf durchströmt wird. Hat das zu überschreitende Tal eine flache Sohle und mäßig steile Lehnen, so wählt man alle Öffnungen von gleicher Weite, wie der in Abb. 9 dargestellte Pompadourviadukt der Orleansbahn zeigt. Bei massiven Talbrücken kann man jedoch auch einzelne Gruppen aus Gewölben gleicher Spannweite anordnen, die man durch stärkere Pfeiler (sog. Gruppenpfeiler, vgl. § 22) voneinander trennt. Als Beispiel hierzu mag der in Abb. 10 skizzierte 469 m lange Viadukt über die Neiße bei Görlitz dienen.

Ist der Fluß stark gekrümmt und herrscht auf ihm ein lebhafter Schiffsverkehr, so ist mindestens für eine möglichst nicht unter 50 m breite Öffnung und für Freihaltung der Durchsicht zu sorgen.

Bei großer Tiefe des festen Baugrundes sowie bei tiefem und reißendem Gewässer hat man die Zahl der Zwischenpfeiler mit Rücksicht auf die großen Schwierigkeiten und Kosten der Gründung möglichst zu beschränken, auch sind bei Flüssen und

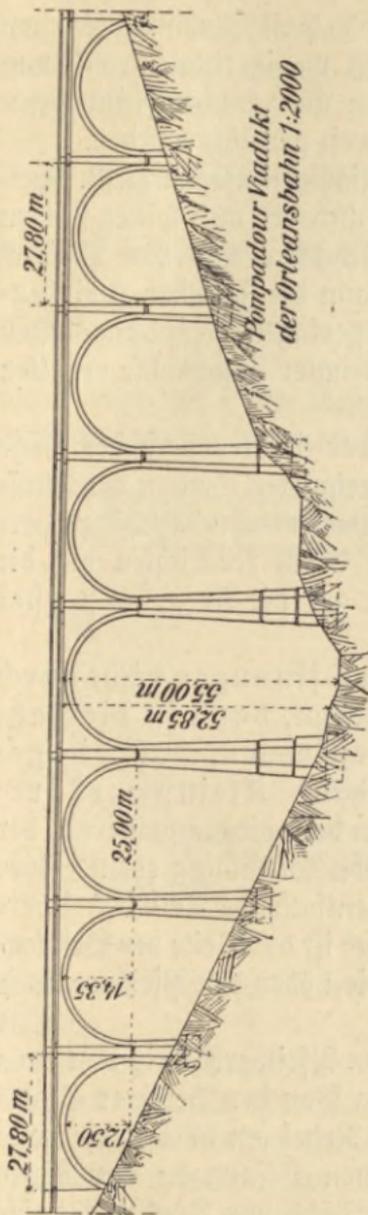


Abb. 9.

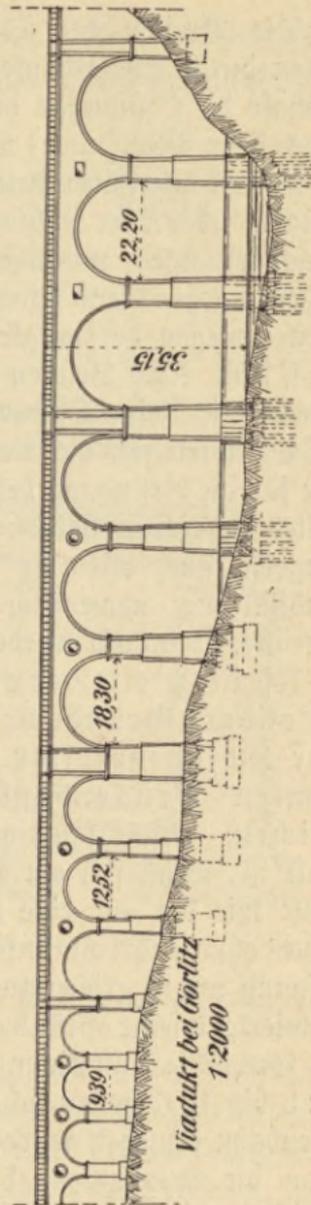


Abb. 10.

Strömen mit starken Eisgängen weite Brückenöffnungen anzulegen, um den Flutraum möglichst wenig einzuengen und Eisstopfungen zu verhüten.

Die Breiten des Querschnittes von Strommündungen sollen durch Pfeilerbauten möglichst wenig eingeschränkt und deshalb die Öffnungen der Brücken über solche Mündungen (auch über Meerengen) möglichst weit gewählt werden.

Bei Brücken über trocknen, tragsfähigen Boden (z. B. Flutbrücken) oder über seichtes, nicht schiffbares und keinen starken Anschwellungen unterworfenen Gewässer mit zur Pfeilergründung genügend fester Sohle kann die Zahl der Zwischenpfeiler wegen der vergleichsweise geringen Gründungskosten groß sein. Auch Brücken mit gekrümmter Längsachse erhalten zweckmäßig kleine Öffnungen.

Oft wird sich die Verteilung der Pfeiler nach der Lage der für die Gründung besonders geeigneten Stellen des Flussbettes zu richten haben, um die Baukosten möglichst zu verringern, auch wird sie bisweilen durch Rücksichten auf die Ausführung, namentlich in bezug auf die Aufstellung fester Gerüste, beeinflusst werden.

Ist die Weite der einzelnen Öffnungen nicht durch besondere Gründe vorgeschrieben, dann ist die Zahl der Zwischenpfeiler so zu bestimmen, daß die gesamten Brückenbaukosten ihren kleinsten Wert erreichen. Man kann annehmen, daß dies annähernd der Fall ist, wenn sich ein Pfeiler nebst Gründung ebenso teuer stellt wie der auf eine Öffnung entfallende Teil des Überbaues ohne Fahrbahndecke. Hiernach ist die Weite der Brückenöffnung um so größer zu wählen, je höher der Pfeiler und je schwieriger seine Gründung ist.

Gewölbte Talbrücken mit einem Pfeilverhältnis von etwa 1 : 3 bis 1 : 6 stellen sich, wie beim Bau der Berliner Stadteisenbahn ermittelt wurde, in der Regel am billigsten, wenn man die Spannweite der einzelnen Öffnungen annähernd gleich der durchschnittlichen Pfeilerhöhe von Fundamentsohle bis Fahrbahnoberkante (bzw. Schienenunterkante) annimmt.

Winkler empfiehlt, die Spannweite gewölbter Landbrücken, deren Pfeiler eine mittlere Gesamthöhe von h^m besitzen, zu

$$l^m = 4 + 0,4h$$

zu wählen. Nach Gustav Meyer ist die günstigste Spannweite für zweigleisige (8 m breite) gewölbte Eisenbahnbrücken bei Halbkreisbögen

$$l = \sqrt{\frac{P}{1,25 k}} \quad \left(\text{oder allgemein } l = \sqrt{\frac{P}{0,16 b \cdot k}} \right)$$

und bei Stichbögen mit $\frac{1}{7}$ Pfeilverhältnis

$$l = \sqrt{\frac{P}{1,1 k}} \quad \left(\text{oder allgemein } l = \sqrt{\frac{P}{0,137 b \cdot k}} \right),$$

wenn man mit P die Kosten eines massiven Zwischenpfeilers nebst Gründung, mit k die Kosten eines Kubikmeters Gewölbe-

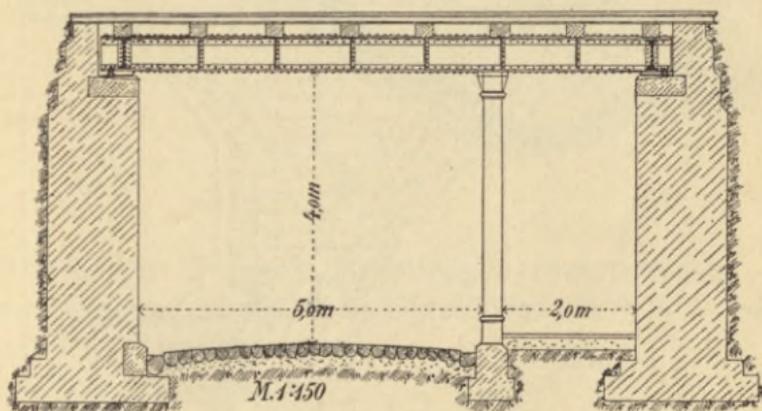


Abb. 11.

mauerwerk und mit b die Breite der Brücke in Metern bezeichnet.

Bei der Unterführung von Landstraßen kann das Bauwerk meistens ohne einen Zwischenpfeiler hergestellt werden, während bei der Unterführung einer breiten städtischen Straße und eisernem Überbau nicht selten eine Trennung der Fahrbahn und erhöhten Fußwege durch Stützen erfolgt (Abb. 11).

Wegeüberführungen über Eisenbahneinschnitte erhalten gewöhnlich nur eine einzige Öffnung, wenn steile Böschungen zulässig sind und diese einen genügend tragfähigen

Boden besitzen, so daß die Brückenflügel, den Böschungen folgend, abgetrepppt gegründet werden können, wie Abb. 12 zeigt.

Müssen die Einschnittswände aber flach geböschet angelegt, vielleicht auch noch mit Banketten (Bermen) versehen werden, und haben die Bahngräben eine größere Tiefe und Breite, so ist die Anlage von Nebenöffnungen in der Regel und besonders bei eisernem Überbau sowie bei Holzbrücken vorzuziehen (Abb. 13, aus Ludwig, Wegbrücken, Tafel VII). Die Nebenöffnungen

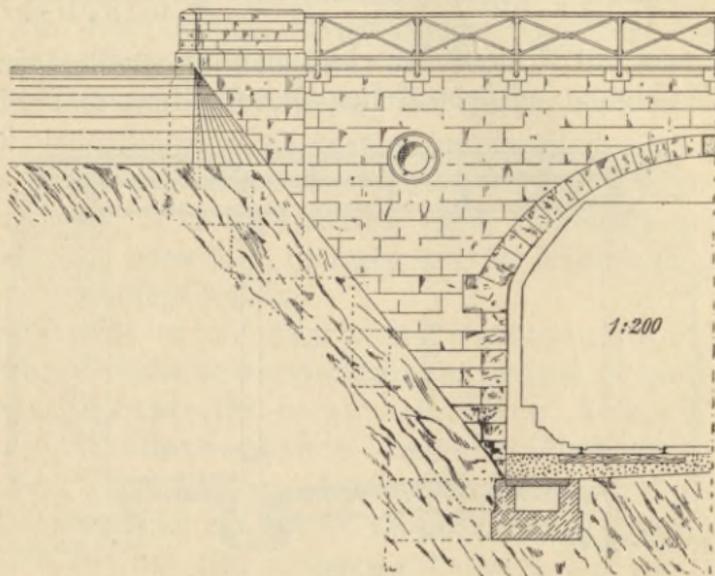


Abb. 12.

erhalten des besseren Aussehens wegen eine symmetrische Anordnung und keine größere Lichtweite als die Hauptöffnungen.

Brücken, die über Schiffahrtskanäle führen, stellt man zweckmäßig ohne Zwischenpfeiler her.

§ 6. Breite der Brückenbahn.

Fußgängerbrücken erhalten eine Breite, d. h. eine lichte Entfernung von Geländer zu Geländer, von 2,0 bis 2,5 m bei schwachem, von 3,0 bis 3,5 m bei stärkerem und von 4,0 bis 5,0 m bei sehr lebhaftem Verkehr.

Die Breite der Eisenbahnbrücken richtet sich nach der Breite der Umgrenzung des lichten Raumes (vgl. § 4). Hier- nach müssen bei Vollspurbahnen die Geländer oder Brüstungen

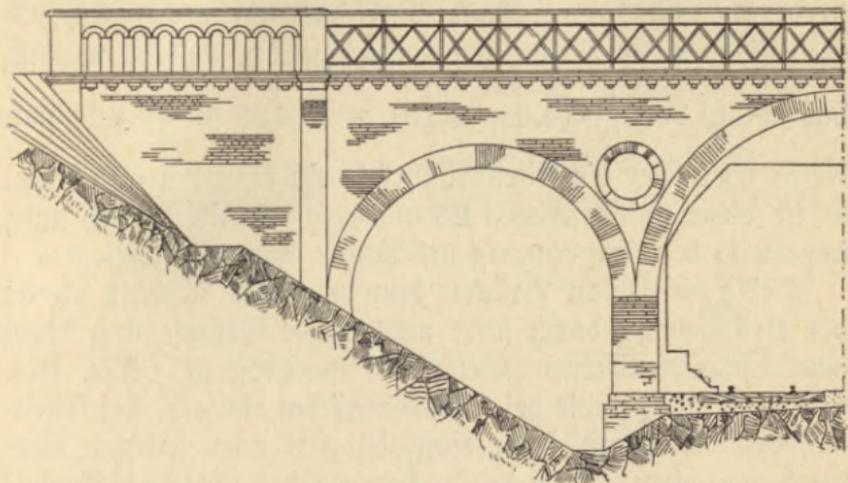


Abb. 13.

und diejenigen Teile der Hauptträger eiserner Brücken, die über Schienenoberkante eine größere Höhe als 0,76 m haben, mindestens einen Abstand von 2,0 m von der Mitte des nächsten Gleises besitzen.

Die Anlage eines Fußweges ist bei kurzen Eisenbahnbrücken ent- behrlich. Auch bei län- geren Brücken kann man sie fehlen lassen,

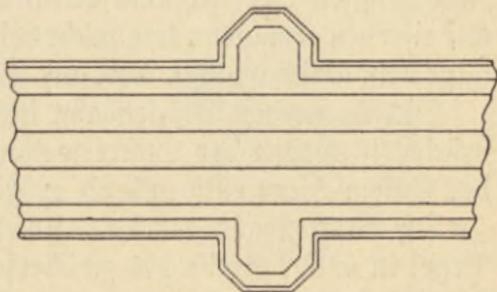


Abb. 14.

wenn man über den Zwischenpfeilern und bei größerer Ent- fernung derselben auch noch zwischen ihnen nischenartige Schutzplätze herstellt (Abb. 14). Besser ist es jedoch, beider- seits Fußwege anzuordnen, damit die Reisenden im Falle der Not die Wagen eines auf der Brücke haltenden Zuges

verlassen können. Hierzu genügt schon zwischen der Umgrenzung des lichten Raumes und dem Geländer oder der Brüstung eine Breite von etwa 0,4 bis 0,5 m, weil zu dieser noch der halbe Unterschied zwischen der Breite jener Umgrenzung und der größten Maschinen- oder Wagenbreite (gemessen an den am meisten vorspringenden Teilen), nämlich das Maß von $\frac{1}{2} \cdot (4,0 - 3,15) = 0,425$ m hinzukommt.

Führt aber über die Eisenbahnbrücke ein öffentlicher Fußweg, so ist dieser mindestens 1,25 m breit zu wählen und ganz außerhalb der Umgrenzung des lichten Raumes anzulegen.

Bei gewölbten Brücken kann man die nutzbare Breite der Brückenbahn durch stark ausladende Gesimse und Wahl eines schmiedeeisernen Geländers vergrößern (Abb. 15). Steinbrüstungen, die bei Straßenbrücken vielfach, bei Eisenbahnbrücken wegen ihrer Kostspieligkeit aber seltener Verwendung finden, ordnet man zu dem gleichen Zweck auf Konsolgesimsen an (Abb. 16 u. 17). Bei einem Viadukt der Moselbahn hat man das Geländer sogar außerhalb der Stirnen befestigt (Abb. 18). Eine nicht unbedeutende Verminderung der Breite des massiven Überbaues und demgemäß auch der Länge der Zwischenpfeiler erzielt man durch Auskragung der Fußwege auf eisernen Konsolen, wie solche bei eisernen Eisenbahnbrücken allgemein üblich ist (vgl. Abb. auf Tafel XVII).

Die Breite der Brückenbahn stark gekrümmter Eisenbahnbrücken ist wegen der Spurerweiterung und der Überhöhung der Außenschiene entsprechend größer zu bemessen.

Die Brückenbahn der Straßenbrücken stellt man in der Regel in voller Breite des zu überführenden Weges her. Bei städtischen Brücken sind daher die Geländer oder Brüstungsmauern in die Baufluchtlinien der anschließenden Straße zu stellen. Ohne Störung des Fuhrwerksverkehrs auf der Brücke kann man bei genügend breiter Straße zur Verminderung der Baukosten die Brückensfahrbahn jedoch um eine Fuhrwerksbreite (etwa 2,0 m) schmaler wählen, weil um diese Breite auch die für den durchgehenden Verkehr nutzbare

Fahrbahnbreite der Straße verringert wird, wenn ein Fuhrwerk an einem der Fußwege hält.

Durch Ministerialerlaß ist in Preußen selbst für Feldwegbrücken eine Mindestbreite von 4,50 m vorgeschrieben, damit auch breite landwirtschaftliche Maschinen ungehindert passieren können. Zu empfehlen ist, besonders bei längeren Brücken, eine Mindestbreite von 5,0 m, einschließlich zweier schmaler, erhöht anzuordnender Fußwege,

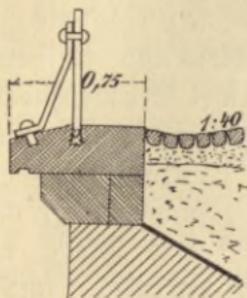


Abb. 15.

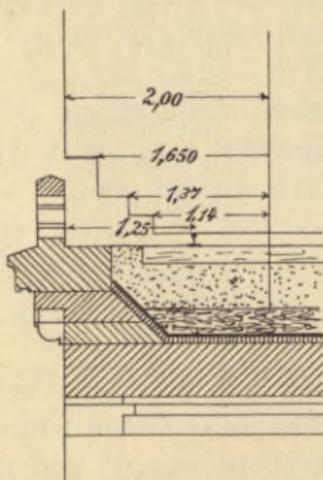


Abb. 16.

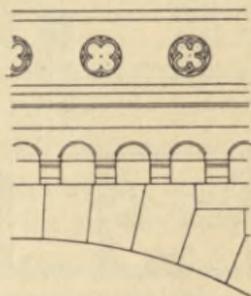


Abb. 17.

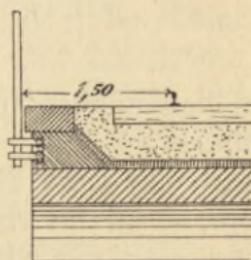


Abb. 18.

damit sich auf der Brücke zwei Lastfuhrwerke mit der üblichen Ladebreite von 2,0 bis 2,3 m begegnen können, wobei allerdings deren Räder die Bordsteinkanten berühren und die Wagenkasten oder Ladungen noch etwas über die Fußwege ragen (Abb. 19). Verkehrsreiche Stadtbrücken erhalten eine Fahrbahn von mindestens 7,0 m Breite, die eben noch für

drei Wagenreihen genügt, und beiderseits einen Fußweg von 1,50 und mehr Meter Breite (oft $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ der Fahrbahnbreite). Führen über städtische Brücken Straßenbahnen, und legt man der Berechnung die im § 4 angegebenen Maße für die Breiten der Straßenbahnwagen und Lastfuhrwerke, für den Spielraum zwischen diesen Fahrzeugen und für den Schutzstreifen am Rande der Fußwege zugrunde, so beträgt die zulässig kleinste Breite der Fahrbahn für ein Gleis und ein Straßenfuhrwerk 5,0 m, für ein Gleis und zwei Straßenfuhrwerke 7,0 m, für zwei Gleise allein 5,5 m, für zwei Gleise und ein

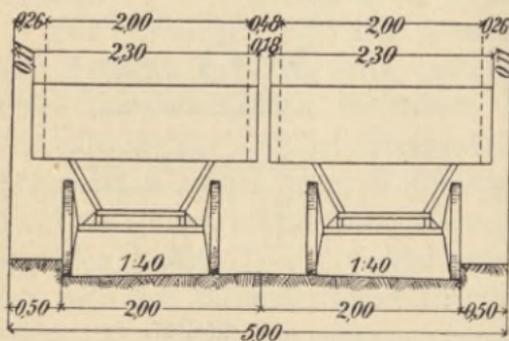


Abb. 19.

Straßenfuhrwerk dazwischen 7,7 m, für zwei Gleise nebeneinander und ein Straßenfuhrwerk 7,5, für zwei Gleise in der Mitte der Fahrbahn und zwei Straßenfuhrwerke zu beiden Seiten derselben 9,5 m.

Natürlich lassen sich auch bei Straßen-

brücken die Baukosten durch Auskragung der Fußwege erheblich vermindern.

Liegen auf einer Brücke Straße und Eisenbahn nebeneinander, so ist für eine sichere Trennung beider durch ein Geländer oder eine Brüstungsmauer zu sorgen, um deren Breite die lichte Entfernung der Brückenbahn von Stirn zu Stirn natürlich zu vergrößern ist.

Die Breite der Kanalbrücken ergibt sich aus der Breite des auf dem Kanale verkehrenden größten Schiffes (4,4 bis 7,0 m), der ein Spielraum von 40 bis 60 cm hinzuzurechnen ist, und aus der Breite des Leinpfades, die etwa 1,0 m beträgt, wenn Menschen das Schiff ziehen, und mindestens 2,0 m, wenn hierzu Pferde verwendet werden.

Die lichte Entfernung der Kanalwände schwankt meistens zwischen 6,5 und 10 m, wenn ein Schiff, und zwischen 10 und 16 m, wenn zwei Schiffe nebeneinander die Brücke passieren sollen. Für den Verkehr von Dampfschiffen auf der Kanalbrücke ist ein Wasserquerschnitt erforderlich, der mindestens das Vierfache des normal eingetauchten Schiffsquerschnittes beträgt.

Um an Brückenbreite zu sparen, kann man den Leinpfad entweder zum Teil nach innen übertragen oder auf äußeren Ausstragungen anordnen. Letztere lassen sich bei Kanalbrücken meistens sehr leicht herstellen, weil die Kanalwände in der Regel eine größere Höhe besitzen (vgl. § 34).

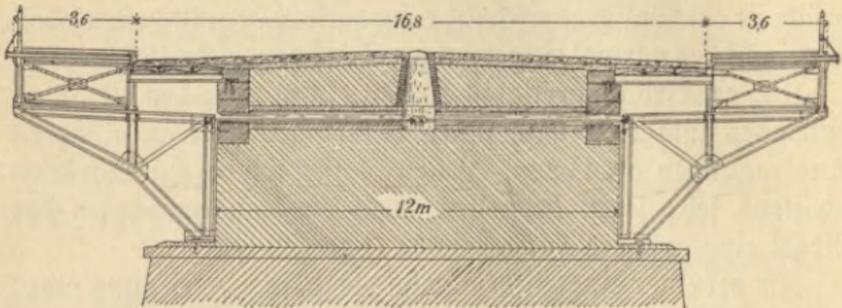
Ist bei einer eingleisigen Bahn die spätere Verlegung eines zweiten Gleises mit Sicherheit zu erwarten, so werden die massiven Bahnbrücken zur Vermeidung eines ungleichmäßigen Setzens der Gewölbe und Pfeiler von vornherein zweigleisig angelegt, während man bei eisernen und hölzernen Brücken nur die Zwischenpfeiler bzw. Mitteljoche und die Endwiderlager für zwei Gleise, den Überbau aber für ein Gleis herstellt.

Bei massiven Straßenbrücken kann man die Brückenbahn ohne Verlängerung der Pfeiler, die fast immer große Schwierigkeiten bereitet, dadurch verbreitern, daß man auf die Pfeilervorköpfe eiserne Konsolen setzt und auf diese zum Tragen der Verbreiterung des Überbaues Walz- oder Blechträger legt, die mit der Längsachse der Brücke parallel laufen. Ein Beispiel hierzu liefert die in den Abb. 20 und 21 dargestellte Verbreiterung der Mississippibrücke bei Minneapolis (Handbuch der Ingenieurwissenschaften Bd. II Abt. 1 Tafel III Abb. 3 u. 4). Hier sind je zwei auf dem gleichen Pfeiler ruhende Konsolen durch Drahtkabel miteinander verbunden, die in kleinen Kanälen liegen und in der Mitte eine von einem Schachte aus zugängliche Spannvorrichtung besitzen.

§ 7. Längen- und Quergefälle der Brückenbahn.

Die Fahrbahn einer Straßenbrücke mit einem nach beiden Richtungen gleich starken Verkehr, auch die Fahrbahn einer kurzen Straßenbrücke wird zweckmäßig wagerecht oder

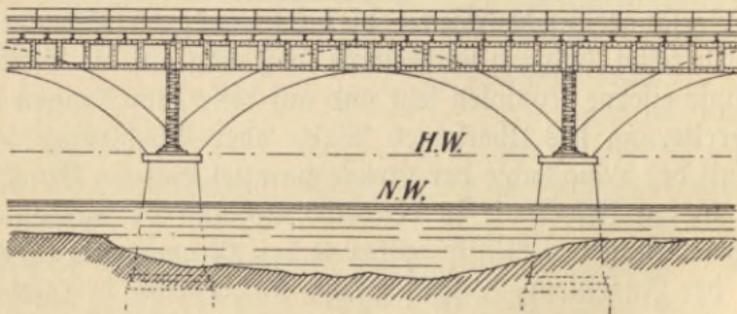
ganz schwach geneigt angelegt; letztere Anordnung ist der besseren Entwässerung wegen vorzuziehen. Verlangen die örtlichen Verhältnisse aber ein starkes einseitiges Längengefälle



M. 1 : 312 1/2

Abb. 20.

der Brückenbahn, so darf dieses niemals das zulässige Größtgefälle der anschließenden Straßenstrecken überschreiten. Die größte zulässige Steigung einer Straße beträgt bei Beschothe-



M. 1 : 500

Abb. 21.

zung etwa 5%, bei Steinpflasterung 6 bis 8%, bei Holz- und Klinkerpflasterung 3% und bei Stampfasphaltbelag 1,5%.

Zur Verminderung der Längen der auf die Brücke führenden Straßenrampen und zur Gewinnung einer größeren Durchfahrthöhe unter dem Bauwerke sowie auch aus Schönheitsrückichten hat man bei längeren, mehrere Öffnungen besitzenden

Straßenbrücken die Bahn oft von der Brückenmitte aus nach beiden Enden hin geneigt hergestellt und zwischen die beiden ansteigenden Strecken eine mehr oder minder lange wagerechte oder nach einem flachen Kreis- oder Parabelbogen gekrümmte Strecke eingeschaltet, auch hat man die ganze Brückenbahn der Länge nach flach gewölbt angeordnet.

Wegen der Ableitung des Niederschlagswassers ist die Brückenbahn mit einem von ihrer Befestigung abhängigen Quergefälle auszustatten, das aus der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen ist.

Tabelle IV.

Fahrbahnbefestigung	Quergefälle bei einem Längengefälle von		
	0%	0% bis 3,5%	über 3,5%
Steinschlagbahn	7,0 %	5,5 %	4,0 %
Steinpflasterung	5,0 %	4,0 %	3,0 %
Holzpflasterung	3,0 %	2,5 %	2,0 %
Klinkerpflasterung	3,0 %	1,5 %	—
Stampfasphaltbahn . . .	1,5 %	0,5 bis 1,0 % bei einem Längengefälle bis höchstens 1,5 %	—

Die Holzpflasterungen erhalten an den Bordsteinen in der Regel ein 0,5 bis 1,0 m breites Stück mit einem Quergefälle von 1:15, um das Wasser im Rinnsteine besser zusammenzuhalten.

Das Quergefälle der dem Längengefälle der Fahrbahn folgenden Fußwege soll man der schnelleren Abtrocknung wegen nicht zu schwach bemessen. Empfohlen wird ein Quergefälle von etwa 4% bei Steinpflasterung und von 2 bis 3% bei Asphalt-, Zement- oder Plattenbelag.

Das Niederschlagswasser wird den zwischen Fuß- und Fahrweg liegenden Straßenrinnen zugeführt, deren Längengefälle bei gepflasterten Bahnen durchschnittlich zu 1:100 und bei Asphalt- oder Zementbahnen zu 1:200 (ausnahmsweise

bis zu 1 : 800) zu wählen ist. Die Straßenrinnen können bei längeren Brücken und wagerechter oder nur schwach ansteigender Fahrbahn steigend und fallend angeordnet werden; dann hat man an den tiefsten Punkten der Rinnensohle für geeignete Abzüge zu sorgen (vgl. § 30).

Bei Eisenbahnbrücken ist eine wagerechte Bahn am vorteilhaftesten, jedoch sind im einseitigen Gefälle liegende Eisenbahnbrücken ziemlich häufig. Als in der Regel nicht zu überschreitendes Längengefälle der Hauptbahnen schreibt § 3 der „Technischen Vereinbarungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und Nebeneisenbahnen“ vor 1 : 200 im Flachlande, 1 : 100 im Hügellande und 1 : 40 im Gebirge.

Das Längengefälle der Fußgängerbrücken kann bis 1 : 12 betragen. Auch bei diesen Brücken wird mitunter die ganze Bahn der Länge nach mehr oder minder stark gekrümmt hergestellt.

Kanalbrücken pflegt man mit wagerechtem Wasserpiegel anzulegen; dient der Kanal jedoch auch zur Bewässerung oder zur Flößerei, so ist das Gefälle der angrenzenden Kanalstrecke auf die Brücke zu übertragen. Der Leinpfad wird mit einem Gefälle nach dem Kanale hin hergestellt, das 1 : 100 bis 1 : 200 beträgt, je nachdem der Leinpfad gepflastert oder mit einem Plattenbelage versehen ist.

Die Sohle der Wasserleitungsbrücken (Aquädukte) von größerer Länge erhält zweckmäßig ein stärkeres Gefälle als das der Anschlußstrecken, um sowohl die Baukosten (durch Verringerung des Wasserquerschnittes) als auch die durch Frost entstehenden Gefahren zu vermindern. Der Übergang des Sohlengefalles der Brücke in das schwächere der Anschlußstrecken hat natürlich allmählich zu erfolgen. Kleinere Aquädukte erhalten am besten das gleiche Gefälle wie die Leitung.

§ 8. Wahl des Baustoffes und Kosten der Brücken.

Auf die Wahl des Baustoffes einer Brücke hat der Kostenpunkt einen großen Einfluß. Um beurteilen zu können, ob eine Ausführung der Brücke ganz oder teilweise in Stein,

Holz oder Eisen in pekuniärer Hinsicht am vorteilhaftesten ist, hat man nicht nur die Herstellungskosten allein in Betracht zu ziehen, wie dies so häufig unrichtig geschieht, sondern auch die jährlichen Unterhaltungskosten, die Dauer des Bauwerks und die Kosten seiner späteren Erneuerung.

Bezeichnet man mit K das Kapital für die Herstellung der Brücke, mit U die jährlichen Unterhaltungs- und Ausbesserungskosten, die bei einem Zinsfuße von $z\%$ einem Kapital von $\frac{100 U}{z}$ entsprechen, mit N die Kosten eines nach n Jahren notwendig werdenden Neubaus und mit K_1 das auf Zinjeszins anzulegende Kapital, das nach n Jahren auf $K_1 + N$ anwächst, so ist nach diesem Zeitraum

$$K_1 + N = K_1 \cdot \left(1 + \frac{z}{100}\right)^n \text{ oder } K_1 = \frac{N}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n - 1}$$

und das gesamte Anlagekapital

$$A = K + \frac{100 U}{z} + \frac{N}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n - 1}.$$

Diejenige Ausführung ist im volkswirtschaftlichen Sinne die billigste, bei der A am kleinsten wird.

Die Höhe des Baukapitals K läßt sich natürlich nur an der Hand von Projektzeichnungen durch genaue Kostenanschläge auf Grund der ortsüblichen Einheitspreise richtig ermitteln. Vorläufigen Kostenüberschlägen kann man jedoch folgende Zahlenwerte zugrunde legen.

Nach der „Hütte“ kostet bei einfachen Steinbrücken das Quadratmeter der bebauten Grundfläche, gemessen in der Oberfläche, 70 bis 80 Mark. Bei kleinen gewölbten Brücken verschiedener Eisenbahnlinien stellten sich nach dem „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ (3. Aufl. Bd. II Abt. I S. 342/3) die Baukosten auf 20 bis 30 Mark

für das Kubikmeter Gesamtmasse. Die Herstellungskosten der zweigleisigen massiven Brücken der Bahn Nordhausen-Wezlar betragen nach Lehwald (Zeitschrift für Bauwesen 1880 S. 455) rund 130 bis 250 Mark für 1 qm Ansichtsfläche (d. h. der von der Profilinie des betreffenden Tales, der Schienenunterkante und den Durchschnittslinien der beiden Dammsiegel mit der Vorderfläche des Bauwerks begrenzten Fläche) oder etwa 1070 bis 3600 Mark für das laufende Meter und rund 22 bis 43 Mark für das Kubikmeter Mauerwerk. Die Kosten von acht größeren, in den Jahren 1872 bis 1895 erbauten Steinbrücken der Bayrischen Staatseisenbahnen einschließlich Rüstungen schwankten zwischen 30 und 90 Mark für 1 cbm Mauerwerk. Eingleisige gewölbte Talbrücken, deren Pfeilergründung keine besonderen Schwierigkeiten bereitete, haben nach Kölls Enzyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens (S. 3100) bei neueren Ausführungen etwa 50 bis 60 Mark und große Viadukte für zwei Gleise nach A. Rheinhard 150 bis 200 Mark für 1 qm der verbauten Umgrenzungsfläche gekostet.

Für kleine Holzbrücken kann man nach der „Hütte“ einen Herstellungspreis von 20 bis 30 Mark für das in der Oberfläche gemessene Quadratmeter der bebauten Grundfläche annehmen. Nach A. Rheinhard kostet ein hölzerner Überbau für Straßenbrücken mit 5 m breiter Fahrbahn für 1 m Spannweite bei leichter Fahrbahn $10 l + 120$ Mark und bei schwerer Fahrbahn $10 l + 180$ Mark und für eingleisige Eisenbahnbrücken nebst Fahrbahn $12 l + 150$ Mark ($l =$ Spannweite in Metern). Die Gesamtkosten der hölzernen Überbrückung einer Öffnung von l m Weite ergeben sich (nach Heinzerling) zu $K = a \cdot (cl^2 + bl)$, wenn man mit a den Preis eines Kubikmeters Holz (je nach der Örtlichkeit, der Bearbeitungsart und der Schwierigkeit der Aufstellung 50 bis 80 Mark), mit $c \cdot l$ den Kubikinhalte der Träger und mit b den Kubikinhalte der Brückenbahn für das laufende Meter Brücke bezeichnet. Hierzu kommt noch der untergeordnete Kostenbetrag für die eisernen Befestigungsmittel (Schrauben, Klammern, Nägel usw.).

Die Herstellungskosten eines eisernen Überbaues können überschläglich aus dem gesamten Eisengewichte ermittelt werden. Nach Köll (a. a. D. S. 1335/6) betrug bei einer größeren Anzahl ausgeführter Eisenbahnbrücken das Gesamteisengewicht für das laufende Meter und für ein Gleis

100 + 40 l bis 250 + 45 l kg bei eingleisigen Brücken,
 320 + 28 l bis 500 + 34 l kg bei zweigleisigen Brücken.

Die „Hütte“ gibt für Eisenbahnbrücken mit Blechträgern die nachfolgende Tabelle, in der g_h das Eisengewicht einer eingleisigen Brücke für Hauptbahnen und g_n das für Nebenbahnen in Kilogrammen für 1 m Stützweite bedeutet.

Tabelle V.

Stützweite	1 =	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18 m
Fahrbahn oben	$g_h =$	610	510	570	620	630	660	790	930	1020	1140	1530
	$g_n =$	610	450	500	550	560	600	700	840	950	1060	1410
Fahrbahn unten	$g_h =$	—	—	—	—	840	950	970	1090	1150	1220	1320
	$g_n =$	—	—	—	—	740	780	870	980	1060	1100	1200

Nach Engesser (Zeitschrift für Baukunde 1881 S. 66) beträgt das Gesamteisengewicht eines Quadratmeters Fahrbahn einschließlich der Hauptträger, jedoch ausschließlich einer etwa vorhandenen schmiedeeisernen Brückentafel, bei aus Balkenträgern bestehenden

Landstraßenbrücken	mit doppeltem Bohlenbelage	} $g =$	$105 + 2,31 + 0,021^2$ kg
	mit Beschotterung		$125 + 2,81 + 0,0251^2$ kg
Stadtstraßenbrücken	mit doppeltem Bohlenbelage	} $g =$	$155 + 2,71 + 0,021^2$ kg
	mit Beschotterung		$170 + 3,21 + 0,0281^2$ kg
	mit Pflasterung		$180 + 3,71 + 0,0291^2$ kg

und das Gesamteisengewicht für außerhalb der Hauptträger angeordnete Fußwegkonstruktionen (einschließlich der erforderlichen Verstärkung der Hauptträger, aber ausschließlich der Geländer) bei Landstraßenbrücken $g = 60 + 2,31 \text{ kg}$ und bei Stadtstraßenbrücken $g = 80 + 2,71 \text{ kg}$ für 1 qm.

Für das Gewicht eines Quadratmeters der schmiedeeisernen Brückentafel (Zorëseisen, Buckelplatten usw.) kann man etwa 40 bis 45 kg für leichte, 60 bis 65 kg für schwere und 80 bis 90 kg für sehr schwere Brücken in Rechnung setzen.

Das Gewicht des eisernen Überbaues ist natürlich hauptsächlich von dem Konstruktionsystem abhängig. Da im vorliegenden Leitfaden nur die Walzeisen- und Blechträgerbrücken besprochen werden sollen, so begnügen wir uns mit der Wiedergabe vorstehender Formeln.

Multipliziert man das aus diesen Formeln erhaltene Gewicht mit dem ortsüblichen Preise für 1 kg Flußeisen (einschließlich der Kosten der Verarbeitung und Verbindung der einzelnen Teile), so erhält man angenähert den Herstellungspreis des Überbaues ohne Ölfarbenanstrich und ohne Eisenbahnoberbau bzw. Fahrbahnbefestigung. Für einen zweimaligen Ölfarbenanstrich des Eisenwerkes kann man 60 bis 70 Pfennig für 1 qm rechnen. Die anzustreichende Fläche beträgt nach v. Meßsch für vollwandige Träger von h Meter Höhe $15,5 \frac{h}{1} \text{ qm}$ für je 100 kg Eisen.

Für eine überschlägliche Veranschlagung der Kosten für das Pfeiler- und Endwiderlagermauerwerk der Brücken mit hölzernem oder eisernem Überbau können für norddeutsche Verhältnisse folgende Durchschnittssätze angenommen werden:

1 cbm Fundamentmauerwerk mit Aushub 18 bis 25 Mark,
 1 cbm aufgehendes Mauerwerk in Zementmörtel je nach der Güte des Baustoffes und der Bearbeitungsart bei Verwendung von Ziegeln 22 bis 25 Mark, Klinkern 30 bis 35 Mark, Bruchsteinen 20 bis 25 Mark, Quadern aus Sand- oder Kalksteinen 60 bis 100 Mark, Quadern aus Granit oder

ähnlichem Gestein 120 bis 200 Mark, Beton (je nach dem Mischungsverhältnis) 20 bis 30 Mark. •

Die jährlichen Unterhaltungskosten (U) schwanken zwischen weiten Grenzen und werden von Jahr zu Jahr größer. Im Durchschnitt kann man bei gutem Baustoff annehmen: für gewölbte Brücken 0,3 bis 0,5 %, für Holzbrücken 2,0 bis 3,5 % und für eiserne Brücken 1,0 bis 1,5 % der Herstellungskosten des Bauwerkes, bei letzteren einschließlich Erneuerung des Anstriches. Nach den Ermittlungen einer größeren Anzahl von Eisenbahnverwaltungen betragen, wie das „Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften“ mitteilt, die durchschnittlichen jährlichen Unterhaltungskosten für das laufende Meter Öffnung: bei gewölbten Brücken 3,2 Mark, bei Brücken mit hölzernem Überbau 30,0 Mark und bei Brücken mit eisernem Überbau 7,6 Mark.

Die Erneuerung einer Brücke wird in den seltensten Fällen einen gleichen oder nahezu gleichen Kostenbetrag erfordern wie die erste Herstellung, weil sich inzwischen die Preise für den Baustoff und die Arbeitslöhne wesentlich geändert haben werden. Sicherheitshalber wird man N größer als K annehmen und kleiner nur dann, wenn sich Teile der alten Brücke beim Erneuerungsbaue wieder verwenden lassen.

Die Dauer der gewölbten Brücken ist bei guter Ausführung und sorgfältiger Unterhaltung eine fast unbegrenzte, wie die alten Römerbrücken beweisen, während Holzbrücken (von einzelnen Ausnahmen abgesehen) nur etwa 15 bis 30 Jahre halten; oft gehen sie aber schon viel früher durch Feuer zugrunde, und diese Gefahr liegt namentlich bei hölzernen Eisenbahnbrücken vor. Über die Dauer der Brücken mit eisernem Überbau fehlen genügende Erfahrungen.

Außer vom Kostenpunkt und von der Lebensdauer der Brücke ist die Wahl des Baustoffes auch häufig abhängig von den örtlichen Verhältnissen, von der Schnelligkeit der Ausführung und vom Aussehen der Brücke, von der Weite der einzelnen Öffnungen und der Art und Stärke des Verkehrs, von der Größe der Krümmung der Brückenlängsachse und

von der Größe des Schnittwinkels dieser Achse mit dem Wasserlaufe bzw. der Talsohle oder dem zu überbrückenden Verkehrswege, von der verfügbaren Konstruktionshöhe usw.

Werden bei der Herstellung von Einschnitten für eine Eisenbahn oder Straße oder bei der Ausschachtung des Bettes für einen Schiffahrtskanal brauchbare Bausteine in genügender Menge gefunden, oder befindet sich in der Nähe der Brückenbaustelle ein Steinbruch mit dauerhaftem und festem Gestein, dann wird man das Brückenbauwerk ganz in Stein ausführen, falls sich ein eiserner Überbau nicht erheblich billiger stellt. Soll die Brücke einen monumentalen Charakter erhalten (z. B. in einem vornehmen Stadtteile), dann ist sie massiv herzustellen, weil sich eine Steinbrücke mit größerem Erfolge künstlerisch behandeln läßt als eine eiserne. Bei unbeschränkter Konstruktionshöhe, und wenn das Bauwerk überschüttet werden muß, wird in der Regel eine Steinbrücke vorgezogen, desgleichen bei Eisenbahnbrücken mit sehr starkem Verkehre wegen der bequemeren Unterhaltung und des gleichartigen Oberbaues mit den Anschlußstrecken, wegen der bei guter Ausführung weniger zu befürchtenden Betriebsstörungen und der bei Zugentgleisungen weniger schlimmen Folgen, auch wegen des geringeren Verkehrsgeräusches und wegen der Möglichkeit, die Eisenbahnbetriebsmittel ohne gleichzeitige Verstärkung der Brücke verstärken zu können, weil die Größe der Verkehrslast gegenüber dem großen Eigengewicht der Steinbrücken nur von geringem Einfluß ist. Für den Überbau einer beweglichen Brücke kann Stein als Baustoff natürlich nicht in Frage kommen. Auch ist es bisher nicht möglich gewesen, Brücken mit sehr großen Öffnungen ganz massiv herzustellen. Die größte mit einem Gewölbe überspannte Öffnung besitzt die z. B. im Bau begriffene 17 m breite Brücke über das Syratal bei Blauen i. B., nämlich eine Spannweite von 90 m.

Brücken mit eisernem Überbau dagegen lassen sich mit sehr großen Öffnungen ausführen. So z. B. besitzt die Firth of Forth-Brücke eine Spannweite von nicht weniger als 521 m. Daher eignen sich eiserne Brücken besonders zur

Überbrückung großer Ströme mit sehr starkem Schiffsverkehr, auch sind sie, weil sie eine geringere Zahl von Zwischenpfeilern gestatten, den massiven Brücken überall da vorzuziehen, wo die Gründung der Pfeiler große Schwierigkeiten bereiten würde. Ist die zur Verfügung stehende Konstruktionshöhe sehr gering, lassen sich feste Gerüste nicht aufstellen, oder ist eine bewegliche Brücke von längerer Dauer herzustellen, so hat man einen eisernen Überbau zu wählen, desgleichen bei beschränkter Bauzeit, weil man die Endwiderlager und Zwischenpfeiler gleichzeitig mit dem eisernen Überbau fertigstellen kann, und weil die Aufstellung des letzteren eine geringere Zeit in Anspruch nimmt als die Mauerung und Ausrüstung der Brückengewölbe. Auch schiefe Brücken, deren Achsen sich unter einem kleineren Winkel als etwa 60° schneiden, und Brücken mit stark gekrümmter Bahn erhalten der weit geringeren Ausführungsschwierigkeiten wegen zweckmäßig einen eisernen Überbau, desgleichen solche Brücken, die voraussichtlich über kurz oder lang verbreitert werden müssen, weil sich eine Verbreiterung bei einer eisernen Brücke weit leichter ausführen läßt als bei einer massiven.

Der geringen Dauerhaftigkeit, der Feuergefährlichkeit und des ziemlich hohen Preises wegen findet das Holz zum Brückenbau in Mitteleuropa nur wenig Verwendung, während es in sehr holzreichen Ländern (z. B. in Nordamerika) hierzu viel benutzt wird. Holz ist in der Regel der geeignetste Baustoff für möglichst schnell herzustellende Brücken, z. B. für Notbrücken bei einer zerstörten Bahnlinie oder für Kriegsbrücken, auch für zeitweilige Brücken während des Umbaues einer steinernen oder eisernen Brücke sowie für Brücken über solche Wasserläufe, deren Regulierungslinie noch nicht endgültig festgestellt ist. Auch zum Bau von beweglichen Straßenbrücken ist Holz gut geeignet, dagegen kann es zum Brückenbau nicht in solchen Gegenden Verwendung finden, deren Klima eine rasche Vergänglichkeit des Holzes befürchten läßt. Hölzerne Eisenbahnbrücken sollen nach den „Technischen Vereinbarungen über den Bau und die Betriebseinrichtungen der Haupt- und

Nebeneisenbahnen“ bei Hauptbahnen nur ausnahmsweise ausgeführt werden, während sie bei Nebeneisenbahnen zugelassen sind; sie sollen aber stets gegen Feuergefährdung entsprechend geschützt werden. Manche Bahnlagen können nur dadurch rentabel gemacht werden, daß man ihre sämtlichen Brücken vorläufig ganz aus Holz oder wenigstens mit hölzernem Überbau herstellt. Im letzteren Falle sind die massiven Endwiderlager und Zwischenpfeiler so anzulegen, daß bei zunehmendem Verkehr der Bahn der hölzerne Überbau leicht und ohne erhebliche Betriebsstörungen durch einen eisernen ersetzt werden kann.

Über die Wahl des Baustoffes der End- und Zwischenpfeiler sei hier folgendes in Kürze bemerkt. Die Endwiderlager der Brücken werden fast immer in Stein ausgeführt; nur Holzbrücken erhalten, wenn sie möglichst wenig kosten sollen, bohlwerksartige Endjochs. Steinerne Zwischenpfeiler sind bei gewölbten Brücken stets, bei Fluß- und Strombrücken mit eisernem Überbau in der Regel und bei Holzbrücken nur dann zu wählen, wenn es sich nicht um einen zeitweiligen Bau handelt und die verfügbaren Geldmittel nicht zu knapp bemessen sind, auch wenn ein Ersatz des hölzernen Überbaues durch einen eisernen in Aussicht genommen ist. Eiserner Pfeiler haben vor den Steinpfeilern den Vorzug, schneller und meistens auch billiger hergestellt werden zu können, weniger zu wiegen und eines geringeren Raumes zu bedürfen, dagegen den Nachteil der geringeren Dauer und der teureren Unterhaltung. Ist der Raum knapp bemessen (z. B. bei Stadtbahnen über Straßen), soll der Baugrund möglichst wenig belastet werden, oder besitzen die Pfeiler (wie z. B. bei Talbrücken) eine große Höhe, dann wird man sie zweckmäßig aus Eisen anfertigen*).

*) Siehe Handbuch der Ingenieurwissenschaften, II. Band I. Abt. 1899 Seite 111 und 112.

Zweiter Teil.

Durchlässe.

§ 9. Allgemeines.

1. Zweck und Einteilung der Durchlässe.

Durchlässe dienen zur Durchführung von Wassergräben oder kleinen Wasserläufen (Bächen) unter Straßen, Eisenbahnen, Kanälen und Deichen oder auch zum Durchgange von Personen.

Man teilt die Durchlässe hauptsächlich ein in Röhrendurchlässe, Plattendurchlässe, offene Durchlässe und gewölbte Durchlässe. Zu den Durchlässen gehören auch die Dächer, mit denen Wasserläufe niedriger, als ihr natürliches Niveau vorschreibt, unter einen Dammkörper hindurchgeleitet werden. Mit Dohlen bezeichnet man in manchen Gegenden kleinere Plattendurchlässe. Kampenkanäle sind Durchlässe unter den Kampen von Wegeübergängen in Schienenhöhe.

Während die „Reichsstatistik für die Eisenbahnen Deutschlands“ nur solche Brücken zu den Durchlässen zählt, deren Lichtweite nicht mehr als 2,0 m beträgt, werden in anderen Ländern auch Brücken von größerer Lichtweite (in Oesterreich z. B. solche bis 12 m) dazu gerechnet.

2. Wahl der Baustelle.

An den tiefsten Stellen der Bodenoberfläche angelegte Durchlässe entwässern zwar das Gelände am besten, erhalten aber meistens eine beträchtliche Länge und müssen wegen der

großen Last der hohen Überschüttung stark konstruirt werden. Zur Verminderung der Herstellungskosten wählt man daher die Baustelle besser tunlichst dort, wo der Damm eine geringe Höhe besitzt, und am besten an der Übergangsstelle von Damm und Einschnitt.

Um eine hinsichtlich des Kostenpunktes möglichst günstige Lage des Durchlasses zu erhalten oder auch einen Durchlaß ganz zu ersparen, kann man an der Bergseite eines Dammes vorhandene Bodenvertiefungen ausfüllen und das Wasser in einem im gewachsenen Boden anzulegenden Graben um diese Auffüllung herumführen, sofern durch diese Grabenverlegung den angrenzenden Grundstücken kein besonderer Nachteil zugefügt wird.

Von Einfluß auf die Wahl der Baustelle ist natürlich auch die Beschaffenheit des Baugrundes; man wird den Durchlaß tunlichst da anlegen, wo er einfache, natürliche Gründung erhalten kann.

Rampenkanäle werden am zweckmäßigsten in Nähe des Rampenfußes angelegt, weil ihre Herstellung dann am wenigsten kostet.

3. Achse und Sohlenlage.

Die Durchlaßachse wird am besten senkrecht zur Längsachse des Verkehrsweges gewählt und zu diesem Zwecke der Wasserlauf häufig verlegt, was in der Regel ohne besondere Schwierigkeiten und ohne hohe Kosten ausführbar ist. Schiefe Durchlässe stellen sich meistens teurer als gerade wegen ihrer größeren Länge und der Schwierigkeit der Ausführung ihres Ein- und Auslaufes.

Bei einem auf geneigtem Gelände angeschütteten Damm ist das sich auf der Bergseite ansammelnde Wasser dem Tale durch einen Durchlaß zuzuführen, dessen Sohle auf ganzer Länge im gewachsenen Boden liegen muß, damit ein ungleichmäßiges Setzen des Bauwerkes vermieden wird. Bei unregelmäßig gestalteter Bodenoberfläche des Hanges ist man daher

mitunter gezwungen, die Durchlaßachse schräg zur Längsrichtung des Auftrages oder gar in einem gebrochenen Linienzuge anzuordnen, wodurch die Ausführungsschwierigkeiten und damit auch die Kosten des Bauwerkes wachsen.

Bei steilem Hange gibt man der Durchlaßsohle vom Einlauf entweder ein gleichmäßiges Gefälle, so daß der Auslauf sich in Dammfußhöhe befindet (vgl. Abb. 1 auf Tafel III), oder man gestaltet das Sohlengefälle kaskadenartig (vgl. Abb. 6 u. 11 auf Tafel II). Wann sich die eine oder die andere Anordnung empfiehlt, soll später erörtert werden. Wesentlich ermäßigen läßt sich das Sohlengefälle bei Anlage eines sog. Fallkessels am Durchlaßeinlaufe (vgl. Abb. 51 u. 52).

4. Kosten eines gewölbten Durchlasses bei verschiedener Lichthöhe.

Bei größerer Dammhöhe ist zu untersuchen, ob bei gleicher Lichtweite ein gewölbter Durchlaß mit der für die Wasserdurchführung gerade ausreichenden Lichthöhe oder ein solcher mit größerer Lichthöhe die geringeren Herstellungskosten verursacht (Abb. 22). Bei der Anordnung A erhält das Gewölbe eine größere Länge und wegen der höheren Auflast auch eine größere Stärke; bei der

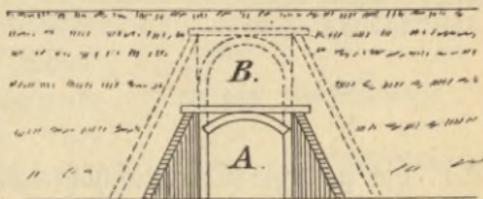


Abb. 22.

Anordnung B dagegen sind die Winkelflügel länger und wegen des größeren Erddruckes stärker zu bemessen. Um diejenige Höhe des Durchlasses zu finden, bei der die Gesamtkosten des Bauwerkes ihren Kleinstwert erreichen, hat man mehrere Projekte nach bestimmten Gesichtspunkten auszuarbeiten und deren Kosten wenigstens überschläglich zu berechnen. Kostet ein Durchlaß mit der für die Wasserdurchführung geringst zulässigen Lichthöhe (h_1) K_1 Mark, ein Durchlaß mit der

nach Maßgabe der Dammhöhe größtzulässigen Lichthöhe (h_3) K_3 Mark und ein Durchlaß mit einer dazwischenliegenden Lichthöhe (h_2) K_2 Mark, und ist K_2 kleiner als K_1 und als K_3 , so findet man die vorteilhafteste Lichthöhe angenähert durch folgende, von Ebermayer in „Nöls Enzyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens“ (S. 1156) mitgeteilte einfache Konstruktion (Abb. 23): Auf einer geraden Linie trägt man von ihrem Endpunkte A aus die drei Lichthöhen h_1 , h_2 und h_3 im beliebigen Maßstabe auf und errichtet in den

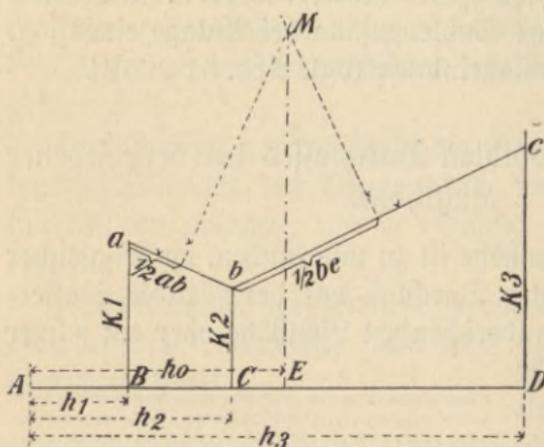


Abb. 23.

Endpunkten B, C und D derselben Senkrechte, deren Längen die zugehörigen Gesamtkosten K_1 , K_2 und K_3 in irgendeinem

Maßstabe darstellen. Fällt man aus dem Mittelpunkt M des durch a, b und c gehenden Kreises ein Lot und schneidet dieses AD in E, so ist

AE die gesuchte Durchlaßhöhe. Findet sich kein K_2 , das kleiner ist als K_1 und K_3 , so hat man die Wahl zwischen den beiden Grenzfällen zu treffen.

Bei Röhren- und Plattendurchlässen ist die Höhe allein von dem notwendigen lichten Querschnitte abhängig.

Über die Mindestlichthöhe und -lichtweite siehe § 2 und 4.

§ 10. Röhrendurchlässe.

Zur Abführung sehr geringfügiger Wassermengen kann man die unglasierten und muffenlosen, in der Regel 31,4 cm langen und 4 bis 22 cm weiten Drainröhren in einem

oder in mehreren, neben- und übereinander gelagerten Rohrsträngen verwenden (Abb. 24). Diese Röhren werden bei festem Boden unmittelbar auf diesen, bei nachgiebigem dagegen auf ein Sandbett verlegt, und zwar mit stumpfem Stoß und meistens ohne Dichtung desselben, um die Röhren gleichzeitig auch zur Entwässerung des sie umgebenden Erdreiches benutzen zu können. Oft werden sie aber auch in ein Mörtelbett gelegt und mit plastischem Ton umhüllt.

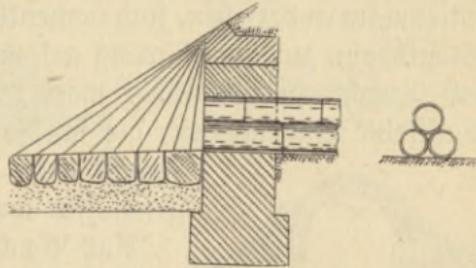


Abb. 24.

Innen und außen glasierte Tonröhren (Steingutröhren) mit 9 bis 12 cm langen Muffen, einer Lichtweite

bis zu 60 cm, einer Länge bis zu 100 cm und einer Wandstärke von durchschnittlich $\frac{1}{12}$ des Außendurchmessers werden namentlich zu Rampenkanälen benutzt. Man verlegt sie am besten auf eine Sand-, Kies- oder Schotterdecke. Die Muffen zu untermauern oder auf kleine Steinplatten zu legen, empfiehlt sich im allgemeinen nicht. Der Spielraum zwischen Muffe und Zopfende wird mit plastischem Ton oder besser mit Asphaltkitt geschlossen und die Verbindungsstelle zweckmäßig mit einem gut durchge-

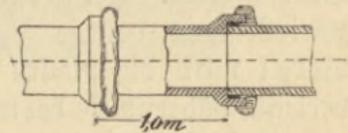


Abb. 25.

kneteten Gemenge aus zwei Teilen Ton und einem Teil Steinkohlenteer 20 bis 30 cm breit und 5 bis 10 cm hoch umhüllt (Abb. 25). Eine Dichtung mit Portlandzementmörtel ruft nicht selten Muffensprünge hervor. Meistens wird am Ein- und Auslauf dieses Röhrendurchlasses eine kleine Stirnmauer aufgeführt, die jedoch fehlen kann, wenn man die Böschung neben der Rohrmündung durch Rasen oder Pflaster befestigt. Damit die Rohre weder durch Frost noch durch die Stoßwirkung der darüber verkehrenden Fahrzeuge beschädigt

werden können, müssen sie mindestens 80 cm hoch überschüttet sein, jedoch darf die Überschüttungshöhe nicht mehr als etwa 4,0 m betragen.

Röhrendurchlässe aus halbkreisförmigen Tonschalen von 20 bis 30 cm Innendurchmesser, 40 bis 50 cm Länge und 3 bis 4 cm Wandstärke im Verband zu einer geschlossenen Röhre zusammengesetzt und meistens mit kleinen Stirnmauern versehen, sind namentlich an der Oldenburgischen Staatsbahn zur Ausführung gekommen. Zur Vergrößerung des Durchflußprofiles hat man zwischen diese „Sielziegel“ Backsteine eingeschoben, die im Verband verlegt, und deren Fugen mit Ton oder Zementmörtel geschlossen wurden (Abb. 26).

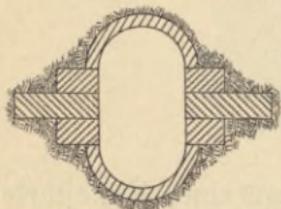


Abb. 26.

Aus Backsteinen in Zement- oder Traßmörtel sind sowohl kreisrunde Durchlässe von 30 bis 100 cm Innendurchmesser als auch ovale von 50 auf 62,5 cm bis 100 auf 125 cm lichtem Querschnitt hergestellt worden. Die Wandstärke beträgt $\frac{1}{2}$ Stein bei den kreisrunden Durchlässen bis etwa 50 cm Innendurchmesser sowie bei den ovalen kleinsten Querschnitten. Bei größerer Weite bildet man die Röhre aus zwei Ringen von je $\frac{1}{2}$ Stein Stärke. Bei tragfähigem Boden wird die Röhre in eine muldenförmige Vertiefung verlegt, während sie bei weniger festem Boden zu untermauern oder auf einer Betonunterlage anzuordnen ist. Eine Umhüllung mit Ton ist ratsam; an den Stirnen sind wiederum kleine Mauern aufzuführen.

Abb. 27 zeigt den halben Querschnitt und die halbe Ansicht eines kreisrunden gemauerten Durchlasses der Oldenburgischen Staatsbahn, und in den Abb. 28 bis 30 sind Ansicht, halber Grundriß, Längen- und Querschnitt eines kleinen ovalen Durchlasses derselben Bahn dargestellt.

Um eine möglichst glatte Innenfläche zu erhalten, hat man solche Durchlässe mit den vorbesprochenen Tonschalenstücken ausgefütert. Ist eine größere Wassermenge abzuführen, so

kann man zwei gemauerte Röhren nebeneinander anordnen und oben mit einer sattelförmigen Übermauerung vereinigen, wie die Abb. 31 bis 33 zeigen, die einen Doppelröhrendurchlaß der

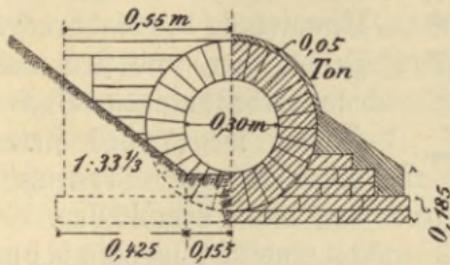


Abb. 27.

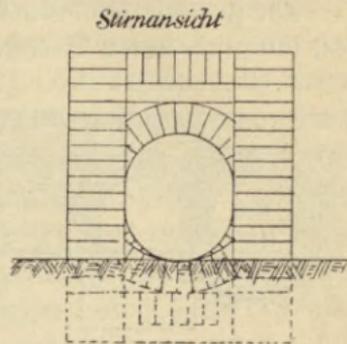


Abb. 28.

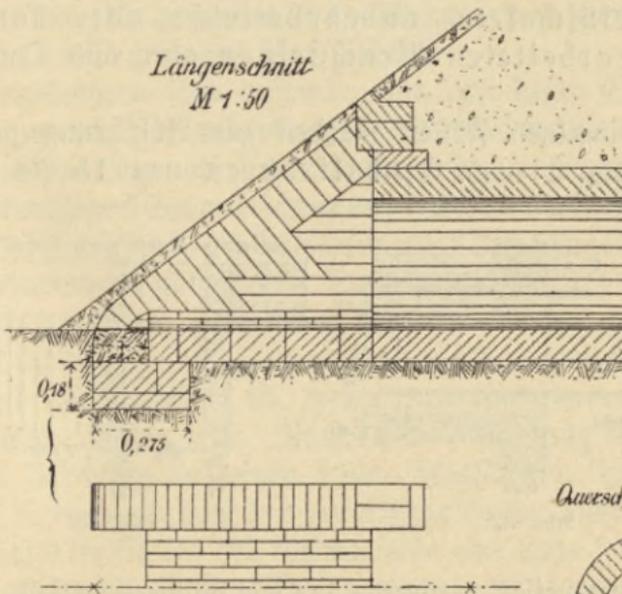


Abb. 29.

Querschnitt

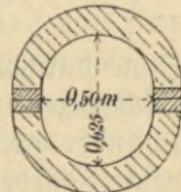


Abb. 30.

Eisenbahnlinie Duisburg = Quakenbrück darstellen (aus Heinzerling, Brücken der Gegenwart, Tafel I Abb. 28 bis 32).

Auch zu Dückeranlagen ist die röhrenförmige Bauart gewählt worden. Ein Beispiel hierzu zeigen die Abb. 1 bis 4 Brückenbau.

auf Tafel I (nach Heinz, Beiträge zum Bau der Brücken usw. Tafel VIII Abb. 43 bis 47).

Die gemauerten Röhren sind unter Eisenbahnen mindestens 40 cm und unter Straßen mindestens 20 cm hoch zu überschütten, um die schädliche Einwirkung des Raddruckes zu mildern, und stets aus wetterbeständigen Backsteinen wegen des steten Wechsels von Trockenheit und Nässe herzustellen.

Endlich kann man Röhrendurchlässe auch aus Sandsteinschalen, unbearbeiteten oder hammerrecht bearbeiteten Bruchsteinen oder aus Quadrern bilden.

In einzelnen Fällen wurden zur Abführung geringer Wassermengen auch Asphalttröhren von 15 bis 30 cm

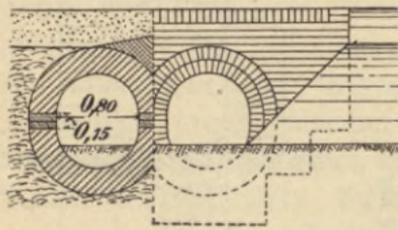


Abb. 31.

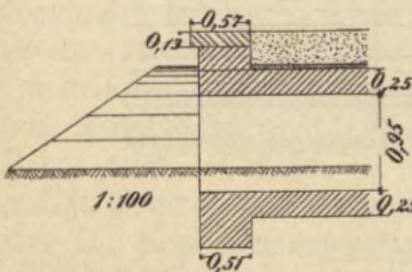


Abb. 32.

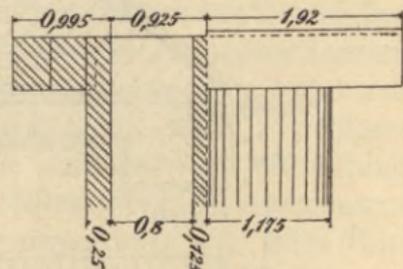


Abb. 33.

Innendurchmesser verwendet. Diese Röhren werden aus in geschmolzenem Asphalt oder Teer getränktem und um einen Zylinder gewickeltem sog. endlosem Papier hergestellt und erhalten nach dem Erfalten und Trocknen innen einen glatten Überzug und außen einen Anstrich von Asphaltmasse mit feinem Quarzsande. Die Röhren werden in der Regel stumpf gestoßen und mit einem gußeisernen Überschieber über dem Stoß versehen; der Spielraum dieser Muffe wird mit Asphalt vergossen.

Asphaltröhren haben den Vorzug, einem sehr starken Druck widerstehen zu können und ein geringes Gewicht zu besitzen.

Am häufigsten sind Röhrendurchlässe aus Zementbeton (Stampfbetonröhren) freisrunden oder eiförmigen Querschnittes (Achsenverhältnis 2:3). Sie bestehen aus einem Gemenge von 1 Raumteil Zement, 3 bis 4 Raumteilen Sand und 3 bis 8 Raumteilen Schotter und erhalten meistens eine etwa 8 mm starke wasserdichte Schicht (z. B. durch Tränkung mit Keßlerschem Zementfluat). Sie werden entweder fertig bezogen oder an Ort und Stelle angefertigt. Die freisrunden Röhren besitzen einen Innendurchmesser von 7,5 bis 100 cm, die eiförmigen einen lichten Querschnitt von 20/30 bis 100/150 cm. Die kleineren eiförmigen Röhren bestehen aus einem Stück, die größeren auch aus zwei oder vier Stücken, ausnahmsweise auch aus fünf Stücken.

Zementröhren sind imstande, die Last hoher Eisenbahndämme zu ertragen, und widerstehen den Witterungseinflüssen ebensogut wie die natürlichen Steine, sie zerbrechen aber bei ungleichmäßigem Setzen leicht an den durch die Mut geschwächten Enden und müssen daher besonders sorgfältig gelagert werden. Die Zementwarenfabrik von Dyckerhoff & Widmann in Viebrich am Rhein gibt ihren Kunden eine „Anweisung zum Verlegen von Zementröhren“, deren Beachtung dringend zu empfehlen ist, wenn man einen dauernd guten Rohrfanal erhalten will. Nach dieser Anweisung müssen die Röhren durchweg auf einen festen, tragfähigen Untergrund verlegt werden. Besteht der gewachsene Boden nicht aus Kies oder Sand, so ist auf der Grubensohle eine etwa 2 bis 3 cm hohe Schicht von scharfem Sand unter die Röhren zu bringen, damit diese mit ihrer Sohle überall satt aufliegen. Der zwischen Röhre und Baugrubenwand verbleibende Zwischenraum muß mit trocknen, guten Bodenmassen bis einige Zentimeter über Rohrhöhe in einzelnen Schichten von 15 bis höchstens 20 cm Stärke eingefüllt und nach jeder Einlage gut festgestampft werden, damit ein nachträgliches Setzen der Verfüllung verhütet wird. Kommen die Röhren ganz oder zum Teil auf

aufgeschüttetem Boden zu liegen, so empfiehlt es sich, die Schüttung zuerst vorzunehmen, damit die Zusammendrückung des Erdbodens auch auf eine entsprechende Breite seitlich des zu verlegenden Rohrstranges durch die darauf ruhende Last zuvor stattfindet. Die Verfüllung der Röhren ist auch hier schichtweise unter gutem Feststampfen vorzunehmen. Sollen indessen die Röhren vor der Verfüllung verlegt werden, so ist der lose Erdboden bis auf den festen Untergrund nicht nur unter den Röhren, sondern auch mindestens 1,0 bis 1,5 m neben denselben, und zwar je höher die Schüttung und je größer das Rohr um so breiter, zu entfernen, und bis auf Höhe der Rohrsohle durch Kies sand oder Steingrus zu ersetzen, der gut einzustampfen oder mit Wasser einzuschlämmen ist, damit die Röhren auf einer vollständig festen Bausohle aufliegen. Nach dem Verlegen der Röhren ist zu beiden Seiten des Rohrstranges eine Trockenmauer bis nahezu auf Rohrhöhe aufzuführen, die auf Rohrkämpferhöhe 20 bis 30 cm stark gewählt werden muß. Sind Steine nicht gut zu beschaffen, so ist sowohl für die Verfüllung seitlich als auch bis 20 cm über Rohrscheitel Kies sand oder eine ähnliche Bodenmasse, die nicht durch Wasser aufgeweicht und nicht nachträglich zusammengedrückt werden kann, zu verwenden und gut festzustampfen oder mit Wasser satt einzuschlämmen. Die seitliche Verfüllung ist um so breiter herzustellen, je größer der Durchmesser der Röhre ist, am besten in gleicher Breite wie der lichte Rohrdurchmesser. Die Verfüllung hat stets gleichzeitig auf beiden Seiten zu geschehen, damit der Rohrstrang durch Einstampfen auf einer Seite nicht verschoben wird.

Nach der „Anweisung“ ist die Dichtung der Stöße folgendermaßen auszuführen: Die untere Hälfte der Stumpfmuffe des bereits verlegten Rohres und die obere Hälfte der Spitzmuffe des neu zu verlegenden Rohres werden, nachdem sie mit einer Bürste und Wasser gereinigt und angefeuchtet sind, mit reinem Zement oder mit Mörtel aus 1 Raumteil Zement und 1 Raumteil reinem feinem Sand nicht zu stark verstrichen und hierauf wird das neu zu verlegende Rohr sorgfältig in die

Muffenverbindung eingeschoben. Mit einem Handbesen ist dann der aus der Muffe hervorquellende Zement abzukehren, und die Fugen sind von außen noch mit einem steifen Zementbrei nachzudichten.

Die nachfolgende Tabelle sowie die auf Seite 54 geben Aufschluß über Lichtweite, Nutzlänge, Gewicht, Wandstärke und Durchflußquerschnitt aller von der Zementwarenfabrik von Dyckerhoff & Widmann angefertigten runden und eiförmigen Zementröhren.

Tabelle VI. Kreisrunde Zementröhren.

Licht- weite	Nutz- länge	Gewicht für das laufende Meter	W a n d s t ä r k e			Durchfluß- querschnitt für das voll- laufende Profil
			am Scheitel	an den Seiten- wänden	an der Sohle	
cm	m	kg	cm	cm	cm	qcm
7,5	0,8	17		2,25		44,2
10	1,0	23		2,35		78,5
12	1,0	27,5		2,45		113,1
15	1,0	33		2,5		176,7
17,5	1,0	48,5		2,9		240,5
20	1,0	64		3,2		314,2
22,5	1,0	74		3,45		397,6
25	1,0	89		3,8		490,9
30	1,0	125,5		4,3		706,9
35	1,0	160		4,8		962,1
40	1,0	197		5,2		1256,6
45	1,0	236		5,6		1590,4
50	1,0	277		5,9		1963,5
60	1,0	371	7,5	6,3	7,5	2827,4
70	1,0	483	9,0	6,8	9,0	3848,4
80	1,0	604	10	7,8	10	5026,6
90	1,0	795	12	8,5	12	6361,7
100	1,0	944	13	9	13	7854

Für den Ein- und Auslauf werden besondere, nach dem Böschungswinkel abgechrägte Rohrstücke verwendet. Die Abb. 34 bis 38 zeigen Schnitte und Ansichten eines Stirnstückes für kreisrunde Durchlaßröhren und die Abb. 39 bis 41 Schnitte und Ansicht eines Stirnstückes für eine eiförmige

Tabelle VII. Geförmige Zementrohren.

Sichtheile cm	Stücklänge cm	Gewicht für das 100-Meter kg	S a n d f ä r t e			Durchfußquerschnitt für das voll- sanft. Profil		Strohänge Erdmasse auf 1 m Länge cbm
			am Einfuhr cm	an der Einmündung cm	an der Sohle cm	bis zur Sämpfhöhe qcm		
20/30	1,0	98	3,8	3,8	4,5	467	310	0,08548
25/37,5	1,0	138	4,5	4,5	5,5	730	484	0,13011
30/45	1,0	166	5,0	4,5	5,0	1034	680	0,17204
35/52,5	1,0	219	6,0	5,2	6,0	1407	926	0,23371
40/60	1,0	295	7,0	6,0	7,0	1838	1209	0,30612
50/75	1,0	403	8,5	6,8	8,8	2871	1890	0,46195
60/90	1,0	607	11,5	8,3	10,5	4135	2721	0,67511
60/90 einteilig	1,25	636	11,5	8,3	10,5	4135	2721	0,67511
zweiteilig	1,0	770	12,5	8,8	12	5628	3704	0,88798
70/105 einteilig	1,25	799	14	9,5	12	5628	3704	0,90917
70/105 vierteilig	1,0	947	13,5	9,7	13	7351	4837	1,1405
80/120 einteilig	1,25	1004	15	10,3	14	7351	4837	1,17387
80/120 vierteilig	0,8	1198	15,5	11	14,5	9297	6117	1,44745
90/135 einteilig	1,25	1427	17	11,5	16	11485	7558	1,75689
100/150 einteilig	—	—	18,5	12	15	11485	7558	1,77687
100/150 vierteilig								

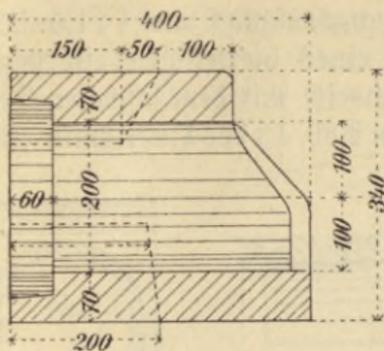


Abb. 34.

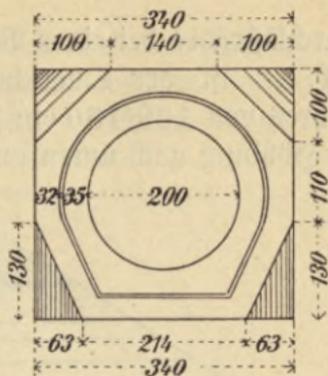


Abb. 35.

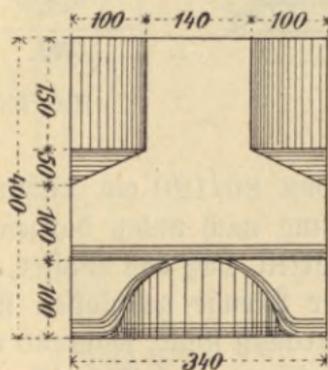


Abb. 36.

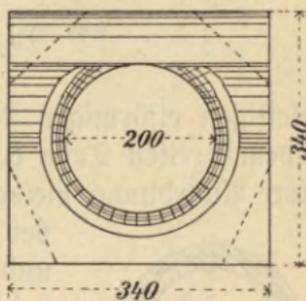


Abb. 37.

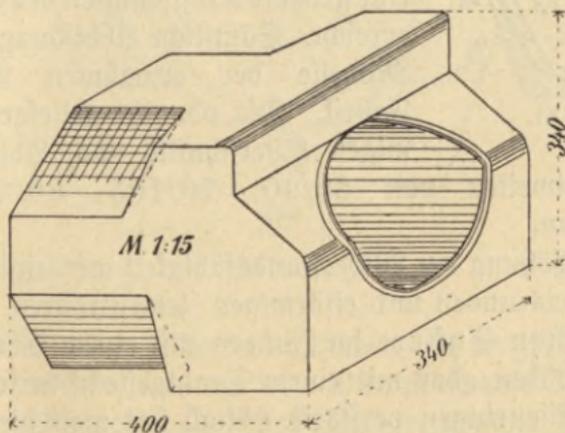


Abb. 38.

Durchlaßröhre bei einer Böschungsneigung von 1:1,5. In Abb. 42 ist der Querschnitt eines vierteiligen eiförmigen Rohres von 100/150 cm Lichtweite mit dem schmalen Teile der Höhlung nach unten und in Abb. 43 der Querschnitt eines

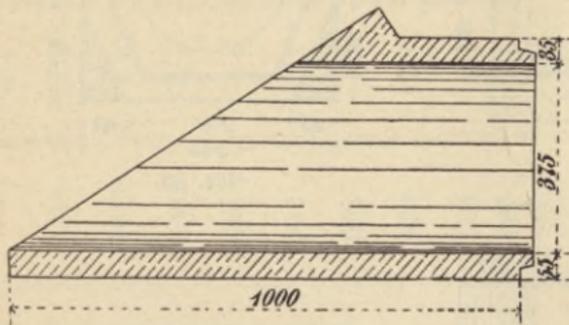


Abb. 39.

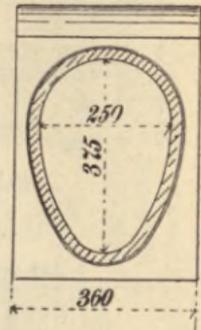


Abb. 40.

fünfteiligen eiförmigen Rohres von 80/120 cm Lichtweite mit dem breiten Teile der Höhlung nach unten dargestellt. Erstere Anordnung bietet den Vorteil, daß das Wasser auch

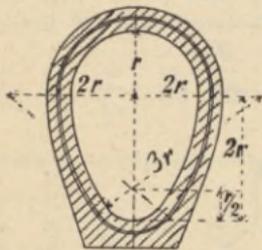


Abb. 41.

bei geringer Menge geschlossen fließt und den Durchlaß spült, während man bei der Anordnung nach Abb. 43 einen kleineren Scheiteldurchmesser und damit eine größere Tragfähigkeit des Gewölbes erreicht. Sämtliche Abbildungen zeigen Modelle der erwähnten Viebricher Fabrik. Die von ihr gelieferten eiförmigen Querschnitte nach Abb. 43 be-

stehen Lichtweiten von 60/90, 70/105, 80/120 und 100/150 cm.

Zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit werden in neuerer Zeit die kreisrunden und eiförmigen Zementröhren nach dem Monierschen System im Innern mit einem Gerippe aus Rundeisenstäben oder mit einem Drahtgeflecht versehen oder auch mit Eisenringen verstärkt. Auch hat man hier und da Röhren aus Asphaltmörtel mit Drahtgeflechteinlage verwendet.

Vielfach sind Röhrendurchlässe an Ort und Stelle aus Stampfbeton in einem Stück hergestellt worden, indem die Mischung (z. B. aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und

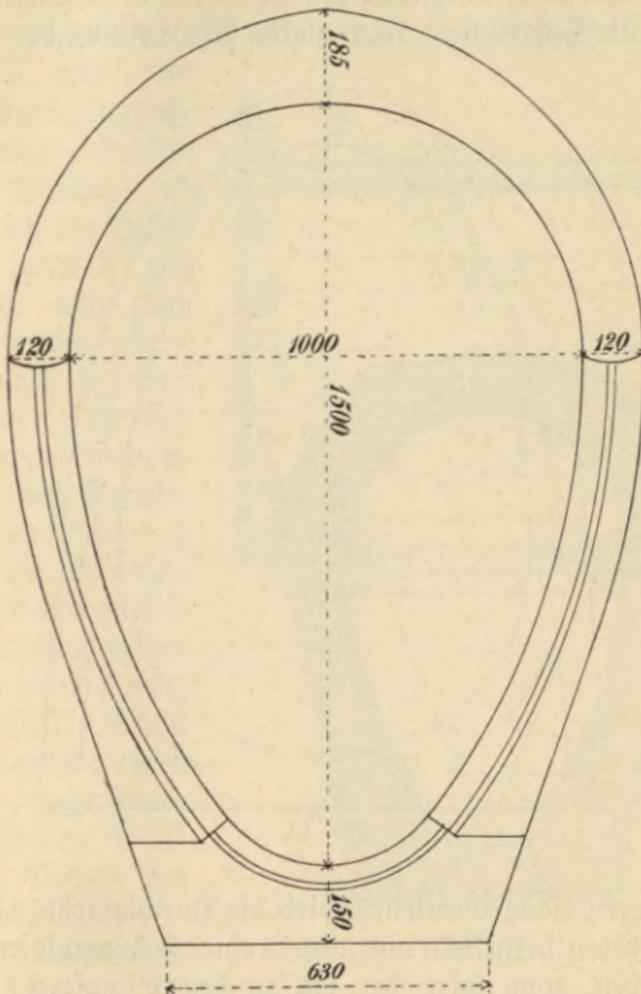


Abb. 42.

3 Teilen Kies oder Schotter) zwischen die sorgfältig ausgehobenen Erdwände und ein dem Durchflußprofil des Durchlasses entsprechendes Holz- oder Eisengerippe mit Blechüberzug (Schablone) eingestampft wurde. Solche Durchlässe werden

im Innern nur glatt gestrichen oder mit Zement abgerieben, solange die Masse noch feucht ist; ein förmlicher Zementputz ist nicht erforderlich.

Der Verfasser empfiehlt die in Abb. 44 im Querschnitte dargestellte Schablone. Nach glatter Abarbeitung der Wände

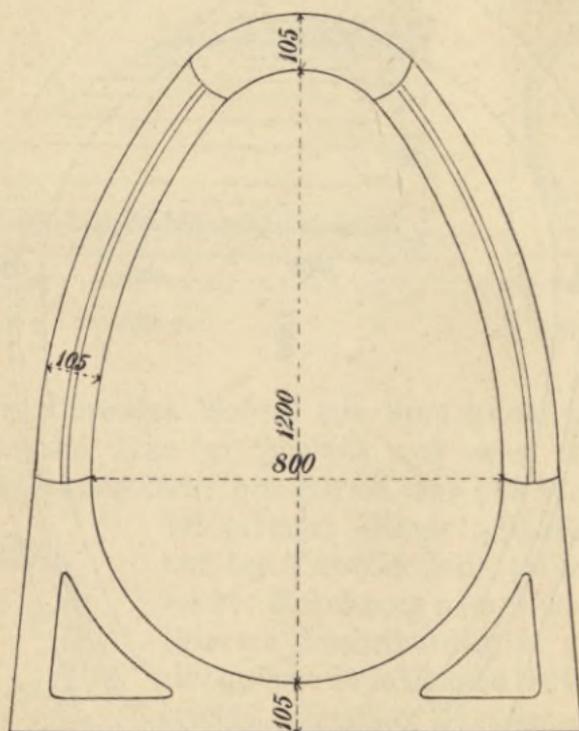


Abb. 43.

des unteren Baugrubenteiles wird die Durchlaßsohle *a b c d* in Stampfbeton hergestellt und mittels einer Lehre muldenförmig abgeglichen, dann wird der bis zu den Kämpfern *e* und *f* reichende Unterteil der Schablone aufgestellt und durch die Bohlen *I* und *II* gegen die in Schwellen eingelassenen und durch die Zange *Z* verbundenen Ständer *g* und *h* abgesteift und der Teil *c d e f* des Durchlasses fertiggestellt. Nach Entfernung der Steifen *I* und *II* werden die mit Schalbrettern ausgestatteten Lehrbögen für die Durchlaßkappe auf die von

der Quersteife III des Unterteiles der Schablone getragenen Schwellen i und k aufgesetzt und zwischen diesen und den Lehrbögen Keile angeordnet, um die Lehrbögen bei der Ausrüstung der Kappe senken zu können. Damit die Arbeiter den Beton bequem einbringen und feststampfen können, werden hierauf

zunächst nur die bogenförmig ausgeschnittenen Bohlen (oder Bretter) m und n an die Ständer g und h geschraubt und mit Schalbrettern versehen, und es wird dann der Durchlaß bis etwa zur Linie op, weiter nach Befestigung der Bohlen q und r bis etwa zur Linie uv und endlich nach Befestigung der Bohlen s und t ganz fertiggestellt. Besitzt die Baugrube einen lockeren, nicht standfesten Boden, so ist sie vor Beginn der Betonschüttung gehörig abzusteißen (vgl. § 15).

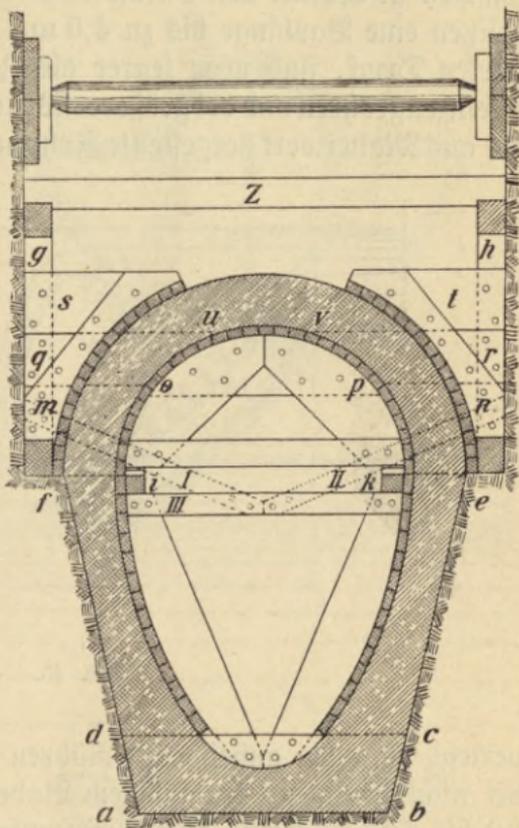


Abb. 44.

Die von der Bayerischen Staatsbahn mehrfach ausgeführten Betondurchlässe in Eisform und mit dem breiten Teile der Höhlung nach unten besitzen bei einer Lichtweite von 80/120 cm eine Wandstärke von 15 bis 20 cm und bei einer Lichtweite von 100/150 cm eine Wandstärke von 18 bis 25 cm (Abb. 45).

Zu Röhrendurchlässen unter hohen Dämmen oder mit niedriger Überschüttung oder mit starkem Gefälle, auch zu Dückeranlagen und zu Durchlässen, die in kürzester Zeit hergestellt werden müssen, benutzt man zweckmäßig gußeiserne Muffenröhren mit Asphaltüberzug. Diese Röhren kommen in Weiten von 30 bis 100 cm zur Verwendung und besitzen eine Baulänge bis zu 4,0 m. Sie widerstehen einem starken Druck, sind aber teurer als Zement-, Steingut- und Steinzeugröhren und bei größerer Weite als 100 cm auch teurer als aus Mauerwerk hergestellte Röhren. Bei festem Baugrund

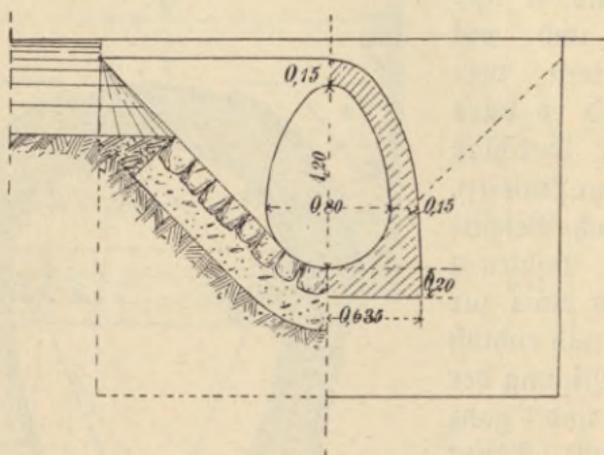


Abb. 45.

verlegt man die gußeisernen Röhren unmittelbar auf diesen; bei nicht genügend tragfähigem Boden gibt man ihnen eine 50 bis 100 cm starke, festeinzustampfende Unterlage von Kies oder Schotter (Abb. 46 bis 48) oder eine Betonunterlage, oder man ordnet unter den Muffen kleine Backstein- oder Bruchsteinpfeiler an, die man bis auf den festen Baugrund hinabführt, oder man legt die Röhren bei wasserhaltigem Boden auf eine Art hölzernen Schwellrost (Tafel I Abb. 5 bis 7). Als Seitendurchlaß legt man die Gußeisenröhren einfach unter die Rampe. Bei Durchlässen unter Dämmen kann man, festen Boden vorausgesetzt, die Böschung am Ein- und

Auslaufe durch eine Steinpflasterung befestigen (Abb. 47 und 48), oder auch am Auslaufe das Rohrende über den Dammsfuß hinaus verlängern. Meistens aber, und bei schlechtem Boden stets, wird eine kleine Stirnmauer angeordnet, um eine Unterwaschung zu verhüten (Abb. 49 und 50).

Die Dichtung der Muffen erfolgt durch Einlage eines geteerten Hanfstrickes in mehreren Windungen und durch Blei, das durch eine obere Einflußöffnung eines dicht vor der Muffe um das Rohr gelegten Ringes aus plastischem Ton eingegossen und dann durch Verstemmen fest gegen die Rohrwandungen gepreßt wird. Die Abb. 5 bis 7 auf Tafel I stellen

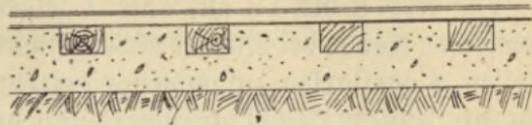


Abb. 46.

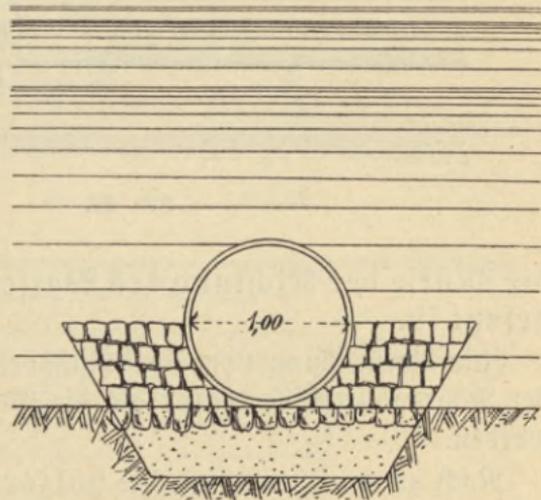


Abb. 47.

den Längen- und Querschnitt der Unterdückerung des Wallgrabens bei Datteln am Kanal von Dortmund nach den Emshäfen dar, die aus 85 cm weiten, 4 m langen, auf 20/20 cm starken Lang- und Querschwellen ruhenden Gußeisenröhren

besteht, und deren Ein- und Auslauf Schächte von 2,0 m Weite bilden mit 0,78 m tiefem Schlammfang.

Die Abb. 8 bis 13 auf Tafel I zeigen Einzelheiten des an demselben Kanal bei Riesenbeck hergestellten Dückers aus 1,0 m weiten, 1 cm starken, zusammengenieteten Flußeisenröhren, die mit heißem Leinöl grundiert und dreimal mit einem Gemisch aus Steinkohlenteer und Terpentin angestrichen wurden.

Bei Verwendung von Muffenröhren (aus Gußeisen oder Ton usw.) ist stets darauf zu achten, daß

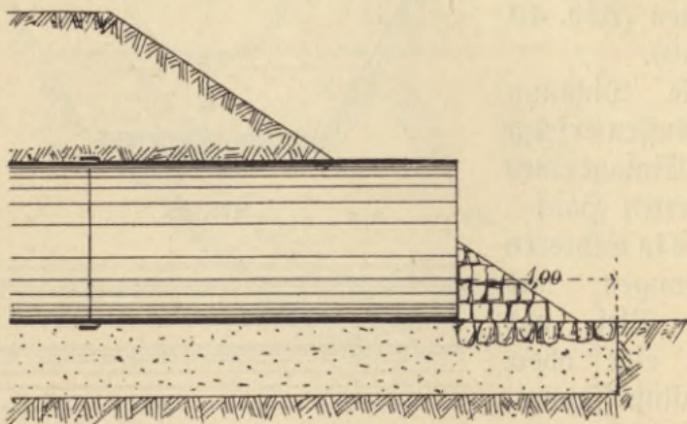


Abb. 48.

die Muffe der Richtung des Wasserlaufes entgegengesetzt ist.

Zur Vermeidung von Vorflutschäden muß die Unterkante der Röhrendurchlässe tiefer als die Grabensohle angeordnet werden.

Noch zu erwähnen sind die hölzernen Röhrendurchlässe, die jedoch nur ausgeführt werden können, wenn das Holz beständig feucht liegt; andernfalls haben sie nur eine geringe Dauer. Ihre Herstellung empfiehlt sich nur bei wenig tragfähigem Boden oder bei großem Zeitmangel. Entweder verwendet man in ihrer Längsachse durchbohrte Baumstämme von etwa 3,5 bis 4,0 m Länge mit 5 bis 20 cm weiter

Aushöhlung und 2 bis 5 cm Wandstärke oder viereckige Rasten aus Eichenholzbohlen von 5 bis 8 cm Stärke (= etwa $\frac{1}{6}$ der

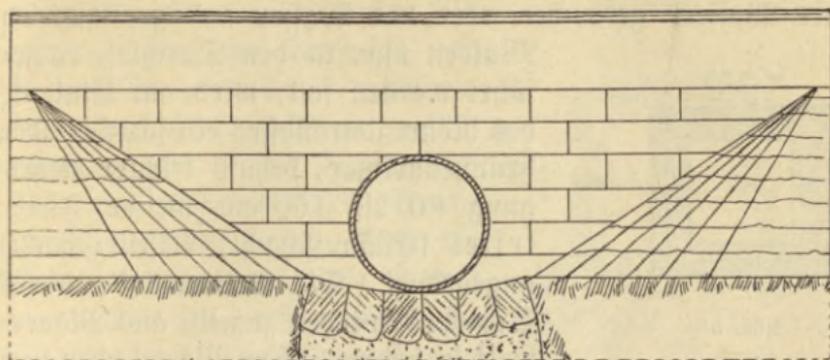


Abb. 49.

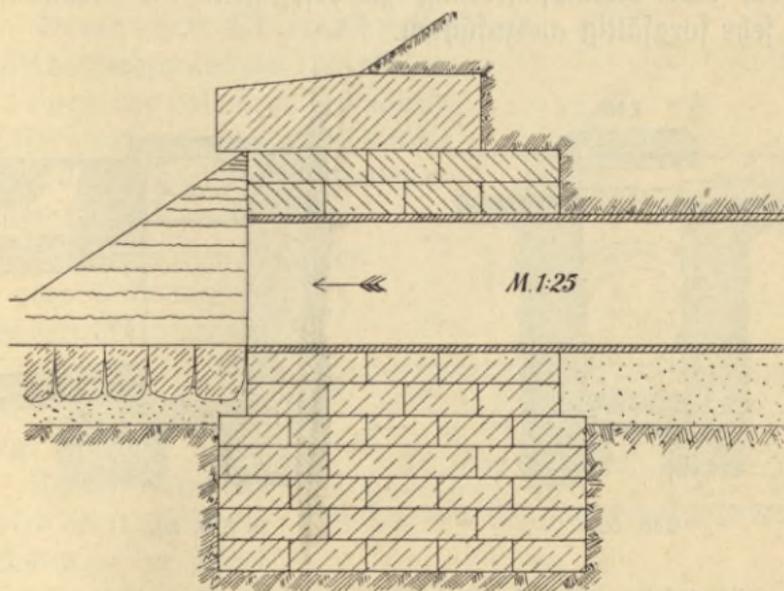


Abb. 50.

Lichtweite), die zusammengenagelt oder besser mit Schwalbenschwanzblatt verbunden, oft auch in Entfernungen von 1,5 bis 2,0 m mit 6 bis 10 cm breiten und 3 bis 5 cm starken

Leisten verstärkt und mittels eiserner Bänder umschlossen werden (Abb. 51).

Wenn das Gelände es erfordert, oder wenn die Gewalt des Wassers gebrochen oder das Wasser aus gepflasterten Mulden usw. in den Durchlaß eingeführt werden soll, wird am Einlaufe des Röhrendurchlasses ein schacht- oder brunnenartiger, behufs leichter Reinigung 80 bis 100 cm weiter Fallkessel (Einlausschacht, Absturzschacht) angeordnet. Die Seitenwände dieses Schachtes werden zumeist aus Mauerwerk in hydraulischem Mörtel oder auch aus Stampfbeton hergestellt; das Sturzbett ist zweckmäßig durch eine Steinpflasterung zu befestigen; die Gründung ist sehr sorgfältig auszuführen.

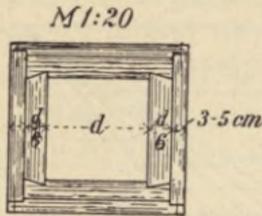


Abb. 51.

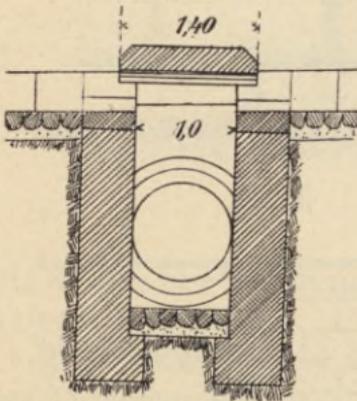


Abb. 52.

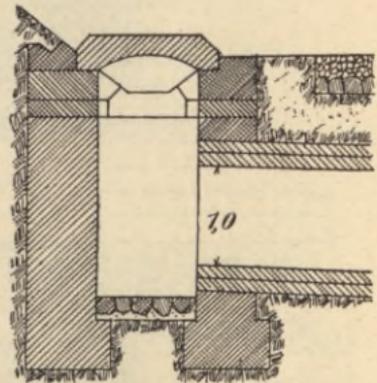


Abb. 53.

Führt das abzuleitende Wasser Sinkstoffe mit sich, dann erhält die Kessellohle einen Schlammfang von mindestens 30 cm Tiefe (Abb. 52 und 53). Die obere Öffnung wird mit einem Rost oder mit einer Steinplatte in der Weise bedeckt, daß das Wasser unter dieser in den Fallkessel fließen kann.

§ 11. Plattendurchlässe.

Aus 5 bis 8 cm starken Platten natürlichen Gesteins lassen sich Durchlässe viereckigen Querschnittes mit einer Lichtweite von etwa 25 bis 50 cm bilden, wie die Abb. 54 und 55 zeigen. Um ein Versacken des kleinen Bauwerkes zu verhüten, legt man die Fußplatten auf ein etwa 50 cm hohes Fundament, das aus unbearbeiteten Bruchsteinen bestehen kann. Statt die Seiten- und Deckplatten stumpf aneinander zu stoßen und ihre Stoßfugen mit glatten Steinen zu überdecken, kann man auch eine Überfalzung wählen (Abb. 56).

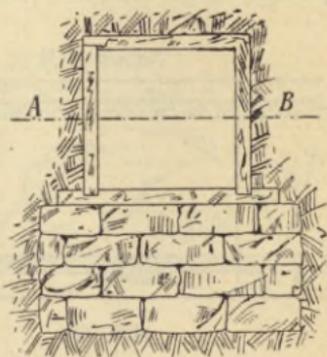


Abb. 54.

Gemauerte Plattendurchlässe bestehen aus zwei parallelen, in einem der Lichtweite des Durchlasses gleichen Abstände von 0,4 bis etwa 1,0 m (höchstens 1,25 m) voneinander über einem Fundament aufgeführten Wangen-

oder Widerlagsmauern verschiedenen Querschnittes, über die Steinplatten gelegt sind.

Das Fundament wird bei tragfähigem Boden in der Regel aus Bruchsteinmauer-

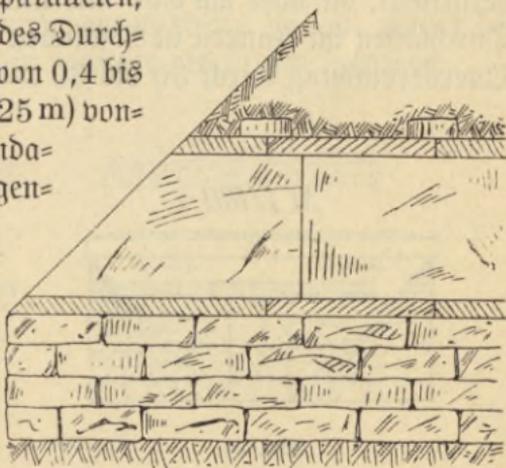


Abb. 55.

werk in Traß- oder Zementmörtel, auch aus Beton, seltener aus Ziegelmauerwerk hergestellt und wenigstens am Ein- und Auslauf des Durchlasses bis auf etwa 1,0 m Länge 80 bis 100 cm unter die Bodenoberfläche hinabgeführt, damit seine Sohle frostfrei liegt. Im Innern des Durchlasses genügt

eine Fundamenttiefe von 50 bis 60 cm. Bei schlechtem Baugrunde ist für eine angemessene Verbreiterung des untersten Fundamentabsatzes zu sorgen oder eine Schwellrost- oder Pfahlrostgründung, unter Umständen auch eine Brunnengründung zu wählen (siehe § 18 bis 20). Besitzt der Durch-

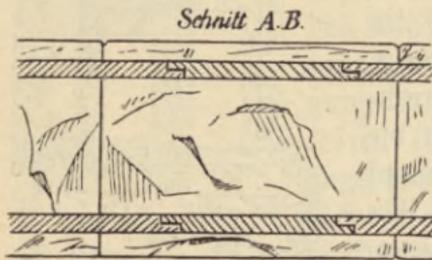


Abb. 56.

laß eine geringere Lichtweite als etwa 80 cm, oder ist bei größerer Lichtweite der Baugrund wenig tragfähig, oder muß die Durchlaßsohle ein starkes Gefälle erhalten, so gibt man den beiden Wangenmauern zweckmäßig ein gemeinsames Fundament

(Abb. 57 bis 60), andernfalls werden getrennte Fundamente hergestellt, die aber am Ein- und Auslaufe sowie bei längeren Durchlässen im Innern in Abständen von etwa 6 bis 8 m eine Querverbindung durch 50 bis 60 cm hohe und ebenso starke

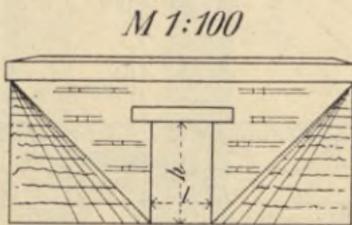


Abb. 57.

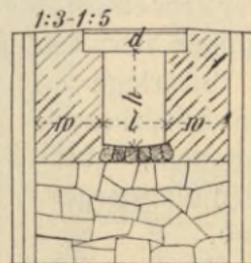


Abb. 58.

sogenannte Herdmauern (Tafel II Abb. 1) erhalten müssen, um Unterwaschungen der Sohle zu verhüten (siehe weiter unten).

Die Wangenmauern bestehen meistens aus Bruchstein- oder Backsteinmauerwerk in hydraulischem Mörtel, seltener, weil zu teuer, aus Quadermauerwerk. Sie erhalten stets

senkrechte Innenflächen, während sie außen senkrecht oder von oben nach unten allmählich oder in einzelnen Absätzen zunehmend (bei Backsteinmauern um je $\frac{1}{4}$ Stein) hergestellt werden können. Ihre mittlere Stärke kann (nach Heinzer-

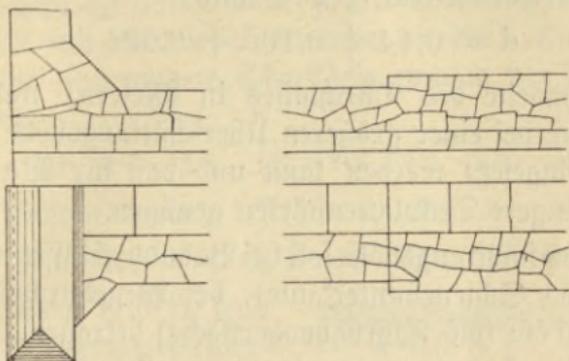


Abb. 59.

ling) zu $w = 0,3 + 0,4 h$ Metern ($h =$ Mauerhöhe über dem Fundament) angenommen werden; sie soll jedoch bei Bruchsteinmauerwerk nicht weniger als 60 cm betragen.

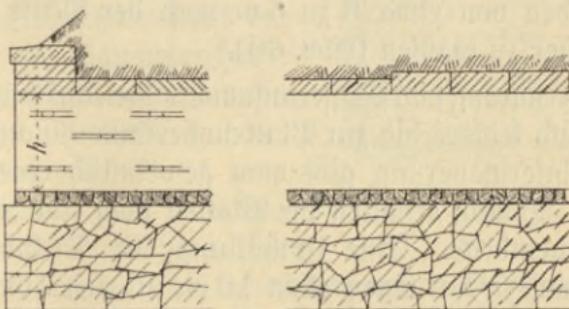


Abb. 60.

Die Dicke der aus natürlichem Gestein bestehenden Deckplatten wählt man zweckmäßig zu

$d = 0,10 + 0,20 l$ Meter bei einer Übersättungshöhe von $h < 1,5$ m und

$d = 0,12 + 0,24 l$ Meter bei einer Übersättungshöhe von $h \geq 1,5$ m.

Ebermayer gibt für Bahndurchlässe folgende Formeln:
bei mittelhartem Gestein

$$d = 0,18 + 0,121 + 0,03 \sqrt{h}$$

bei sehr hartem Gestein (z. B. Granit)

$$d = 0,14 + 0,101 + 0,025 \sqrt{h}$$

(d = Lichtweite des Durchlasses in Metern) und bemerkt hierzu, daß bei einer größeren Überschüttungshöhe als 16 m $h = 16$ eingesetzt werden kann und daß für Wegedurchlässe geringere Deckplattenstärken genügen.

Die Überschüttungshöhe soll bei Bahndurchlässen mindestens 80 cm (bis Schienenunterkante), bei Wegedurchlässen mindestens 30 cm (bis Fahrbahnoberfläche) betragen.

Die Platten sollen 0,25 l bis 0,30 l weit aufliegen; demnach ist die Länge mit 1,5 l bis 1,6 l zu bemessen. Die Platten brauchen nicht auf allen Flächen rein bearbeitet zu sein, sondern es genügt, wenn sie nur ebene Lagerflächen und schließende Stoßfugen besitzen. Unter höheren Dämmen ist ihre Stärke in Abständen von etwa 6 zu 6 m nach der Mitte hin um je 5 cm größer zu wählen (Abb. 60).

Zur Verhütung von Wasseransammlungen auf den Wangenmauern sind letztere bis zur Plattenoberkante hinaufzuführen. Dieser Hintermauerung gibt man gewöhnlich eine Neigung von 1 : 3. Häufig erhalten die Platten noch eine 2 bis 3 cm starke Zementdecke. Eine Umhüllung der Deckplatten und Wangenmauern mit einem etwa 10 cm starken Tonschlag hält Heinzerling für unzweckmäßig, weil dadurch die Feuchtigkeit im Mauerwerk dauernd zurückgehalten wird.

Um schwächere und kürzere Deckplatten verwenden zu können oder bei einer bestimmten Stärke und Länge der Platten eine größere Lichtweite des Durchlasses zu erzielen, werden die Wangenmauern oben um $\frac{1}{8}$ l bis $\frac{1}{10}$ l ausgekragt (Tafel II Abb. 4 und 5) oder mit besonderen, am hinteren Ende einzuspannenden (zu belastenden) Kragsteinen für die Plattenauflagerung versehen (siehe Abb. 66).

Die von der Aktiengesellschaft für Monierbauten, vormals G. A. Wayß & Co. zu Berlin in den Handel gebrachten Zementplatten mit Eiseneinlage nach System Monier widerstehen einer in ihrer Mitte wirkenden Einzelast von 7500 kg und können zur Überdeckung von Durchlässen bis 2,6 m Lichtweite verwendet werden. Diese Platten besitzen eine abgerundete Oberfläche und in der Mitte eine Stärke von

$d = 9 \quad 12 \quad 14 \quad 16 \quad 18 \quad 20 \quad 22 \quad 23 \quad 25 \quad 26 \text{ cm}$

bei einer Lichtweite von

$l = 0,8 \quad 1,0 \quad 1,2 \quad 1,4 \quad 1,6 \quad 1,8 \quad 2,0 \quad 2,2 \quad 2,4 \quad 2,6 \text{ m.}$

An den Enden sind sie halb so stark. Die geringste Überschüttungshöhe soll bei Wegedurchlässen 50 cm betragen und die geringste Auflagerlänge gleich der Stärke der Plattenenden sein. Abb. 61 zeigt den Querschnitt eines in der Nähe von Hannover hergestellten, mit Monierplatten überdeckten Durchlasses von 1,5 m Lichtweite.

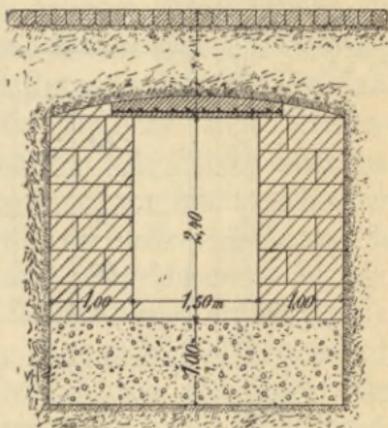


Abb. 61.

Verwendet man Platten aus natürlichem Gestein, so kann der Durchlaß selbst bei ausgefragtem Wankenmauerwerk keine größere Lichtweite als etwa 1,25 m erhalten, weil man sonst außergewöhnliche Plattenstärken wählen müßte. Ist ein größerer Durchflußquerschnitt erforderlich, so muß man entweder einen Plattendurchlaß mit zwei oder mehreren Öffnungen oder einen überwölbten Durchlaß herstellen. Die Weite der einzelnen Öffnungen wird dann passend zwischen 60 und 100 cm und die Stärke der Zwischenmauern wegen der Plattenauflagerung mindestens $= \frac{1}{2} l$ gewählt. Ein doppelter oder dreifacher Durchlaß ist jedoch nur bei beschränkter Konstruktionshöhe

einem überwölbten vorzuziehen. Abb. 62 bis 64 stellen einen aus Bruchsteinmauerwerk aufgeführten Doppeldurchlaß der Gottshardbahn dar.

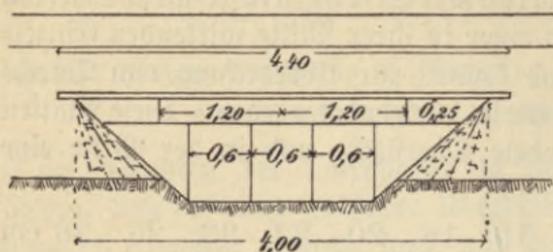


Abb. 62.

Das Gefälle der Durchlaßsohle soll mit dem der Grabensohle übereinstimmen, jedenfalls aber nicht schwä-

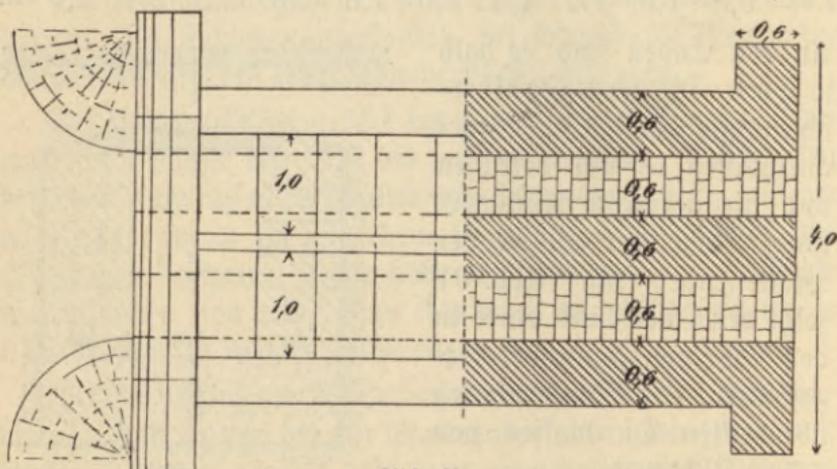


Abb. 63.

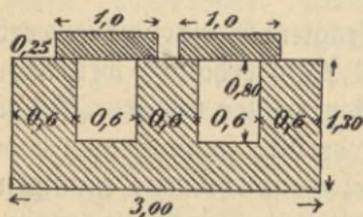


Abb. 64.

cher als 1:100 sein, um eine Ablagerung von Sinkstoffen im Innern des Durchlasses tunlichst zu verhüten. Die Sohle erhält eine ebene oder besser eine muldenförmige Oberfläche. Besitzen beide Wangenmauern ein gemeinsames Fundament, so bildet

dieses die Durchlaßsohle (Abb. 64); es empfiehlt sich aber, diesen Teil des Fundamentes noch durch einen Plattenbelag oder ein unmittelbar aufgesetztes, je nach dem zu erwartenden

Wasserangriff 15 bis 25 cm hohes Kopfsteinpflaster (aus zer Schlagenen Findlingen) zu befestigen (Abb. 58), weil die Sohle dann selbst bei einem sehr starken Gefälle der Gewalt des herabstürzenden Wassers standzuhalten vermag und nicht unterspült werden kann. Plattenbelag und Pflaster sind natürlich in hydraulischen Mörtel zu verlegen. Bei getrennten und an einzelnen Stellen durch Herdmauern verbundenen Fundamenten wird die Sohle aus einem muldenförmigen Steinpflaster auf Sand- oder Kiesbettung gebildet, dessen Fugen mit Traß- oder Zementmörtel zu schließen sind. Dieses Pflaster ist zwischen den Fundamenten und Herdmauern so herzustellen, daß sich seine Oberfläche in gleicher Höhe mit der Oberfläche der Herdmauern befindet (Tafel II Abb. 1). Die Herdmauern werden, damit das Wasser ohne jede Störung abfließen kann, mit einer der Pflastermulde entsprechend ausgehöhlten Steinplatte oder mit einer muldenförmigen Klinkerrollschicht in Zementmörtel abgedeckt. Die Steine einer ununterbrochen, also über die Herdmauern hinweggeführten Steinpflasterung können, namentlich bei starkem Sohlongefälle und großem Wasserandrang, leicht fortgeschwemmt werden.

Die Wangenmauern werden in der Regel an der Stelle, wo der Deckplattenbelag aus der Dammböschung heraustritt, mit zur Böschungskante parallellaufenden und daher bei schiefen Durchlässen mit den Wangenmauern je einen spitzen und einen stumpfen Winkel bildenden Flügeln (Parallelflügeln, Stirnflügeln) abgeschlossen, die entweder genau in der vorderen Widerlagerflucht liegen oder etwas vor diese vortreten, bzw. hinter sie zurückspringen und sich so weit erstrecken, wie es die sich gegen sie legenden, mit Rasen oder Steinpflasterung zu befestigenden Böschungskegel erfordern (Abb. 57, 59, 62 und 63, auch Tafel II Abb. 1 bis 3). Diese Parallelflügel besitzen lotrechte, bei größerer Höhe auch nach außen um $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{12}$ geneigte Vorderflächen und lotrechte oder abgetreppte Hinterflächen und werden aus Quadern, Bruchsteinen oder Ziegeln in Zementmörtel in gleicher Stärke (bei kleineren Durchlässen gleich der der Wangenmauern) oder nach

den Enden hin allmählich oder absatzweise schwächer werdend hergestellt. Man deckt sie wie die Stirnen des Durchlasses mit 12 bis 20 cm starken Steinplatten ab, die etwas vorspringen und zweckmäßig oben einen kleinen Absatz (Erdfhakens, Abb. 65) zur Verhinderung eines Abrutschens der Dammböschung, unten eine Wassernase erhalten. Auch Kollschichten aus hartgebrannten Backsteinen werden viel und namentlich, wenn die Flügel aus Ziegelmauerwerk bestehen, zur Abdeckung verwendet und in der Regel behufs Abwässerung mit einer im Mittel unter 1:3 geneigten und mit Zementmörtel verputzten Hintermauerung versehen.

Parallelfügel mit Böschungskegel, die auch bei gewölbten Durchlässen, Wegeunter- und -überführungen, Bach-, Fluß- und Talbrücken viel angewendet werden, bieten den Vorteil einfacher Aus- führung, geringen Materialaufwandes und eines sehr günstigen Wasserzu- und -abflusses. Da sie aber leicht, namentlich bei tonigem Boden, durch den Druck des sich setzenden Dammkörpers nach außen geschoben werden können, so ist ihr Anschluß an die Wangenmauern besonders sorgfältig herzustellen und eine Abschrägung oder Ausrundung der Ecken vorzunehmen (Abb. 59 und Tafel II Abb. 2), auch empfiehlt es sich, zwischen ihnen eine Steinpackung anzuordnen.

Der auf ihnen ruhenden Brüstungen und Gesimse wegen wählt man ihre obere Stärke auch an den Enden nicht schwächer als etwa 60 cm.

Bei hohem Damme oder größerer Lichthöhe des Durchlasses als etwa 4,0 m sind jedoch Winkelfügel (Böschungs- flügel, Abb. 66 bis 68) empfehlenswerter. Über die Kon- struktion dieser Flügel siehe § 13.

Liegt der Einlauf eines Plattendurchlasses an einem Hang (im Einschnitte), so können die Winkelfügel in unmittelbarer Fortsetzung der Wangenmauern oder etwas zurückspringend

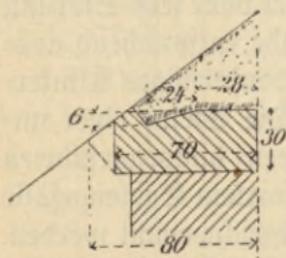


Abb. 65.

und einen Fallkessel bildend (vgl. § 10) dem Grabenprofil entsprechend bis zum ansteigenden Gelände durchgeführt und an der Bergseite durch eine niedrige, die Grabenrückwand bildende oder den abgepflasterten Fuß des Hanges, bzw. eine das Wasser auf dem Hange abwärts führende Pflastermulde stützende Futtermauer miteinander verbunden werden. Die Abb. 69 bis 71 zeigen entsprechende, bei der Österreichischen Südbahn zur Ausführung gekommene Konstruktionen.

Zur Vergrößerung der Einlauföffnung kann man die Deckplatten fragsteinartig übereinander verlegen. Bei niedrigen Aufträgen erreicht man hierdurch einen guten Abschluß des Dammkörpers (Abb. 69).

Besitzt die Durchlaßsohle ein größeres Gefälle, so führt man die Wangenmauern zweckmäßig derart auf, daß die lichte Höhe des Durchlasses überall die gleiche ist. Bei einem schwächeren Gefälle der Sohle als etwa 1:20

werden aber Stirn- und Parallelschlügel wagerecht gemauert. Zur Verhütung einer Rutschung des ganzen Bauwerkes bei stark geneigter Sohle oder schlüpfriger Bodenart (z. B. Ton) ist das Fundament mit kräftigen, hakenförmigen, in den gewachsenen Boden eingreifenden Abfäßen zu versehen (Abb. 72, Österreich. Südbahn) oder treppenförmig anzulegen.

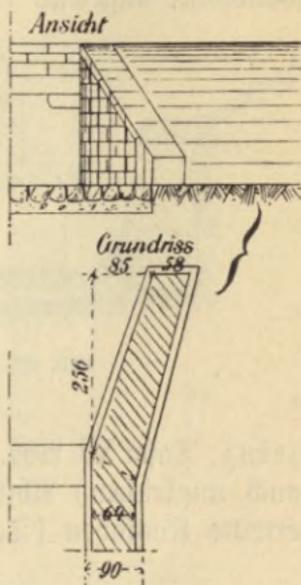


Abb. 66 u. 67.

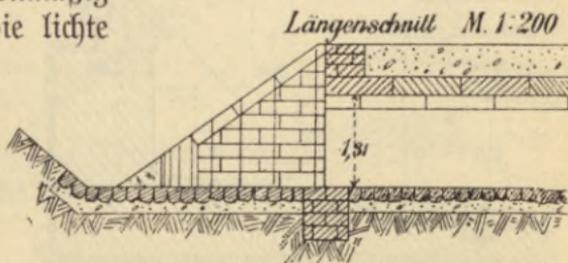


Abb. 68.

Statt eines Durchlasses mit geneigter Sohle hat man bei abhüßigem Gelände (über etwa 1:10) auch wohl einen sog. Kaskadendurchlaß, mit Platten abgedeckt oder auch überwölbt, angelegt. Ein solcher Durchlaß besitzt entweder

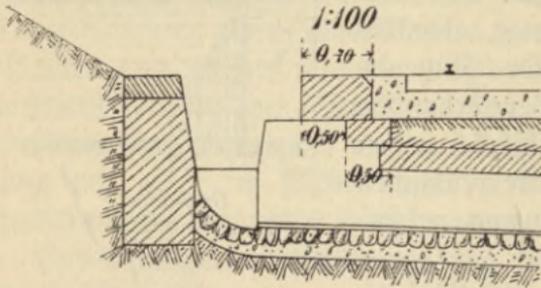


Abb. 69.

nur an einer Stelle eine treppenförmige, im übrigen aber eine schwach geneigte Sohle, wenn nämlich das Gelände nur auf einem Teil des Durchlasses steil abfällt (Tafel II Abb. 6 bis 10, nach

Heinz, Tafel VI Abb. 29 bis 33), oder mehrere in gleichen (auch ungleichen) Abständen auf die ganze Durchlaßsohle verteilte Kaskaden (Tafel II Abb. 11 und 12).

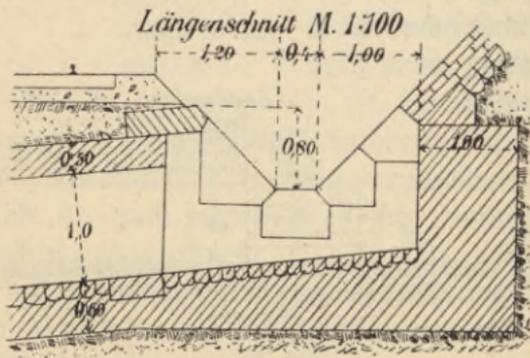


Abb. 70.

Kaskadendurchlässe haben zwar den Vorzug, daß ihre treppenförmige Sohle die Geschwindigkeit des durchfließenden Wassers ermäßigt und Unterspülungen, die bei ebener Durchlaßsohle namentlich am Auslauf zu erwarten

sind, verhütet oder wenigstens erschwert (Bodenabspülungen am Unterhaupt sind um so weniger zu befürchten, je kürzer die Länge der einzelnen Kaskadenteile gewählt wird), sie stellen sich aber wegen der schwierigeren Ausführung und des größeren Materialaufwandes, und weil die Sohle am Kaskadenfuße zur

Vermeidung von Auswaschungen eine besonders gute Befestigung verlangt, in der Regel teurer als Durchlässe mit geneigter Sohle und können, wenn sie mehrere Kastaden be-

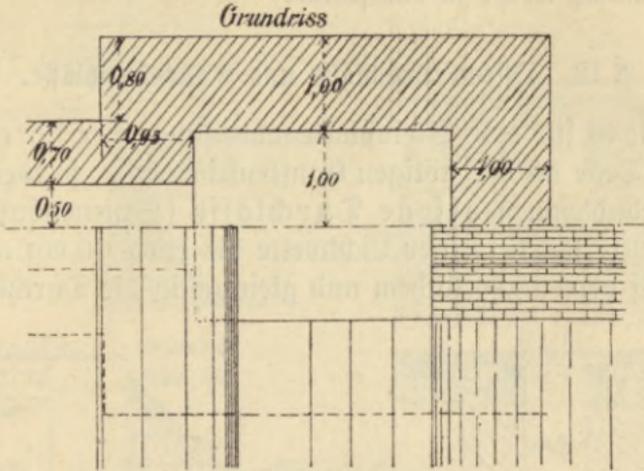


Abb. 71.

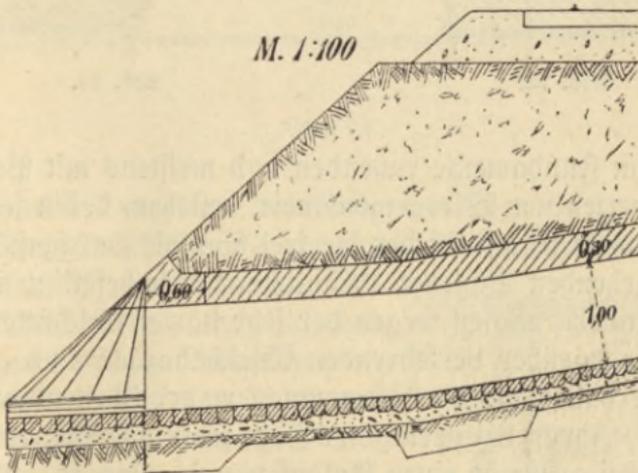


Abb. 72.

stehen, nur schwer oder auch gar nicht gereinigt werden. (Um Verstopfungen durch Sinkstoffe möglichst zu verhüten, ist am Oberhaupt [Einlauf] stets ein Fallkessel mit Schlammfang

anzuordnen.) Endlich können die Kaskaden auch zu ungleichem Setzen des Mauerwerkes Veranlassung geben und im Winter durch Eisbildung leicht verstopft werden. Kaskadendurchlässe sind demnach nicht zu empfehlen.

§ 12. Offene Durchlässe und Balkendurchlässe.

Fehlt es für eine Steinplattenabdeckung oder für eine gewölbte Decke an der nötigen Konstruktionshöhe, so werden in Eisenbahndämmen offene Durchlässe (Schienendurchlässe) hergestellt, die bei einer Lichtweite bis etwa 60 cm nur aus zwei auf gemeinschaftlichem und gleichzeitig die Durchlaßsohle

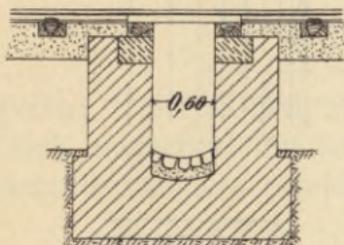


Abb. 73.

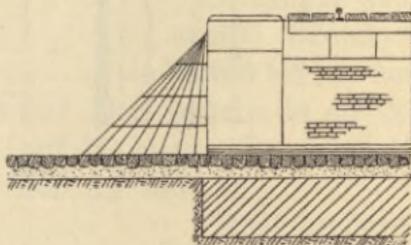
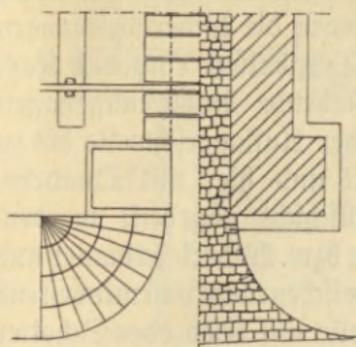


Abb. 74.

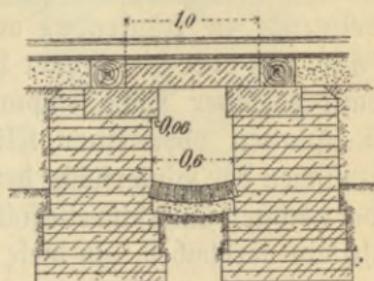
bildendem Fundamente ruhenden und meistens mit Parallelflügeln versehenen Widerlagsmauern bestehen, deren jede eine Querschwelle trägt, auf der die frei über die Durchlaßöffnung hinweggehenden Schienen in üblicher Weise befestigt werden. Diese Mauern müssen wegen der sehr starken Erschütterungen durch die darüber verkehrenden Eisenbahnzüge eine größere Stärke erhalten als die Wangenmauern der Plattendurchlässe. Man gibt ihnen bei geringerer Höhe senkrechte Begrenzungsflächen, bei größerer einen Anlauf von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{12}$ nach der Durchlaßöffnung hin und hinterfüllt sie zweckmäßig mit Steinen, weil diese einen geringeren Schub auf sie ausüben als Dammerde (Abb. 73 bis 76). Zwischen den Schienen ist stets ein Bohlenbelag (Abb. 74) oder ein Steinplattenbelag anzuordnen (Abb. 77).

Bei einer Lichtweite von etwa 0,6 bis 1,5 m sind zum Tragen der Schienen hölzerne Langschweller und bei größerer



Obere Aufsicht.
Abb. 75.

Grundriß.
Abb. 76.



M 1:75
Abb. 77.

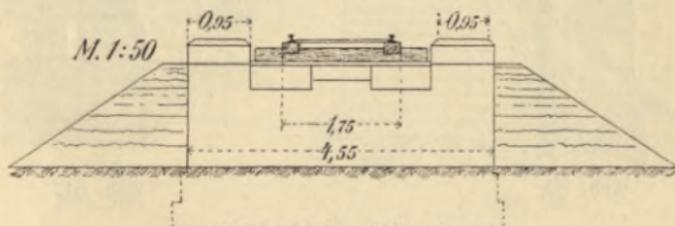


Abb. 78.

Lichtweite I-Träger auf die Mauern zu legen oder zwei, selbst drei offene Durchlässe mit gemeinschaftlichen Zwischenmauern nebeneinander anzuordnen. Die Langschweller sind auf hölzerne Auflagerschweller aufzukümmen. Zwischen den Schienen ist ein auf den Langschweller durch Nägel oder Holzschrauben zu befestigender, 5 bis 8 cm starker Bohlenbelag anzuordnen (Abb. 78 u. 79).

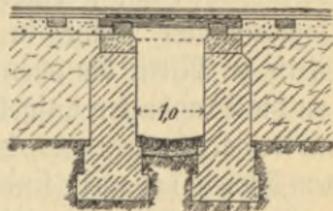


Abb. 79.

Sind auch Fußwege zu beiden Seiten des Gleises erwünscht, so müssen noch zwei besondere Langschweller zur Auflagerung des Bohlenbelages verlegt werden.

In Straßendämmen wurden solche Balkendurchlässe mit Tragbalken und einem Bohlenbelage ohne oder mit Besotterung bis zu 3,0 m Weite hergestellt. Zum Abschluß des Bahn- oder Straßenschotter^s gegen die Widerlagsmauern kann an die Langschwellen bzw. Tragbalken eine mit Karbolineum zu tränkende, aufrechtstehende Bohle angenagelt (Abb. 80) oder die Mauer hinter der Auflagerchwelle bis zu entsprechender Höhe emporgeführt und hier mit Quadern, Deckplatten oder einer Klinkerrollschicht abgedeckt werden. Zwischen der Hinterfläche der Bohle bzw. Widerlagsmauer und der nächsten Querschwelle soll ein Zwischenraum von mindestens 30 cm verbleiben, um diese Schwelle mit Kies oder Schotter

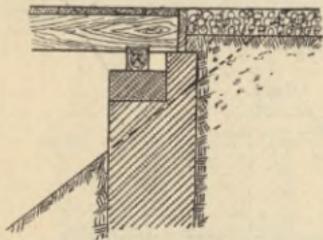


Abb. 80.

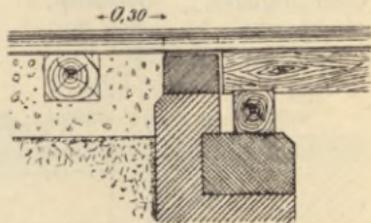


Abb. 81.

unterstopfen zu können (Abb. 81). Die Durchlaßbohle ist in gleicher Weise zu befestigen wie die der Plattendurchlässe.

Bei sehr schlechtem Baugrund, und wenn der Durchlaß wenig kosten soll, sind hölzerne Widerlager auszuführen. Sie bestehen aus je einer Reihe senkrecht oder schwach geneigt eingerammter Pfähle in Abständen von 0,8 bis 1,0 m von Mitte zu Mitte, die oben durch einen aufgezapften Holm, auf den die Tragbalken aufgekämmt werden, verbunden und hinten mit wagerecht liegenden, den Abschluß gegen den Damm bildenden Dielen benagelt sind (Abb. 82; siehe auch Holzbrücken).

An der Oldenburgischen Staatsbahn hat man für Lichtweiten von 0,75/1,50 bis 1,50/3,00 m die in den Abb. 83 bis 85 (nach dem „Handbuch der Baukunde“) dargestellten, 3,1 m langen Rampenkanäle und Durchlässe mit Tragbalken von 15/18 bis 20/25 cm Stärke (je nach der Lichtweite) und

mit einem 6 cm starken Bohlenbelage ausgeführt. Die Wandstärke der gemauerten Halbröhre beträgt im Innern aller dieser Durchlässe nur einen halben Stein.

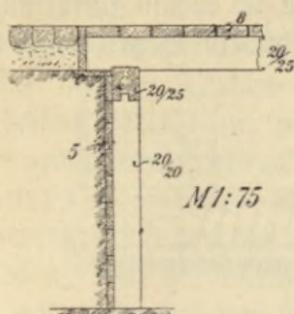


Abb. 82.

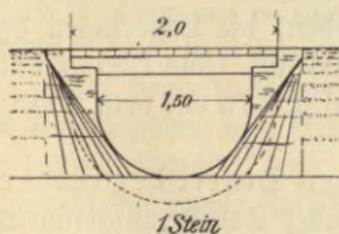
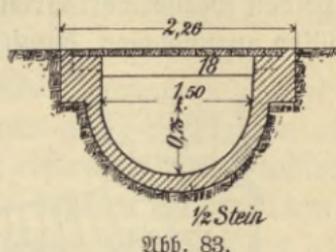


Abb. 84.

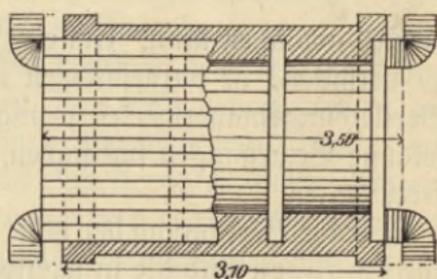


Abb. 85.

§ 13. Gewölbte Durchlässe.

Fundament und Sohle der gewölbten Durchlässe werden in gleicher Weise hergestellt wie bei den Plattendurchlässen. Ergänzend sei bemerkt, daß man bei sehr schlechtem Baugrunde oder bei zu erwartendem heftigen Angriff des durchfließenden Wassers auf die Sohle zweckmäßig ein Sohlengewölbe (Abb. 86) anordnet und vielfach statt der Herdmauern ebenso starke Erdbögen zur Verbindung der Fundamente und zur Begrenzung der Sohlenpflasterung wählt.

Die Widerlager können aus frostbeständigen, lagerhaften Bruchsteinen oder Ziegeln, ohne oder mit Quaderverblendung der sichtbaren Flächen, oder ganz aus Quadermauerwerk in Traß- oder Zementmörtel oder endlich auch aus Stampfbeton bestehen. Letzgenannte Ausführung empfiehlt sich besonders in solchen Gegenden, wo natürliche Steine fehlen und Sand

und Kies billig zu haben sind. Eine Quaderverblendung bei Bruchstein- oder Ziegelmauerwerk besitzt den Nachteil einer mangelhaften Verbindung und eines verschieden starken Setzens der beiden Mauerwerksarten. Sie ist ebenso stark wie das Gewölbe anzunehmen, damit sie nicht beim Setzen des Mauer-

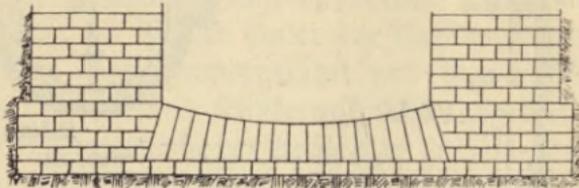


Abb. 86.

werkes abplagen kann. Um ein Zerdrücken der Quaderkanten zu verhüten, ist vorgeschlagen worden, die Lagerfugen des Verkleidungsmauerwerkes wenigstens auf 1 bis 1,5 cm und, solange Bewegungen stattfinden, auf 4 bis 5 cm vom Mörtel freizuhalten.

Für die Berechnung der mittleren Stärke der Widerlagsmauern sind die in nachfolgender Tabelle aufgeführten Annäherungsformeln vielfach im Gebrauch; in ihnen bedeutet f die Pfeilhöhe und l die Spannweite des Gewölbes, h die Mauerhöhe vom Fundament bis zum Kämpfer und H die Überhöhungshöhe im Gewölbescheitel in Metern.

Tabelle VIII.
Halbkreisgewölbe.

a) $H \leq 2 m$	b) $H > 2 m$
$w = 0,3 + 0,21 + 0,17h$	$w = (0,7 + 0,031 + 0,07h) \cdot (1 + 0,1H)$

Segmentbogengewölbe.

a) $H \leq 2 m$	b) $H > 2 m$
$w = 0,3 + \frac{1}{8} \left(\frac{3l-f}{1+f} \right) + 0,17h$	$w = (0,7 + 0,025 \frac{l^2}{f} + 0,07h) \cdot (1 + 0,1H)$

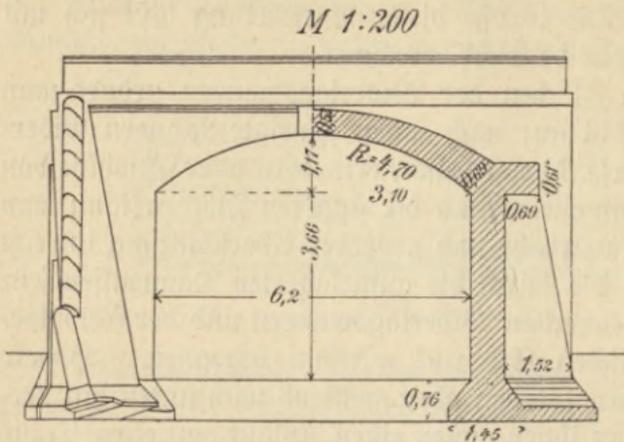
Bei Durchlässen unter höheren Dämmen ist die Widerlagerstärke vom Böschungsfuß nach der Dammitte hin absatzweise, entsprechend der Zunahme von H bzw. des Erddruckes, zu verstärken. Die Größe dieser Verstärkung läßt sich mit Hilfe der Formeln b) leicht berechnen.

Die inneren Flächen der Widerlagsmauern ordnet man am besten lotrecht an; nach innen geneigte Mauern widerstehen zwar dem Erddruck besser, erfordern aber Gewölbe von größerer Spannweite. Auch die äußeren Flächen kann man bei geringer Mauerhöhe und größerer Überschüttung lotrecht herstellen, weil die durch die aufgelagerten Dammassen sehr stark senkrecht gedrückten Widerlagsmauern und der Gewölbeschub dem seitlichen Erddruck wirksam begegnen. Höhere Widerlagsmauern werden aber meistens nach unten hin verstärkt, indem man ihnen außen einen Anlauf von etwa $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{7}$ gibt; dann stellt der ganze Durchlaßkörper einen nach oben gerichteten, vom Erddruck eingeklemmten und diesem gut widerstehenden Keil dar. Ziegelmauern erhalten der leichteren Ausführung wegen statt der glatten Neigung eine Abtreppung der Hinterfläche mit Vorsprüngen von je $\frac{1}{4}$ Stein Stärke und drei bis vier (auch mehr) Mauerschichten Höhe.

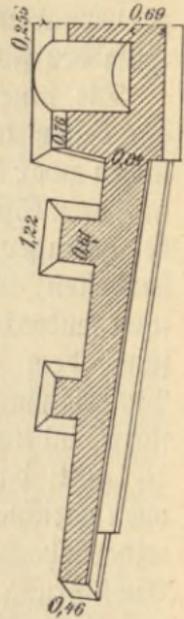
Bei englischen Bahnen hat man die Widerlager und Flügel gewölbter Durchlässe und Wegeunterführungen auch durch Strebe Pfeiler verstärkt, deren Kopf und Fuß mit Gewölben verbunden wurden, und hierdurch eine ganz erhebliche Materialersparnis erzielt. Die Abb. 87 bis 90 (aus Heinzerling a. a. D. Heft 1 Tafel 5 Abb. 18 bis 23) zeigen eine derartige Ausführung (siehe auch Abb. 236 u. 237).

Als Gewölbeform dient bei unbeschränkter Konstruktionshöhe der Kreisbogen, bei beschränkter der Segment- oder Stichbogen und bei Durchlässen unter hohen Dämmen der parabolische Bogen oder der Korbbogen. Segmentbogengewölbe haben vor den Kreisbogengewölben den Vorzug einer statisch günstigeren Wölbform und einer Ersparnis an Gewölbemauerwerk, verlangen aber wegen des größeren und höher angreifenden wagenrechten Gewölbeschubes stärkere Widerlagsmauern. Auf den

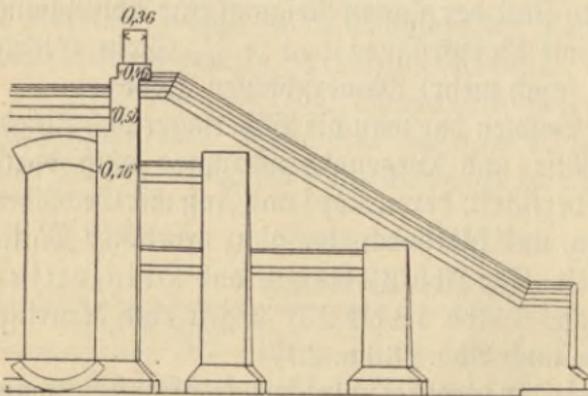
Segmentbogen wird der Halbkreisbogen durch Hochführung der Widerlagsmauern über den Kämpfer zurückgeführt.



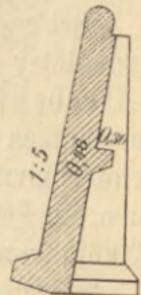
2166. 87.



2166. 89.



2166. 88.



2166. 90.

Die Gewölbe werden aus Quadern, lagerhaften Bruchsteinen oder Ziegeln oder auch aus Stampfbeton (ohne oder mit Eiseneinlage nach System Monier) hergestellt und erhalten bei größerer Spannweite eine vom Scheitel nach dem Kämpfer allmählich, bei Backsteinen jedoch in einzelnen Absätzen um je

$\frac{1}{2}$ Stein zunehmende Stärke, auch wird die Wölbstärke bei Durchlässen unter hohen Dämmen vom Böschungsfuße nach der Dammkrone hin wegen der größer werdenden Erdlast abatzweise, entsprechend der Verstärkung der Widerlagsmauern, größer gewählt.

Zur Ersparnis an Lehrgerüsten kann man lange Gewölbe in mehreren, stumpf aneinanderstoßenden Teilen herstellen.

Nach Heinzerling kann man zur Berechnung der Gewölbstärke im Scheitel die auf Seite 84 angegebenen Annäherungsformeln benutzen; in diesen bezeichnet r den Halbmesser der inneren Leibung.

Läßt man die Stärke des Gewölbes vom Scheitel gegen den Kämpfer hin größer werden, so ist die Scheitelstärke $d_0 = 0,85 d$ und die Kämpferstärke $d_1 = 1,15 d$ zu wählen.

Halbkreisgewölbe sowie Segmentbogengewölbe mit $f = \frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{6}$ erhalten eine Hintermauerung, deren Oberfläche mit einer Neigung von etwa 1 : 3 bis 1 : 5 tangential an die äußere Gewölbeleibung anschließt, während man Segmentbogengewölben mit einer geringeren Pfeilhöhe nur etwas kräftigere Gewölbeschenkel gibt. Die Höhe der Hintermauerung hat sich nach der Lage der Bruchfuge des Gewölbes zu richten, deren Öffnen nach oben hin sie verhindern soll, und zwar soll der tiefste Punkt der Hintermauerungsoberfläche mindestens um

$$e = 0,15 + 0,03 l \text{ Meter}$$

höher liegen als der Schnittpunkt der Bruchfuge mit der äußeren Gewölbeleibung. Man kann als Bruchfuge bei Gewölben mit einem Mittelpunktswinkel unter 120° die Kämpferfuge und über 120° diejenige Lagerfuge annehmen, die dem unter 30° zur Wagerechten geneigten Halbmesser am nächsten liegt.

Zum Schutze gegen einsickerndes Wasser sind die Gewölbe mit einer wasserdichten Abdeckung zu versehen, die entweder aus einem 2 bis 3 cm starken Zementputz oder besser aus

Tabelle IX.

Baustoff	H ≤ 1,5 m		H > 1,5 m	
	H ≤ 2 m	H > 2 m	H ≤ 2 m	H > 2 m
Dauermauerwerk	$d = 0,39 + 0,025r$		$d = 0,45 + 0,03r$	
Gutes Ziegelmauerwerk	$d = 0,43 + 0,028r$		$d = 0,51 + 0,033r$	
Gutes Bruchsteinmauerwerk	$d = 0,48 + 0,031r$		$d = 0,55 + 0,037r$	

Ebermayer führt folgende Formeln an, für welche dieselben Bezeichnungen gelten wie bei Tabelle VIII.

Tabelle X.

Baustoff	Salzfreisgewölbe		Segmentbogengewölbe	
	H ≤ 2 m	H > 2 m	H ≤ 2 m	H > 2 m
Dauermauerwerk	$d = 0,25 + 0,0251$	$\left. \begin{aligned} d &= (0,3 + 0,051) \\ &\cdot (1,0 + 0,02H) \end{aligned} \right\}$	$d = (0,3 + 0,015 \frac{l^2}{f})$	$d = (0,3 + 0,015 \frac{l^2}{f})$
Gutes Ziegelmauerwerk	$d = 0,25 + 0,051$		$d = (0,3 + 0,02H)$	$d = (0,3 + 0,015 \frac{l^2}{f})$

Asphaltfilzplatten oder aus einer (auch wohl aus zwei) in fettem Zementmörtel verlegten Ziegelflachsicht mit versetzten Fugen und mit einem schwachen Zementputz oder mit einem 8 bis 12 mm starken Asphaltüberzug oder endlich aus einer etwa 10 cm dicken Betonschicht besteht. Ein Asphaltüberzug allein hat sich nicht als wirksam genug erwiesen, weil er durch den Temperaturwechsel leicht rissig wird (vgl. auch § 29). Man hat auch zur Fernhaltung des Sickerwassers Gewölbe und Widerlager mit einer 20 bis 50 cm starken Lage fetten Tons umhüllt, jedoch besitzt dieses Dichtungsmittel den Übelstand, die Feuchtigkeit im Mauerwerk dauernd zurückzuhalten. Auf die Abdeckung wird zu ihrem Schutze zweckmäßig noch eine 15 bis 20 cm hohe Kies- oder Schottererschicht aufgebracht und festgestampft, ehe man das Bauwerk mit der Dammasse überschüttet. Eine Schottererschicht (Steinpackung) wird auch oft hinter den Widerlagern angeordnet, um die Mauern trocken zu halten und den Seitenschub der Auftragsmassen zu vermindern. Zur Ableitung des hinter den Widerlagern eingefickerten Wassers in den Durchlaß werden bei fehlender Tonbekleidung zweckmäßig in Abständen von etwa 2,0 m im Mauerwerk kleine Kanäle ausgespart oder in dasselbe Röhren eingelegt, die beide ein kleines Gefälle nach der Durchlaßöffnung hin erhalten. An deren Einlauf empfiehlt sich die Anordnung einer schwach geneigten, mindestens 30 cm hohen, mit Schotter zu beschüttenden, kurzen Tonschicht, weil durch sie das Sickerwasser den Abzügen besser zugeführt wird (Abb. 91 bis 96, Normalie der Königl. Eisenbahndirektion Hannover).

Die Gewölbe der Durchlässe unter hohen Dämmen erhalten bei einer größeren Lichtweite als etwa 2,0 m am besten eine der Parabel nahe kommende Form, die bei großer Pfeilhöhe der Mitteldrucklinie am meisten entspricht. Parabolische Gewölbe lassen sich zwar mit einem geringeren Materialaufwande herstellen, sie kosten aber trotzdem ihrer schwierigeren Ausführung wegen ungefähr dasselbe wie Halbkreis- oder Segmentbogengewölbe. Zur größeren Sicherheit

gegen seitliche Verschiebung führt man das parabolische Gewölbe oft bis auf das Fundament hinab (Abb. 97). In diesem

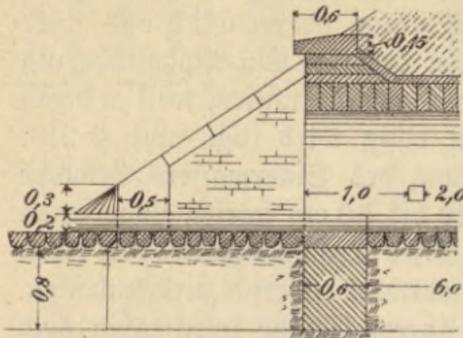


Abb. 91.

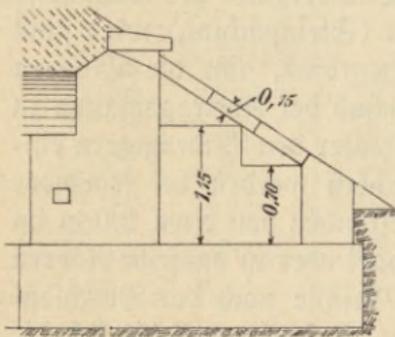


Abb. 92.

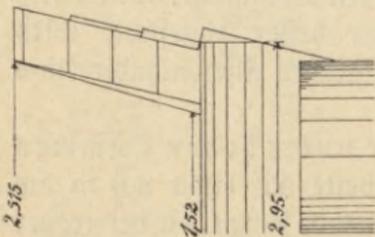


Abb. 93.

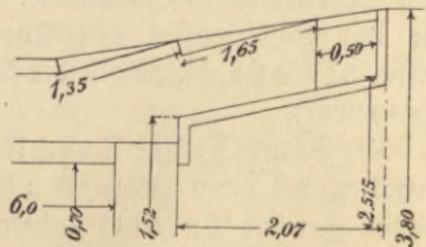


Abb. 94.

Falle empfiehlt es sich, den untersten Teil der Leibung senkrecht und mit waagrechten Lagerfugen anzuordnen (Abb. 98) wegen leichterem Ausbesserung der am ehesten durch Nässe und Frosteinwirkung schadhafte unteren Schichten. Mitunter wird auch das Grundmauerwerk

bis zur inneren Gewölbeleibung hinaufgeführt, um die untersten Wölbsteine vor Nässe und Frost zu bewahren (Abb. 99).

Die Stärke der parabolischen Gewölbe läßt sich nur nach der Mitteldrucklinie bestimmen. Da diese Gewölbe im hochüberschütteten Durchlaß einem sehr starken Druck ausgesetzt sind, so müssen sie sehr

jorgfältig und in bestem Portlandzementmörtel sowie in gutem Verbands hergestellt und so gegründet werden, daß eine möglichst gleichmäßige Druckverteilung auf die Fundamentsohle und an

feiner Stelle eine Einsenkung stattfindet. Der leichteren Mauerung wegen wählt man statt des parabolischen Bogens häufig einen Korbogen, der mit jenem in statischer Hinsicht nahezu gleichwertig ist (Abb. 100, Korbogen aus drei Mittelpunkten, Durchlaß am Dortmund-Ems-Kanal).

Zur Verhinderung einer seitlichen Verschiebung und zur Entlastung senkt man den Durchlaß unter hohem Damm so tief als möglich in den gewachsenen Boden ein.

Das Handbuch der Ingenieur-

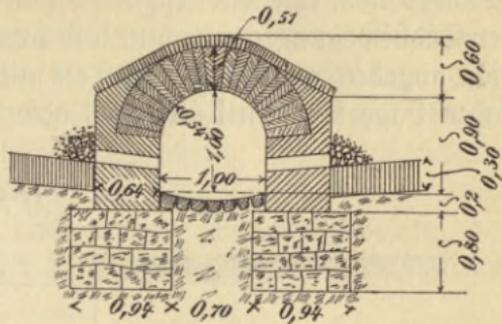


Abb. 95.

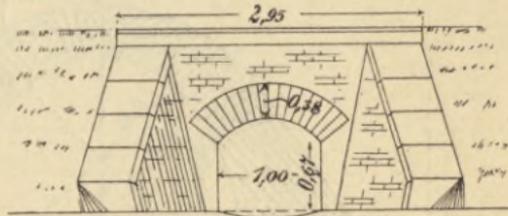


Abb. 96.

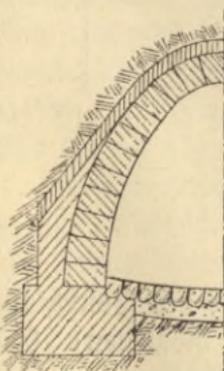


Abb. 97.

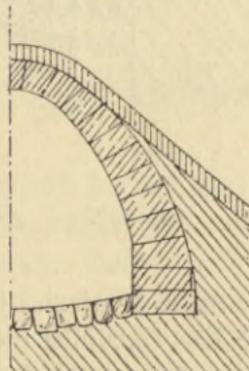


Abb. 98.

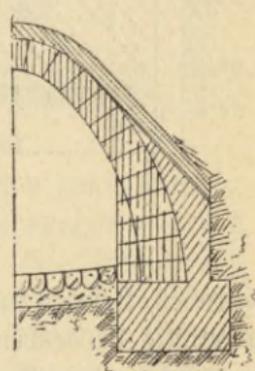
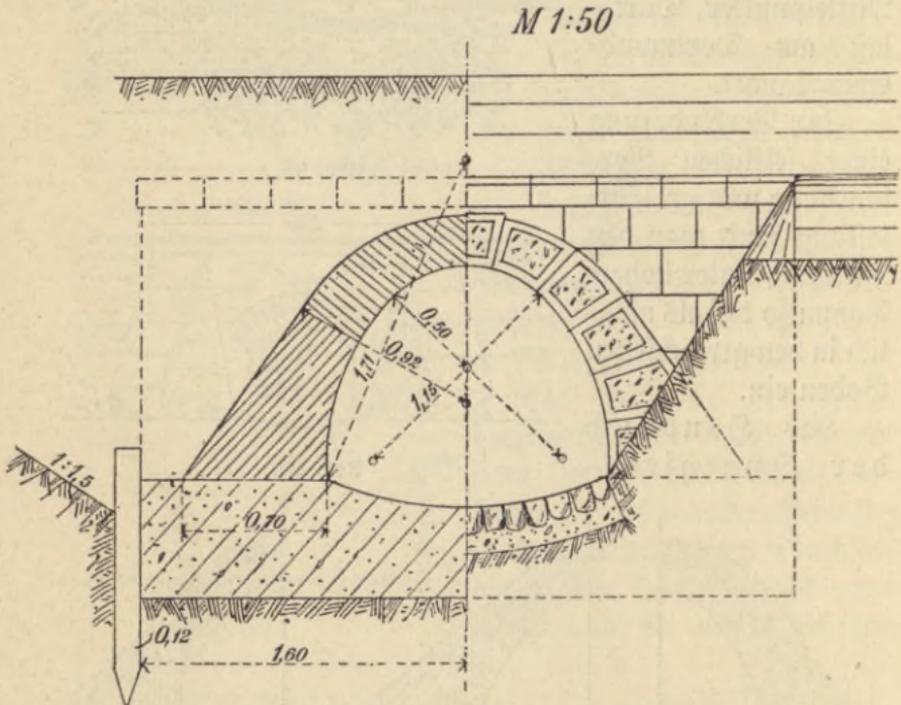


Abb. 99.

wissenschaften empfiehlt, den überschütteten Boden in dünnen wagerechten Lagen auf das Gewölbe aufzubringen und mit nicht zu schweren Handrammen festzustampfen.

Ebermayer hält es (a. a. D. S. 1168) aber für notwendig, das Gewölbe erst mit angefeuchtetem Ton etwa 15 cm hoch zu überdecken, weil dadurch das Mauerwerk einigermaßen von den Erdbewegungen getrennt und somit geschützt, auch wasserdicht abgedeckt wird, und den Ton mit einer mindestens 1,0 m hohen Lage feineren Füllstoffes oder Sandes zu überschütten



(grobes, kiesiges und steiniges Material würde den Tonschlag vorzeitig verderben und das Gewölbe wieder bloßlegen). Er empfiehlt, den Damm nach der Böschungslinie *ab* und *cd* (Abb. 101) herzustellen und sorgfältig festzustampfen, dagegen die Lagen unmittelbar über dem Durchlasse locker aufzufüllen und sie ungestampft sich selbst zu überlassen. Sobald sich diese Masse setzt, stützt sie sich auf die früher geschüttete, festgestampfte Dammasse, und es bildet sich eine Art von Widerlagern, zwischen

die sich die Auffüllung über dem Durchlaß gewölbartig einspannt und hierdurch letzteren entlastet. Eine gewisse Nachgiebigkeit des Baugrundes, die dem Dammkörper gestattet, sich dem Druck entsprechend in der Mitte etwas einzusenken, hält Ebermayer zum Schutze des Dammes für nützlich; er warnt davor, bei gleichmäßigem Baugrund die Fundamenttiefe in der Mitte des Durchlasses, der Dammhöhe entsprechend, größer zu wählen.

Besonders in Frankreich und England hat man unter Dämmen aus weichem, nachgiebigem Schüttungsboden, der durch einsickerndes Wasser in Bewegung geraten kann, auch ganz umwölbte

Durchlässe mit kreisförmiger, ovaler oder tunnelartiger Querschnittsöffnung hergestellt. Abb. 102 und 103 zeigen einen ganz umwölbten Durchlaß der französischen Orleansbahn und Abb. 104 und 105

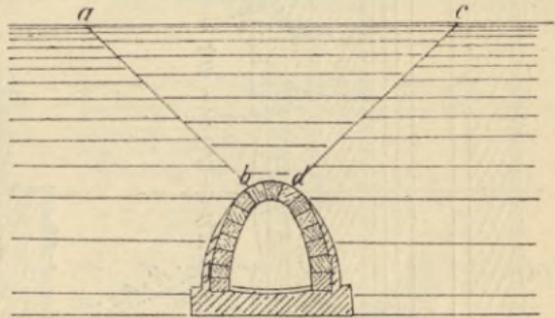
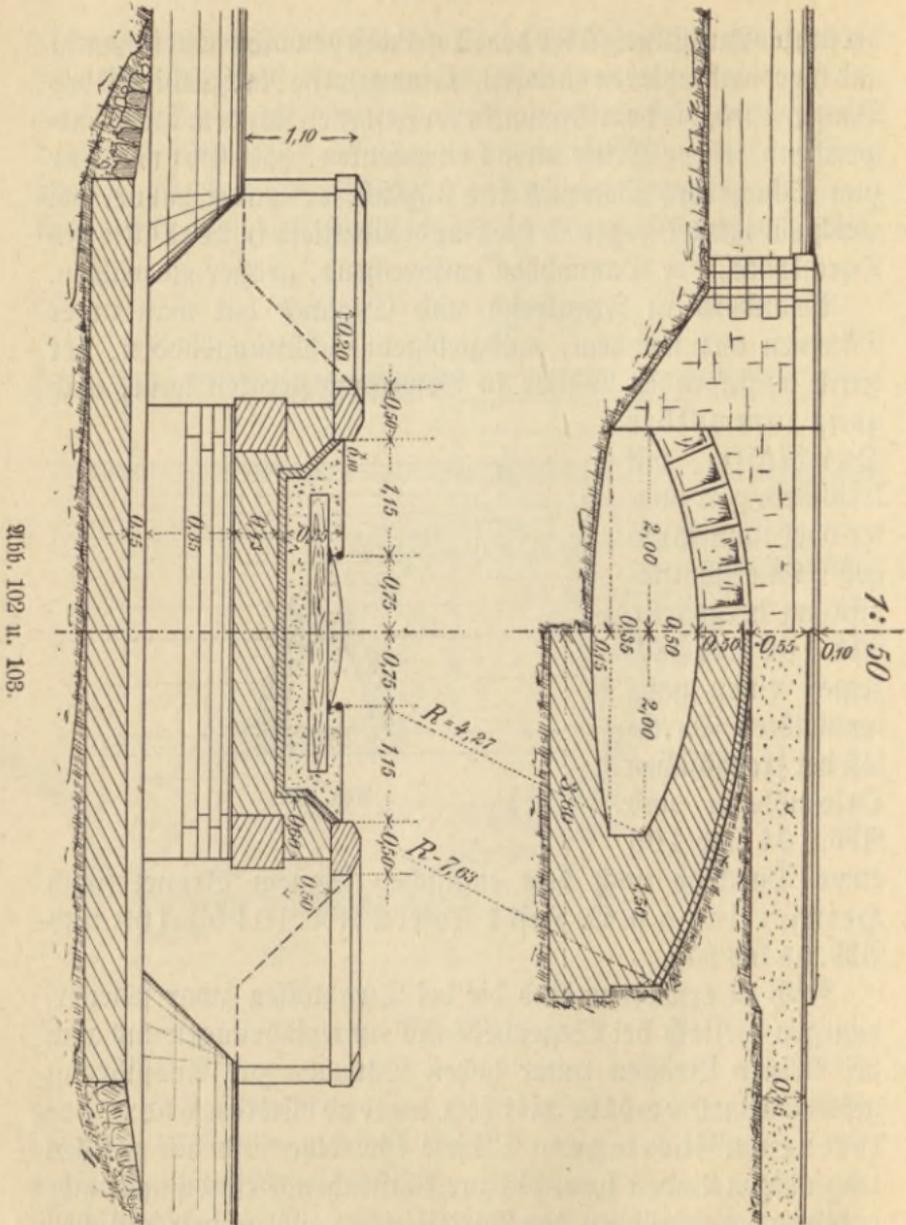


Abb. 101.

einen Durchlaß nach dem englischen System Brunel (nach Heinzerling a. a. D. Heft 1 Tafel 2 Abb. 104 bis 106 und Abb. 95 bis 97).

Noch zu erwähnen sind die bei Durchlässen zwar seltener, dagegen vielfach bei Wegeüber- und -unterführungen und auch bei kleinen Brücken unter hohen Dämmen zur Ausführung gekommenen Gewölbe mit sog. unterdrückten oder verlorenen Widerlagern. Diese Gewölbe sind bis auf den tragfähigen Boden bzw. bis zur künstlichen Gründung hinabgeführt; sie gewähren den Vorteil einer nicht unbeträchtlichen Materialersparnis und einer leicht ausführbaren Vergrößerung des lichten Querschnittes. In den Abb. 106 bis 109 ist ein derartig gewölbter Durchlaß mit natürlicher und ein solcher mit künstlicher Gründung dargestellt.



2165. 102 u. 103.

Über die Ausführung der Gewölbe siehe § 26 und über die Konstruktion schiefer Gewölbe § 27.

Die Stirnmauern der gewölbten Durchlässe laufen mit der Längsachse des Damms parallel und reichen entweder

nur bis zum Scheitel der äußeren Leibung des Gewölbes oder noch etwas darüber hinaus. Diese Übermauerung soll aber

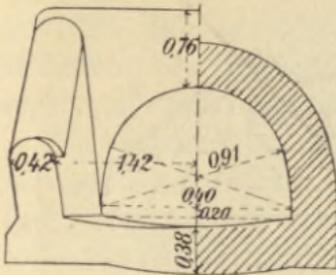


Abb. 104.

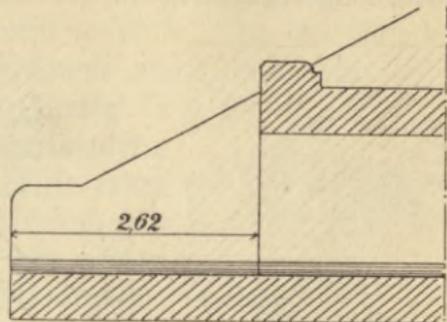


Abb. 105.

wegen der Gefahr ihres Abdrückens durch die Dammasse nicht höher geführt werden, als zur Sicherung des Böschungsfußes unbedingt notwendig ist. Bei hohen Dämmen, namentlich solchen mit

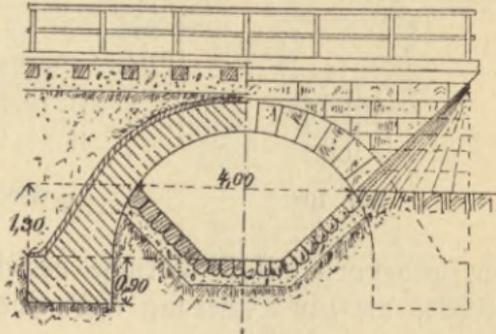


Abb. 106.

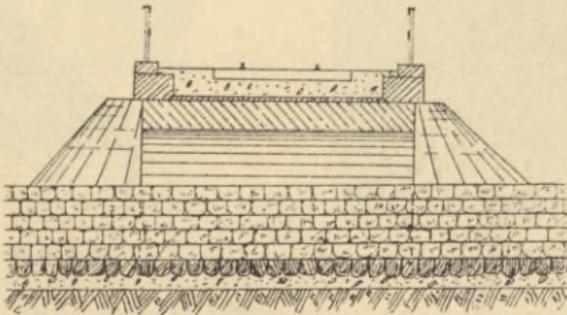


Abb. 107.

abgepflasterten (steileren) Böschungen ist die Stirnübermauerung durch Anordnung eines Entlastungsbogens (Abb. 110 und 111, nach dem Deutschen Bauhandbuch Bd. III

S. 321 Abb. 365 und 366) mit Erfolg gegen Abreißen gesichert worden. Die Stirnmauern werden mit 15 bis 30 cm hohen, wagerecht verlegten, um einige Zentimeter vorspringen-

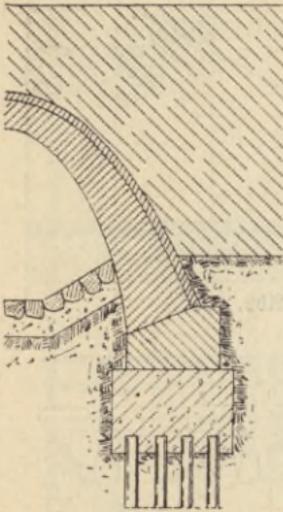


Abb. 108.

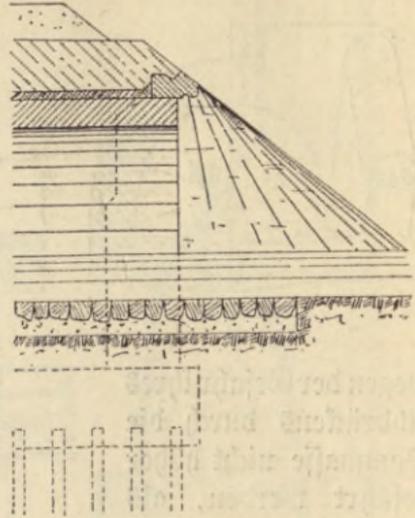


Abb. 109.

den und vorn mit Wassernase versehenen Steinplatten abgedeckt, die zur Sicherung ihrer Lage zweckmäßig eine nach

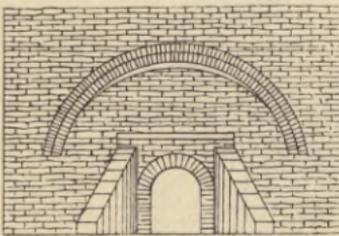


Abb. 110.

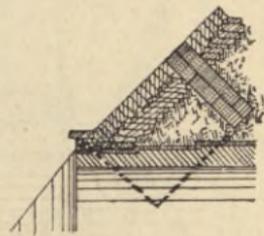


Abb. 111.

innen schwach geneigte Hintermauerung erhalten. Verschiedene Ausführungen zeigen die Abb. 112 bis 116.

Durchlässe von geringer Lichthöhe und unter niedrigen Dämmen erhalten meistens Parallelfügel (Stirnflügel), denen sich mit Nasen oder Pflasterung befestigte

oder, um möglichst kurze Flügel zu erhalten, auch aus Steinpackung hergestellte Böschungsegel vorlegen. Über die Vor- und Nachteile dieser Flügel und über ihre Ausführung ist bereits im § 11 das Nötige mitgeteilt worden. In den Abb. 117 bis 123 sind verschiedene Anordnungen dargestellt. Die Abdeckung der Parallelfügel erfolgt in gleicher Weise wie die der Stirnmauern.

Die Häupter der Durchlässe unter höheren Dämmen oder solcher von größerer Lichthöhe als etwa 4,0 m werden besser mit Winkelflügeln (Böschungseglern) ausgeführt. Diese Flügel erhalten entweder eine zur Durchlaßachse parallele Richtung (gerader Flügel Abb. 124), oder sie werden zu dieser Achse geneigt angelegt (schräger

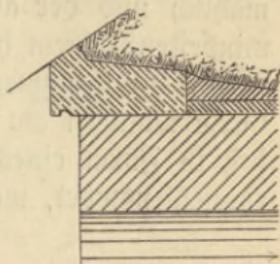


Abb. 112.

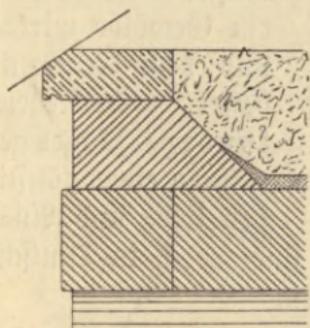


Abb. 113.

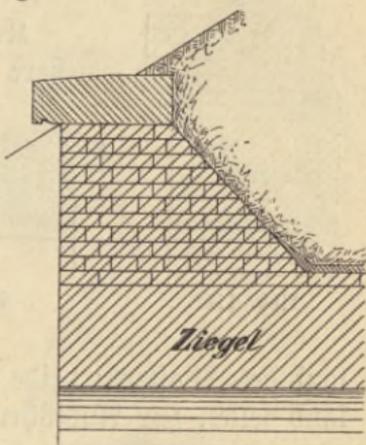


Abb. 114.

Flügel Abb. 125) oder konkav (Abb. 126) oder konvex gekrümmt angeordnet (Abb. 127) und oft mit einem kleinen Rücksprung an die Widerlagsmauern angeschlossen, um den Gewölbefeststirnring bis zum Kämpfer sichtbar zu lassen (Abb. 128).

Die Stärke der Flügelmauern ist nach der Erddrucktheorie oder nach den für Stützmauern aufgestellten empirischen Formeln zu bestimmen. Die obere Stärke kann zu

$$b = 0,438 + 0,2 h$$

(h = Flügelhöhe in Metern) angenommen werden, muß aber mindestens 60 cm betragen, weil schwächere Mauern zu leicht durch Frost zerstört werden. Vom Anschluß an das Widerlager bis zum Flügelende nimmt die Stärke der aus Quadern oder Bruchsteinen hergestellten Flügelmauern allmählich und der aus Ziegeln aufgeführten in Absätzen von mindestens einem halben Stein ab. Flügelansätze, d. h. kurze, zur Dammachse parallele, mindestens 60 bis 80 cm starke Mauern am Flügelende, vor die sich der Böschungsfuß in Form eines kleinen Kegels legt, sind besonders da empfehlenswert, wo die Böschung mit einem Bankett (einer Berme) versehen ist. Der Flügelansatz wird dann bis zur Höhe dieses Bankettes aufgeführt.

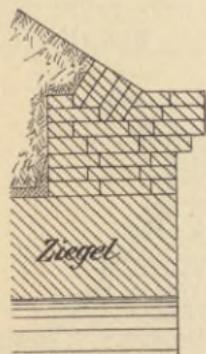


Abb. 115.

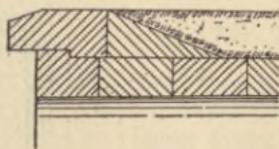


Abb. 116.

Konkave Flügel können etwas schwächere Abmessungen erhalten als geradlinige, weil sie wie ein Gewölbe wirken und dem Erddrucke besser widerstehen; konvexe Flügel gewähren einen günstigen Ein- und Aus-

lauf des Wassers; beide Flügelarten sind jedoch in Deutschland selten zur Ausführung gekommen.

Die Vorderfläche der Winkelflügel wird entweder senkrecht oder mit einer Neigung von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{12}$ angeordnet. Eine senkrechte Wand verwittert nicht so leicht als eine geböschte, weil sie weniger vom Regen getroffen wird und sich nicht Schnee auf ihr ablagern kann.

Die Hinterfläche kann treppenförmig oder schwach geneigt hergestellt werden. Knickpunkte (tote Ecken) an der Hinterfläche des Winkelflügels bei seinem Anschluß an das Widerlager verursachen bei starker Dammsetzung und infolgedessen großem Erddrucke leicht eine Abtrennung des Flügels.

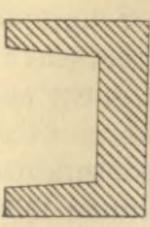


Abb. 117.

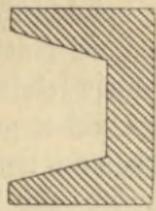


Abb. 118.

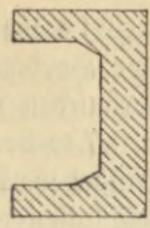


Abb. 119.

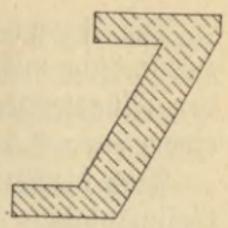


Abb. 120.

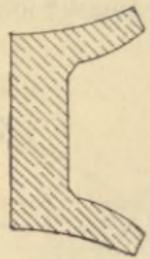


Abb. 121.

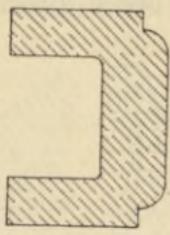


Abb. 122.

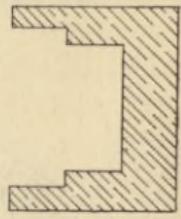


Abb. 123.

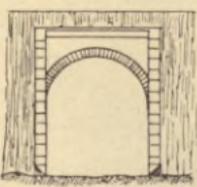


Abb. 124.

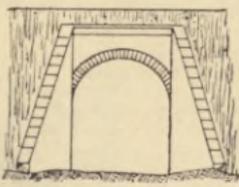


Abb. 125.

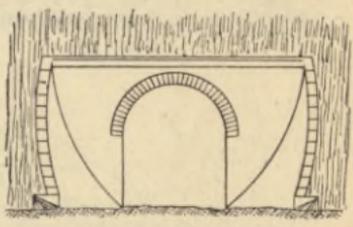


Abb. 126.

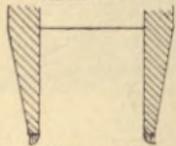


Abb. 127.

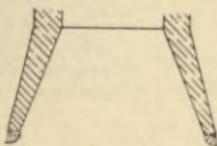
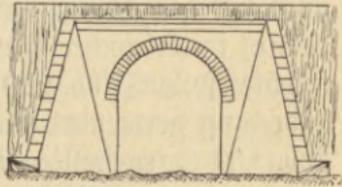
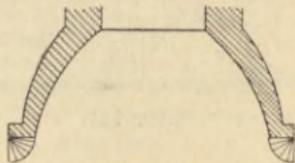


Abb. 128.



Die Fundamente werden bei schlechtem Baugrunde zweckmäßig mit einer Herdmauer oder einem Erdbogen an den Flügelenden verbunden und diese selbst am besten aus einem etwa 0,5 bis 0,7 m breiten Quader gebildet.

Auch die Winkelflügel werden oben mit wagerecht verlegten Gesimsplatten abgeschlossen, während zur Abdeckung ihrer geböschten Oberfläche 12 bis 20 cm starke, 75 bis 150 cm lange und 50 bis 75 cm breite Steinplatten benutzt werden,

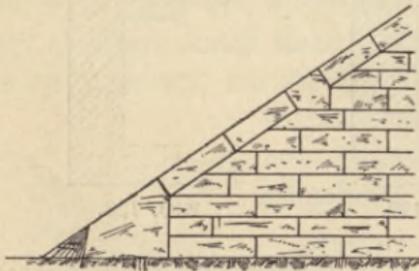


Abb. 129.

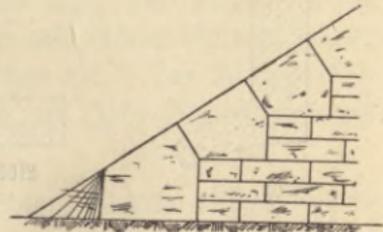


Abb. 130.

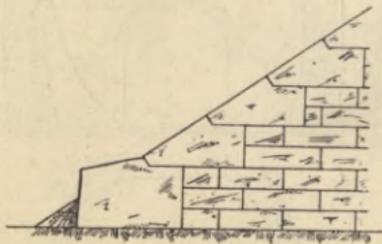


Abb. 131.

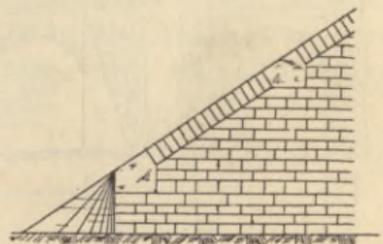


Abb. 132.

die sich auf den Fußquader stützen und bei Flügeln von mehr als 4 bis 5 m Länge durch Quader (Haken- oder Knotensteine) unterbrochen werden, die ein Abrutschen der Platten verhüten sollen (Abb. 129). Man hat aber auch nur Quader zur Abdeckung verwendet (Abb. 130 und 131). Die Kasse der in Abb. 131 dargestellten Hakensteine soll nach Heinzerling 5 cm bei hartem, 7,5 cm bei mittelhartem und 10 cm bei weicherem Gestein betragen. Flügelmauern aus Ziegeln werden häufig auch mit einer halbsteinstarken Rollschicht aus Klinkern abgedeckt, die man zwischen einigen Hakensteinen anordnet (Abb. 132). Besser sind einbindende Rollschichten

(Abb. 133). Auch bei einer Abdeckung der Backsteinflügel mit Steinplatten empfiehlt sich dieser Ziegelverband unter den Platten. Auch hochkantig gestellte, wetterbeständige Bruchsteine hat man zur Abdeckung benutzt, jedoch ist diese Anordnung nicht gut, weil in die lotrechten Fugen leichter Rässe eindringen kann. Endlich kann man die Flügel auch abtreppen und auf die Absätze Steinplatten mit dachförmig geneigter Oberfläche legen (Abb. 134) oder die Treppe aus bossierten

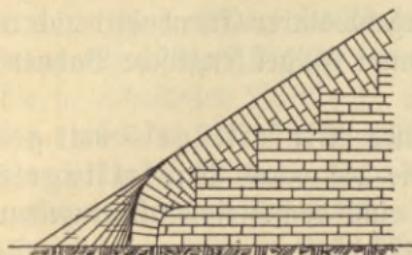


Abb. 133.

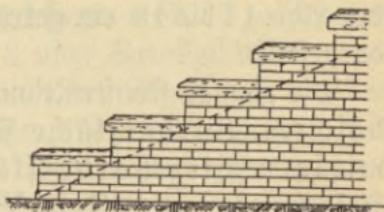


Abb. 134.

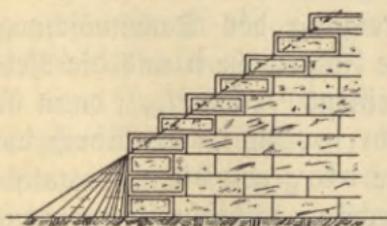


Abb. 135.

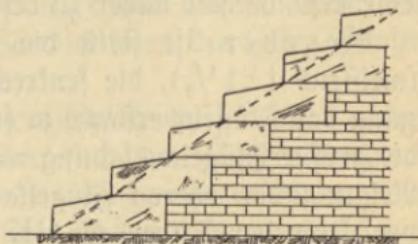


Abb. 136.

Quadern (Abb. 135) oder aus vorn abgeschrägten Quadern bilden (Abb. 136).

Der Querschnitt der Winkelflügel ist in der Regel trapezförmig, d. h. die Flügelvorderfläche ist geneigt, die Hinterfläche lotrecht, oder umgekehrt. Im ersteren Falle wird die Hinterfläche gewöhnlich oben von der Deckplatte aus abgeschragt. Diese schräge Fläche beginnt an der Stirnmauer und endet am Böschungsfuß bzw. am Flügelanfangsquader. Mitunter hat man auch die senkrechte Hinterfläche so weit unter Schnitten, als in der Flügelmauer Zugspannungen ent-

stehen würden. Abgetreppte Hinterflächen sind namentlich bei Flügelmauern aus Ziegeln gebräuchlich.

Auf Tafel III ist in den Abb. 5 bis 11 ein Flügel mit trapezförmigem Querschnitt (Preussische Staatsbahn) und in den Abb. 12 bis 16 ein Flügel mit abgetreppt unterschrittenem Querschnitt (Rheinische Eisenbahn) dargestellt. Einen Flügel mit unterschrittenem Querschnitt zeigen auch die Abb. 1 bis 7 auf Tafel IV (Normalie der Kgl. Eisenbahndirektion Hannover); ferner ist auf dieser Tafel in den Abb. 8 bis 10 ein Flügel aus Ziegelmauerwerk (Mienburg-Goslarer Eisenbahn) und in den Abb. 11 bis 13 ein gekrümmter Flügel (englische Bahnen) dargestellt.

Die genaue Konstruktion eines Winkelflügels mit geböschter Vorderfläche sowie die eines Winkelflügels mit lotrechter Vorderfläche und den Steinschnitt einzelner Flügelquader zeigt Tafel V. Es dürfte genügen, im folgenden nur die Konstruktion des Winkelflügels mit geböschter Vorderfläche hier näher zu beschreiben.

Gegeben ist stets die Neigung der Dammböschung (meistens $1 : 1\frac{1}{2}$), die senkrechte Flügelhöhe h und die Neigung der Flügeloberfläche m (meistens $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{12}$); dann ist die größte Flügelaufladung $= m \cdot h$. Ist im Grundriß die Neigung der oberen Flügelkante ab gegen die Horizontalprojektion der Stirnebene CK gegeben, so beschreibt man mit dem Halbmesser $ac = mh$ einen Kreisbogen und legt an diesen von b aus die Berührungslinie bed ; ist aber die Neigung db der Flügelbasis gegen die Stirnlinie CK gegeben, so zieht man zu db im Abstände mh eine Parallele, welche die CK in a schneidet, und verbindet a mit b . In beiden Fällen erhält man die Horizontalprojektion der Flügelvorderfläche. Projiziert man die Punkte a , d und b in den Aufsriß, so stellt das Dreieck $a'b'd'$ diese Fläche in der Vertikalprojektion dar. In der Seitenansicht läßt sich die Flügelvorderfläche aus der gegebenen Flügelhöhe und der Böschungseigung leicht bestimmen; die Flügelmauer pflegt man nur bis zur Dammböschungsoberfläche hinaufzuführen.

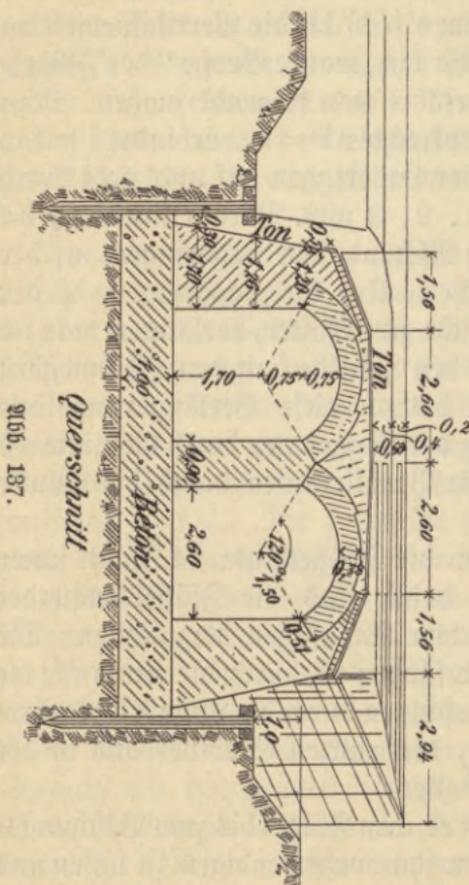
Punkt D im Grundriß ist durch die berechnete oder angenommene obere Stärke der Flügelmauer bzw. durch die Breite der Flügeldeckquader gegeben. Eine Parallele zu ab durch D und zu CK durch b gibt die geböschte Flügeloberfläche in der Horizontalprojektion. Projiziert man die Punkte E und D in den Aufsriß und verbindet man E' mit D', so erhält man in dem Parallelogramm a'b'E'D' die Vertikalprojektion dieser geböschten Fläche. Um die „wahre Größe“ der Flügelvorderfläche zu erhalten, verfährt man folgendermaßen. Man errichtet in a auf ac die Senkrechte ai = h, verbindet i mit c, trägt auf ai die Abstände der Lagerfugen auf und zieht durch die so erhaltenen Punkte 1, 2, 3 usw. Parallellinien zu ac bis an ic und erhält so die Abstände der Lagerfugen auf der geneigten Flügelvorderfläche. Um die Lagerfugen in der „wahren Größe“ dieser Fläche zu erhalten, verlängert man ac über c hinaus, schlägt um den Punkt c mit den Halbmessern $c1^1$, $c2^1$ usw. Kreisbögen bis an diese Verlängerungslinie und zieht, weil die Richtung der Lagerfugen durch die Linie db gegeben ist, zu dieser Linie Parallellinien durch die Punkte $1''$, $2''$, $3''$ usw.

Die Lagerfugen dürfen die Flügelkante bf nicht unter spitzem Winkel schneiden, daher sind die Flügeldeckquader mit zur Flügelkante senkrechten Stoßfugen herzustellen. Die Richtung der vertikalen Stoßfugen ist durch die Linie cf, die Richtung der normalen Stoßfugen durch die Linie kl gegeben, und es ist nun ein leichtes, den ganzen Steinverband in der „wahren Größe“ fertigzustellen.

Nicht empfehlenswert ist es, den Flügel bis zum Böschungsfuße hinabzuführen, sondern ihn vorher endigen zu lassen und einen kräftigen Fußquader (C) anzuordnen, dessen Gestalt und Größe natürlich verschieden gewählt werden kann.

In der Horizontalprojektion erhält man die Lagerfugen durch Auftragen der angenommenen Fugenteilung auf ac (in gleichem Verhältnis wie auf ai) und durch Parallellinien zu cb. Die vertikalen Stoßfugen liegen hier in den Verlängerungen der in „wahrer Größe“ gezeichneten, also parallel

zu ac. Die Richtung der normalen Stoßfugen ist $n1$; man findet diese Linie, wenn man durch k eine Parallele zu af bis auf ab zieht und diesen Punkt n mit l verbindet. Zieht man nun durch die oberen Punkte der im Grundriß bereits eingezeichneten vertikalen Stoßfugen o, p, q usw. Parallel-



linien zu $n1$ bis zum Schnitte mit ab , so erhält man die normalen Stoßfugen der Flügeldeckquader in der Horizontalprojektion. Es erübrigt noch, durch diese Schnittpunkte Parallellinien zu Eb zu ziehen, um die obere Aufsicht dieser Quader zu erhalten. Verlängert man uy ($\parallel cf$) bis zum Schnittpunkte z mit der Linie ab , zieht man durch z und t Parallellinien zu Eb und fällt man von F ein Lot auf tv , so erhält man in dem Viereck $zFvt$ die Horizontalprojektion der Vorderfläche des Fußquaders C .

Im Aufriß laufen die Lagerfugen parallel zu $b'd'$, die vertikalen Stoßfugen parallel zu $a'c'$ (erhalten durch Projektion des Punktes c), die normalen Stoßfugen parallel zu $n'l'$ (erhalten durch Projektion des Punktes n auf $a'b'$ und des Punktes l auf $b'd'$). Mit Hilfe dieser drei Richtungslinien und der Linie $G'H'$ (erhalten durch Projektion des Punktes G auf $b'd'$ und durch die zu $b'a'$ gezogene Parallellinie) läßt sich der Aufriß der ganzen Flügelkonstruktion leicht

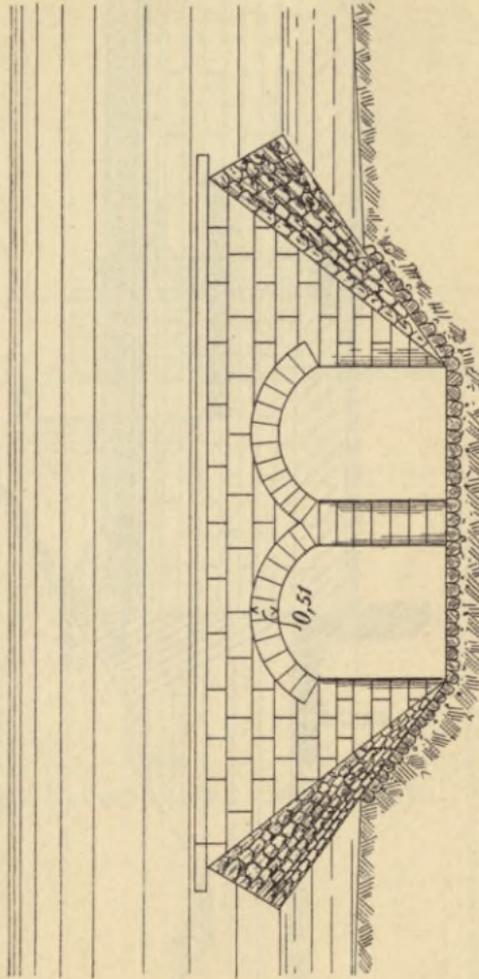
vollenden. In der Seitenansicht laufen die Lagerfugen natürlich parallel zu $d''b''$, die vertikalen Stoßfugen parallel der Linie $a''c''$ ($d''c'' = c_0c$), die normalen Stoßfugen parallel der Linie $n''l''$ ($d''l'' = l_0l$).

Erfordert die abzuführende Wassermasse eine weite Durchlaßöffnung, und ist die Konstruktionshöhe beschränkt, so kann die Anlage eines gewölbten

Doppeldurchlasses in Frage kommen. Abb. 137 bis 140 stellen den Eltingsmühlbach-Doppeldurchlaß am Dortmund-Ems-Kanal dar.

Liegt der gewölbte Durchlaß halb im Einschnitte, so wird sein Einlaufshaupt in ähnlicher Weise ausgeführt wie das eines die

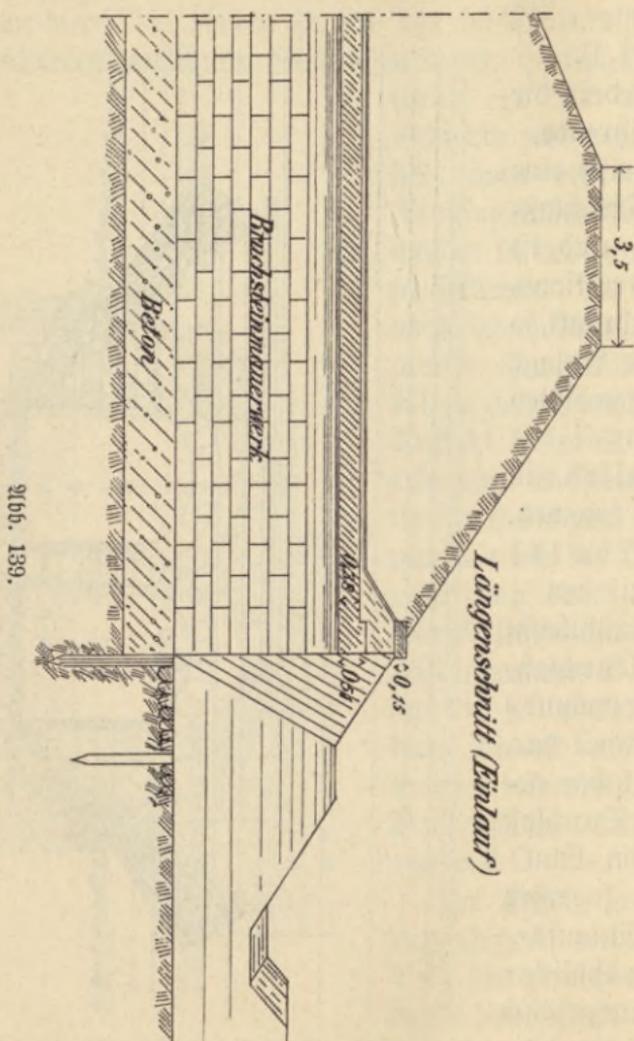
gleiche Lage besitzenden Plattendurchlasses (vgl. Abb. 69 bis 71). Eine bei einem Durchlaß der Orleansbahn gewählte Konstruktion zeigt Abb. 141 (nach Heinzerling a. a. D. Heft 1 Tafel 2 Abb. 130). Auch die Fundamente der gewölbten Durchlässe auf stark geneigtem oder schlüpfrigem (tonigem) Boden werden



Ansicht des Hauptes

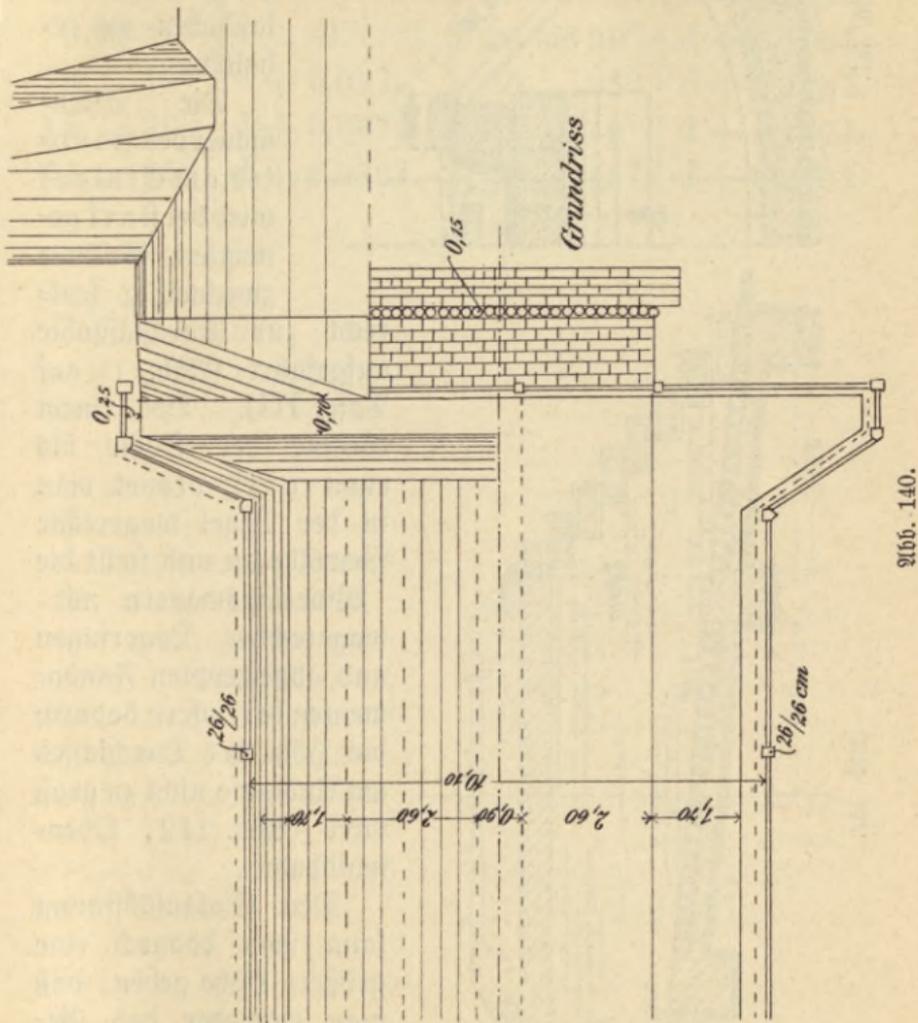
Abb. 138.

zur Verhütung einer Rutschung des ganzen Bauwerkes mit sog. Erdhaken ausgestattet, und bei stark geneigtem Gewölbe



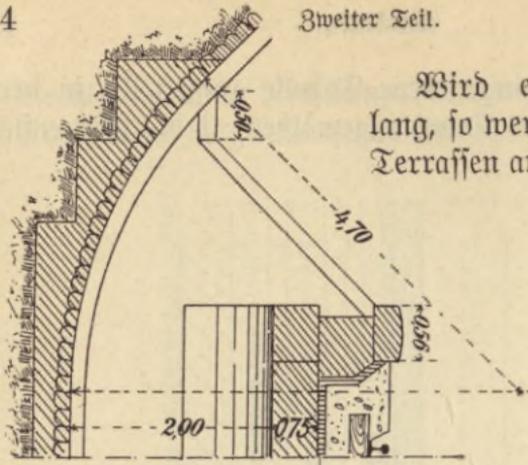
wird das Haupt am Auslauf terrassenförmig ausgeführt, wie dies z. B. die Abb. 1 u. 3 auf Tafel III zeigen (Ungarische Staatsbahn). Zur Bestimmung der Länge l der Terrasse, die mit zur Stirn senkrechter Sohle ausgeführt wird, wurde

die auf Seite 105 angegebene Tabelle aufgestellt, in der L die Gesamtlänge des Durchlaßgewölbes, d die Kronenstärke



der entsprechenden, in der Abbildung durch punktierte Linien angedeuteten Stützmauer und a das Gefälle des Gewölbes bezeichnet.

9166. 141.

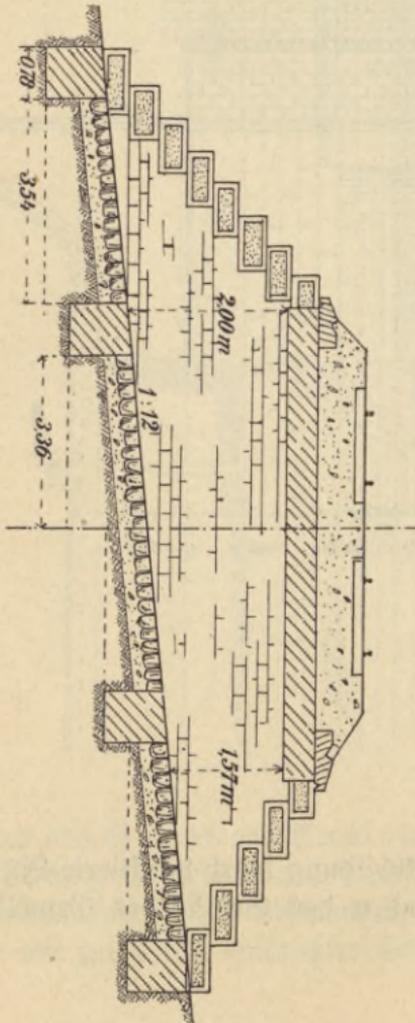


Wird eine Terrasse zu lang, so werden zwei oder drei Terrassen angeordnet, um nicht zu große Durchlasshöhen zu erhalten.

Die Stirnmauer des Hauptes am Einlauf wird bei stark geneigtem Gelände zweckmäßig senkrecht zur Durchlasssole

aufgeführt (Abb. 1 auf Tafel III). Bei einem Gefälle der Sohle bis etwa 1:12 ordnet man in der Regel wagerechte Gewölbe an und stellt die Widerlagsmauern mit wagerechten Lagerfugen und abgetreppten Fundamenten her, sofern dadurch die Höhe des Durchlasses am Auslaufe nicht zu groß wird (Abb. 142, Odenswaldbahn).

9166. 142.



Der Einlauföffnung kann man dadurch eine größere Höhe geben, daß man entweder das Gewölbe passend neigt, oder einzelne Gewölberinge stufenförmig übereinander anordnet.

Tabelle XI.

$\sphericalangle a =$	$l =$	$\sphericalangle a =$	$l =$
0 bis 10°	d	25 bis 30°	d + 0,100L
10 " 15°	d + 0,05L	30 " 35°	d + 0,125L
15 " 20°	d + 0,067L	35 " 40°	d + 0,167L
20 " 25°	d + 0,083L	40 " 45°	d + 0,200L

Dritter Teil.

Gründungen.

§ 14. Zulässige Belastung des Baugrundes.

Die Wahl der Gründungsart der Widerlager und Pfeiler ist abhängig von den Wasser- und Bodenverhältnissen, von der Beschaffenheit der für die Ausführung des Fundamentes zur Verfügung stehenden Baustoffe, vom Kostenpunkt und von der Zeit, innerhalb deren die Gründung vollendet sein muß.

Um die Baugrundverhältnisse kennen zu lernen, ist eine sorgfältige sachgemäße Untersuchung des Bodens vorzunehmen, die sich besonders zu erstrecken hat auf die Feststellung der Gattung der Bodenmasse, der Tiefenlage des tragsfähigen Bodens, des Streichens und Einfallens der Schichten (d. h. der Möglichkeit eines Abgleitens der Schichten), der Tragfähigkeit (Festigkeit, Mächtigkeit), Wasserhaltigkeit und Wasserdurchlässigkeit, der Möglichkeit einer Erweichung oder Auswaschung und einer später eintretenden Rutschung der Bodenschichten usw.

Die Bodenuntersuchung geschieht in der Regel durch Bohrer (Zylinder-, Löffel-, Ventil-, Meißel- oder Diamant-ringbohrer), am besten aber durch Aufgraben.

Als guter Baugrund, auf dem selbst schwere Bauwerke ohne weiteres gegründet werden können, gelten alle diejenigen Bodenarten, die sich gar nicht oder nur in geringem Maße zusammenpressen lassen, z. B. gegen Abgleiten gesicherter, sog. gewachsener Felsen ohne gefährliche Höhlungen und in genügender Ausdehnung, festgelagerter grober Kies und grobkörniger reiner Sand in 2 bis 3 m Mächtigkeit, fester trockner

Ton und Lehm in mindestens 4 m Mächtigkeit, fester Mergel, Gerölle usw.

Zum mittelguten Baugrund gehören alle diejenigen Bodenarten, die einer künstlichen Befestigung bedürfen, um sie zum Tragen schwerer Bauwerke tauglich zu machen, z. B. nasser Ton und Lehm, Sandboden mit tonigen und lehmigen Bestandteilen usw.

Zum schlechten Baugrund rechnet man die jedem etwas stärkeren Druck nachgebenden und zum Teil seitlich ausweichenden Bodenarten, wie z. B. Trieb- und Flugsand, aufgeschüttete Erde und Bauschutt (selbst nach sehr langer Lagerung), Mutterboden (Humus), Torf, Moorboden usw.

Der Baugrund kann um so stärker belastet werden, je größer man die Fundamentsohle macht, und je tiefer man sie im Boden anlegt.

Nach Heinzerling („Die angreifenden und widerstehenden Kräfte usw.“ 2. Aufl. S. 116 ff.) und anderen darf die zulässige Belastung für 1 qem Fläche betragen

1. bei Felsboden = $\frac{1}{10}$ der Druckfestigkeit des Gesteins bzw. = der zulässigen Inanspruchnahme des auf ihm ruhenden Grundmauerwerkes (Backsteinmauerwerk in Kalkmörtel = 7 kg und in Zementmörtel = 11 bis 12 kg, bestes Klinkermauerwerk in Zementmörtel = 12 bis 20 kg, Stampfbeton aus 1 Raumteil Zement, $2\frac{1}{2}$ bis 3 Teilen Sand und 5 bis 6 Teilen Kies oder Schotter = 10 bis 15 kg, Sandstein- und Kalksteinmauerwerk = 15 bis 25 kg, Granitmauerwerk = 40 bis 50 kg);

2. bei sehr festem, trockenem, auf felsigem Untergrunde lagerndem Tonboden = 7 bis 12 kg;

3. bei festgelagertem Kies und Sand = 3 bis 5 kg;

4. bei trockenem, gegen Durchfeuchtung geschütztem Lehm- und Tonboden (auch mit Sand untermischtem) in hinreichender Ausdehnung und in einer Mächtigkeit von mindestens 4 m = 2 bis 3 kg;

5. bei Alluvialboden (Schwemmsand, Torf usw.) = 1,0 bis 1,5 kg;

6. bei einer Befestigung des Baugrundes
 - a) durch Betonierung auf festem, 0,75 bis 1 m mächtigem Untergrunde = 4 bis 5 kg,
 - b) durch eine 2 m hohe Sandschüttung = 2 bis 3 kg,
 - c) durch Schwellrost = 2 bis 3 kg,
 - d) durch Pfahlrost, wobei auf 0,8 qm Grundfläche mit vierfacher Sicherheit ein Pfahl mit 25 000 kg Tragfähigkeit zu rechnen ist, = 2 bis 4 kg,
 - e) durch Pfahlrost bei tiefstehendem Moorboden, wobei auf 0,8 qm Grundfläche ein Pfahl mit 5000 bis 7500 kg Tragfähigkeit kommt, = 0,8 bis 1,2 kg,
 - f) durch Pfahlrost in besserem Baugrund, wenn die Pfähle genügend tief in die feste Bodenschicht eingetrieben werden, = 4 bis 5 kg;
7. bei festerem, durch Pfähle gedichtetem Lehms-, Ton- und Sandboden = bis 7 kg;
8. bei Verwendung von Schraubenpfählen in Sandboden = 8 bis 12 kg für 1 qm Stützfläche oder bis 45 kg für 1 qm Pfahlkopffläche.

Zur Ermittlung der Tragfähigkeit ist eine Probebelastung zu empfehlen.

Die Mittelkraft aus allen das Pfeilermauerwerk angreifenden Kräften (Eigengewicht, Verkehrslast, Gewölbeschub, Erd- und Wasserdruck, unter Umständen auch Winddruck) soll möglichst senkrecht zur Fundamentsohle wirken, um ein Gleiten der Mauerwerkschichten auf ihrer Unterlage unmöglich zu machen, und zur Vermeidung von Zugspannungen, weil das Steinmaterial im allgemeinen nur gegen Druck widerstandsfähig ist, möglichst im mittleren Drittel der Fundamentbreite verbleiben, auch darf die größte Kantenpressung die zulässige Inanspruchnahme des Mauerwerkes bzw. Baugrundes nicht überschreiten, endlich soll bei wichtigeren Bauwerken kein Setzen, bei Bauwerken von geringerer Bedeutung höchstens ein gleichmäßiges Setzen des Mauerwerkes eintreten. Hiernach ist das Fundament anzuordnen. Größe und Gestalt der Sohlfläche sind rechnerisch oder graphisch zu bestimmen.

§ 15. Umschließung der Baugrube.

Kann die Gründung im Trocknen ausgeführt werden, dann sind die Baugrubenwände je nach der Standfestigkeit des Bodens abzuböschen oder auszustimmern bzw. zu versteifen.

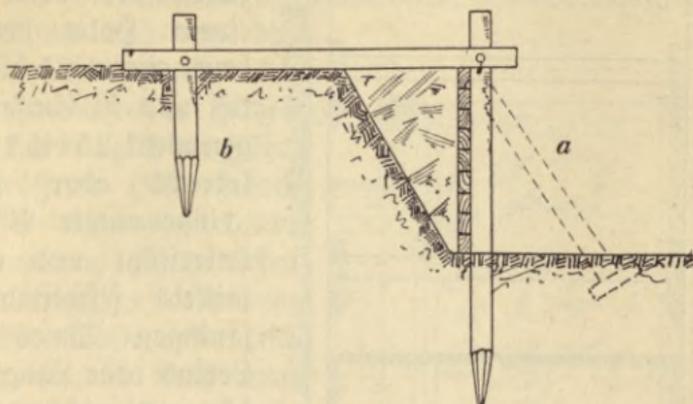


Abb. 143.

Bei mäßiger Baugrubentiefe erfolgt die Auszimmerung in der Regel mittels wagerecht liegender Bohlen, die sich gegen eingerammte, durch schräge Steifen gestützte (Abb. 143a) oder mit anderen, auf dem oberen Gelände eingeschlagenen Pfählen durch Zangen verbundene (Abb. 143b) oder verankerte Pfähle legen (Abb. 144), und bei größerer Tiefe

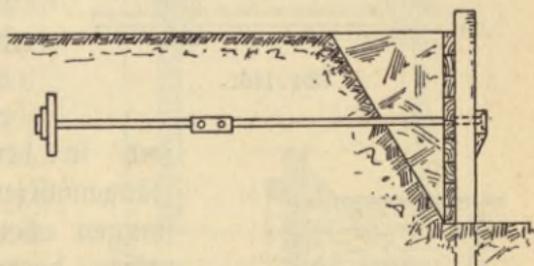


Abb. 144.

mittels aufrechtstehender, durch wagerechte, von einer Wand zur anderen abgesteifte Gurthölzer gehaltener Bohlen (Abb. 145).

Bei Bauten im und am Wasser ist die Baugrube dagegen durch Fangdämme oder Spundwände zu umschließen, bevor mit der Gründung begonnen wird. Bei Wassertiefen bis 1,50 m genügt ein einfacher Fangdamm, d. h. eine Wand aus wagerecht gelegten, in genuteten Pfählen endigenden Brettern

(Abb. 146) oder eine Stülpwand aus zwei Reihen 4 bis 5 cm starker, sich gegenseitig überdeckender, am unteren Ende zugeschrägter, 50 bis 60 cm tief in den Boden eingetriebener

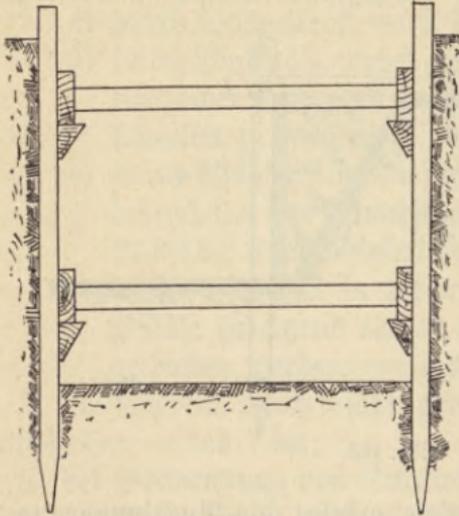


Abb. 145.

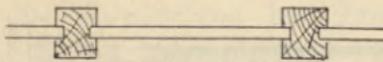


Abb. 146.

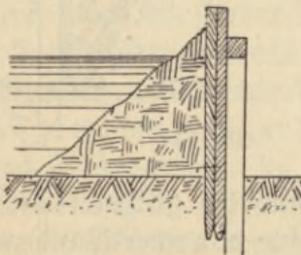


Abb. 147.

Bretter, die durch unten zugespitzte, oben mit einem Holm verbundene, etwa 1,25 bis 2 m tief und in Entfernungen von 1,25 bis 1,50 m lotrecht oder schräg eingerammte Pfähle unterstützt und außen mittels festgestampften sandigen Tones oder Lehms oder Langstrohdüngers gedichtet werden (Abb. 147).

Bei größerer Wassertiefe stellt man besser einen sog. Kastenfangdamm her, bestehend aus zwei in der Längsrichtung durch Holme

und in der Querrichtung durch Zangenhölzer oder durch Eisenstangen oben verbundenen Pfahlreihen, deren äußere eine gestülpte Bretterwand stützt, während vor der inneren in der Regel eine Spundwand angeordnet wird, die nach Vollendung der Gründung bis auf Niedrigwasserhöhe bestehen

bleibt und einen Steinwurf erhält, um das Fundament dauernd gegen Unterspülung zu schützen. Als Füllstoff zwischen den Wänden dient am besten feuchter, sandiger Lehm ohne Pflanzenstoffe, Gartenerde oder lehmiger Sand (auch

vermischt mit Gerberlohe oder Sägespänen). Der Füllstoff ist in dünnen Lagen einzubringen und festzustampfen (Abb. 148 und 149).

Die Breite (b) des Kastenfangdammes hängt von seiner Höhe (h), von der Güte des Füllstoffes, von der Sorgfalt der Herstellung und von den örtlichen Verhältnissen ab und wird vielfach bei Höhen unter 2,5 m gleich der Höhe, bei größerer Höhe jedoch zu $b = 0,5 h + 1,55$ m angenommen. Spitze Ecken sind möglichst zu vermeiden. Ist die Wassertiefe eine sehr große, so stellt man den Kastenfangdamm zweckmäßig aus drei Wänden her; die innere Wand erhält dann etwa die halbe Höhe der beiden anderen und wird mit der mittleren Wand verspreizt (Abb. 150). Am Ufer sind die Fangdämme so weit in das Erdreich einzubinden, als dieses locker und durchwurzelt ist. Bei einer Betongründung stellt man in der Regel den Fangdamm im Anschluß an die Betonsohle ebenfalls aus Beton her (Abb. 151).

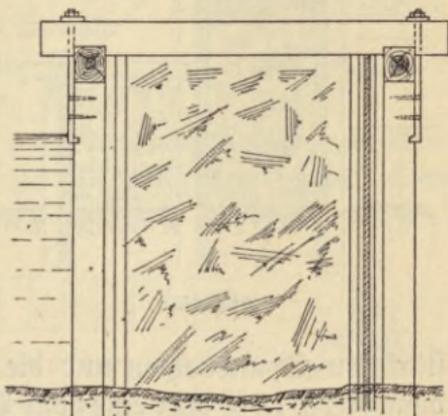


Abb. 148.

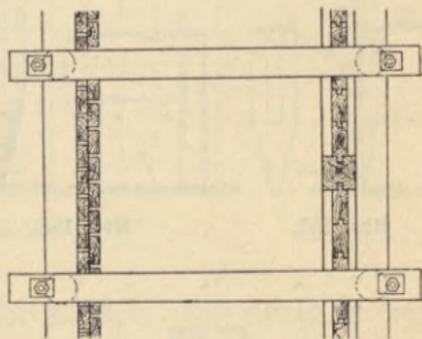


Abb. 149.

Die Spundwände bestehen aus 8 bis 25 cm starken, 20 bis 35 cm breiten, am unteren Ende mit einer Schneide (Abb. 152) oder bei Verwendung im steinigem Boden mit eisernem Schuh (Abb. 153) ausgestatteten, dicht aneinander in den Boden eingerammten Bohlen bzw. Pfählen. Die 8 bis

10 cm starken Spundbohlen erhalten eine Geradspundung (Abb. 154) oder auch eine halbe Spundung (Abb. 155), die

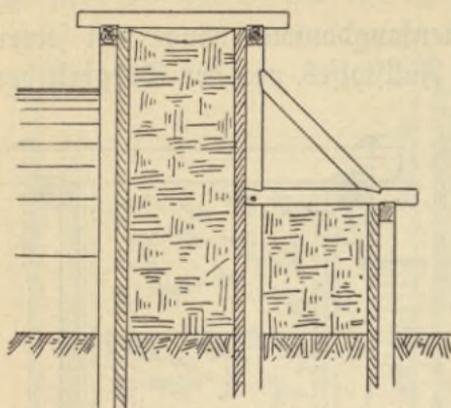


Abb. 150.

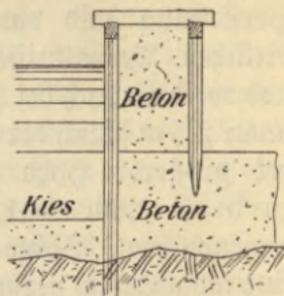


Abb. 151.

stärkeren Spundbohlen und die Spundpfähle eine Keilspundung (Abb. 156) oder eine volle Quadratspundung (Abb. 157).

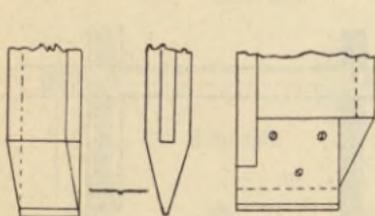


Abb. 152.

Abb. 153.

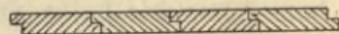


Abb. 155.



Abb. 156.



Abb. 154.

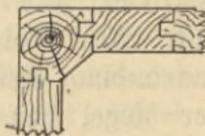


Abb. 157.

Zur Vermeidung eines Holzverlustes beim Herausarbeiten der Feder, zur Ersparnis an Arbeit und zur Vergrößerung der Wasserdichtigkeit der Spundwand werden die Spundbohlen und -pfähle auf beiden Anschlußseiten nur mit Nuten versehen und besondere Federn aus hartem Holze oder aus Bandeisen

hergestellt und durch Holzschrauben oder Nägel mit versenkten Köpfen an die Bohlen bzw. Pfähle befestigt (Abb. 158).

An allen Stellen, wo zwei Spundwände zusammentreffen, sowie in langen, geraden Wandflächen in Abständen von etwa 3 bis 4 m sind etwa 30 cm starke, vierkantig beschlagene, unten zugespitzte und an den Seiten, wo Spundwände angrenzen, genutete Eck-, Leit- oder Bundpfähle einzurammen (Abb. 154 und 157), an die Zangenhölzer zur Verbindung dieser Pfähle und zur Führung der Spundbohlen



Abb. 158.

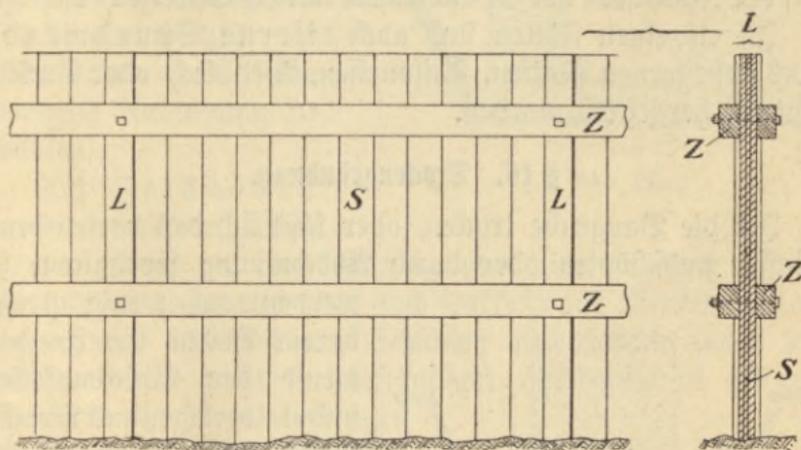


Abb. 159.

beim Einrammen angeschraubt werden. Es empfiehlt sich, ein Zangenpaar in Niedrigwasserhöhe und ein zweites in passend höherer Lage anzuordnen. Über dem ersteren wird dann die Spundwand nach fertiggestellter Gründung waagrecht abgeschnitten (Abb. 159). Der stehen bleibende Teil dient, wie bemerkt, zum dauernden Schutz des Fundamentes gegen Unterwaschung. Statt der Zangenhölzer werden bei schwächeren Spundbohlen auch Holme verwendet, in welche die Bohlen und Leitpfähle mit halbem, einzelne auch mit durchgehendem Zapfen eingreifen (Abb. 160).

Bohlen von 8 cm Stärke genügen in den meisten Fällen noch bis 2,0 m Wassertiefe, und 10 cm starke Bohlen können noch in Längen bis 3,5 m verwendet werden; für je 1 m größere Länge rechnet man 2 cm größere Stärke.

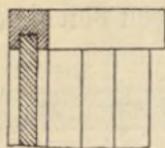


Abb. 160.

Undichte Spundwände kann man durch Ausfüllen der Fugen mit Moos, Berg oder Zement oder auch dadurch dichten, daß man wasserdichte (z. B. beiderseits mit einer Mischung von 10 Gewichtsteilen Teer und 1 Gewichtsteil Terpentinöl dreimal bestrichene), starke Leinwand (Segeltuch) auf der Innenseite der Spundwände mittels Spreizen befestigt.

In einzelnen Fällen sind auch eiserne Spundwände (aus gußeisernen Platten, Fassoneisen, Wellblech- oder Buckelplatten) hergestellt worden.

§ 16. Trockengründung.

Ist die Baugrube trocken, oder läßt sich das vorhandene Wasser ausschöpfen oder durch Abdämmung fernhalten, so werden auf wenig preßbarem Boden die Fundamente der Brückenpfeiler und -widerlager aus Bruchsteinmauerwerk, bei reichlich vorhandenen Mitteln auch aus Quadermauerwerk, und wenn die Brücke in Ziegelmauerwerk aufgeführt werden soll, zweckmäßig aus Klinkermauerwerk oder

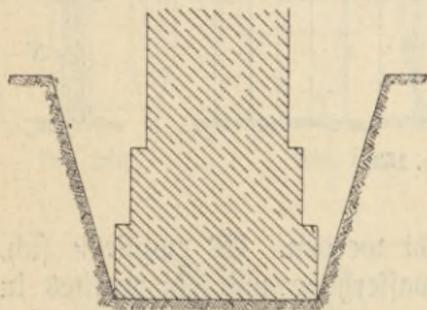


Abb. 161.

ebenfalls aus Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel so hergestellt, daß ihre Sohle frostfrei, d. h. mindestens 1,0 bis 1,25 m unter der Bodenoberfläche liegt. Befindet sich der tragfähige Boden in sehr geringer Tiefe, so genügt ein Fundamentabsatz (Bankett) von 0,5 bis 1,0 m Höhe und 10 bis 20 cm Vorsprung; bei tieferer Lage des festen Bodens ordnet man jedoch zweck-

mäßig mehrere solcher Abfätze (Abb. 161) oder einzelne Pfeiler an, die, bis zur tragfähigen Bodenschicht hinabgeführt, unten nach allen vier Seiten hin genügend verbreitert oder auch durch umgekehrte Bögen (Erdbögen) miteinander verbunden werden, um die Last auch auf die zwischen den Pfeilern gelegenen Baugrundflächen zu verteilen, und die oben eine Verbindung durch sog. Grundbögen erhalten, die unter der Erdoberfläche liegen müssen (Abb. 162).

Die Höhe eines jeden Fundamentabfazes ist nie kleiner als seine doppelte Ausladung zu wählen.

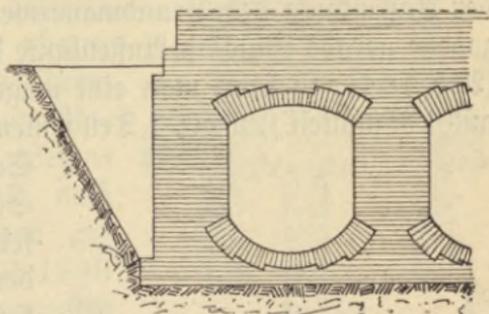


Abb. 162.

Auf Felsboden kann unmittelbar gebaut werden, wenn er frostbeständig und nicht schiefrig ist; es genügt, ihn wagerecht oder auch senkrecht zur Mitteldrucklinie einzuebnen. Verwitterte Schichten sind jedoch zuvor abzutragen, und nicht frostbeständiger Felsboden ist bis auf frostfreie Tiefe zu beseitigen oder durch reichliche, ringsum aufzuschüttende Erdmassen zu schützen. Geneigt liegende Felsmassen sind abzutragen.

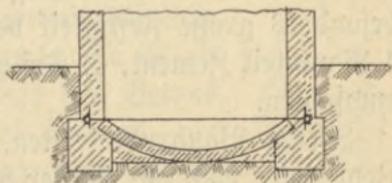


Abb. 163.

Bei ungünstiger Beschaffenheit des Baugrundes kann man auch, wie bereits in § 13 bemerkt wurde, Pfeiler und Widerlagsmauern durch umgekehrte Gewölbe miteinander verbinden und somit die ganze vom Bauwerk bedeckte Bodenfläche zum Tragen benutzen. Den Seitenschub solcher Erdgewölbe hat man durch eine sorgfältige Verankerung aufzuheben (Abb. 163).

§ 17. Betongründung.

Eine Betonschüttung empfiehlt sich besonders bei tiefer Lage des tragfähigen Bodens und dient dann zur Übertragung der Pfeilerlast auf eine möglichst große Grundfläche; bei hohem Wasserstande benutzt man sie auch zur Dichtung von Quellen.

Wählt man die Breite des Betonbettes so, daß eine von der Außenkante des Grundmauerwerkes unter $\alpha = 45^\circ$ gezogene gerade Linie die Außenkante der Baugrubensohle trifft (Abb. 164), so kann man eine magere Betonmischung (z. B. aus 1 Raumteil Zement, 1 Teil feinem Sand, 2 Teilen grobem

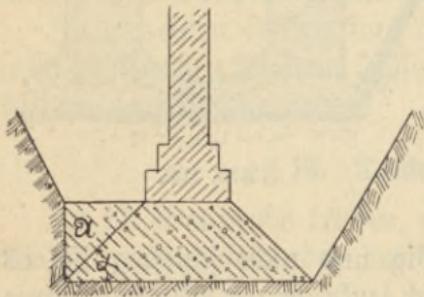


Abb. 164.

Sand, 2 Teilen grobem Schotter und 3 Teilen feinem Schotter) verwenden; Teil A in Abb. 164 kann als überflüssig auch fortgelassen werden. Bei Gründungen unter Wasser wird aber eine Mischung von 1,5 Raumteilen Zement, 2,5 Teilen Sand und 4 Teilen Schotter (von nicht über 4 cm Durchmesser) und, falls der Beton eine besonders große Festigkeit besitzen soll, eine Mischung von 1 Raumteil Zement, 2 Teilen Sand und 2 Teilen Schotter empfohlen.

Ist die Baugrube trocken, oder ist ihre Sohle nur wenige Zentimeter hoch mit Wasser bedeckt, so erfolgt das Einbringen des Betons auf schiefen Ebenen mittels Krücken und in Lagen von je 15 bis 20 cm Höhe, die festzustampfen oder besser festzuwalzen sind.

Ist die Betonschüttung aber unter Wasser auszuführen, so muß, weil in bewegtem Wasser nicht betoniert werden kann, die Baugrube zuvor durch eine Spundwand, einen Fangdamm oder einen Schwimmkasten ohne Boden umschlossen (Abb. 165), ihre Sohle ausgebaggert (von Schlamm

befreit) und der Beton zur Verhütung einer Auswaschung beim Fall durch das Wasser mittels eiserner Kästen, die aus zwei um ihre Längsachse drehbaren Viertelzylindern mit einem Gesamthalte von etwa 0,5 bis 1,0 cbm bestehen (Abb. 166), oder mittels hoher, hölzerner oder eiserner Trichter versenkt werden, die an ihrem oberen Rande Laufrollen, an ihrem unteren Rande Walzen zum Ein-ebnen der geschütteten Betonmasse besitzen (Abb. 167, nach Köll, Enzyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens S. 1880 Abb. 1101 b). Man verwendet auch wohl zur Schüttung Säcke,

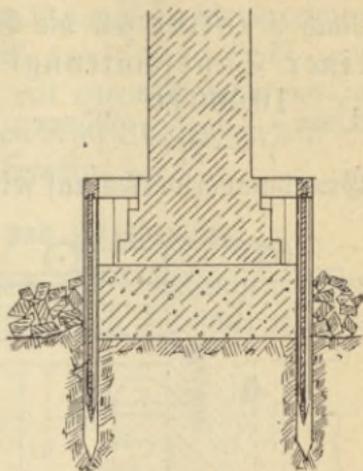


Abb. 165.

die am unteren Ende einen durch eine Schnur verschließbaren Schlitz haben. Der Beton ist möglichst schnell und jedesmal in möglichst großer Menge in Schichten von 0,6 bis 1,0 m Höhe einzubringen und darf nicht etwa gestampft werden. Vor Herstellung einer neuen Lage ist der stets vorhandene Zementschlamm mit Hilfe eines Sackbaggers zu entfernen.

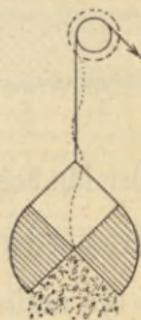


Abb. 166.

Die Stärke der Betonplatte ist abhängig vom Mischungsverhältnis des Betons, vom Grade der Preßbarkeit des Bodens, von der Belastung des Grundmauerwerkes und bei durchlässiger Sohle von dem zu bewältigenden, von unten kommenden Wasserdruck. Eine Platte von 1,0 m Stärke vermag bei wenig zusammendrückbarem Boden 4 bis 5 kg/qcm, bei nachgiebigem Boden jedoch nur etwa 2,5 kg/qcm zu tragen. Für die Pfeiler und Widerlager kleiner Brücken genügt meistens eine 0,75 bis 1,0 m hohe Betonschicht mit 15 bis 20 cm breiten Vorsprüngen. Soll die Betonplatte nur dem Wasserzudrange

von unten entgegenwirken, so ist ihre Stärke bei Backsteinschotter zu etwa 0,63 und bei Bruchsteinschotter zu etwa 0,5 der Höhe der drückenden Wassersäule anzunehmen. Nach Rankine soll die Stärke einer Betonschüttung (auch einer Sandschüttung) über weichem Boden betragen

$$d = \frac{10000 pc^2}{\gamma - \gamma_1 c^2} \text{ Meter,}$$

wenn p den größten Druck des Grundmauerwerkes auf seine Grundfläche in kg/qcm , γ das

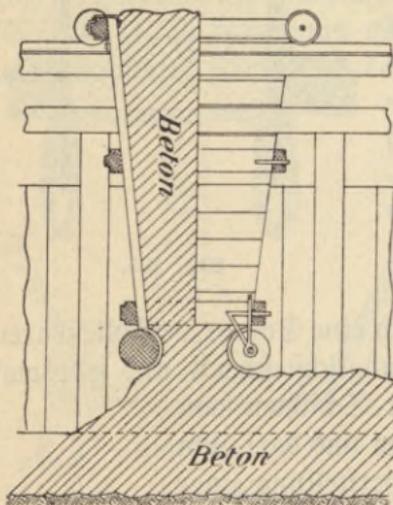


Abb. 167.

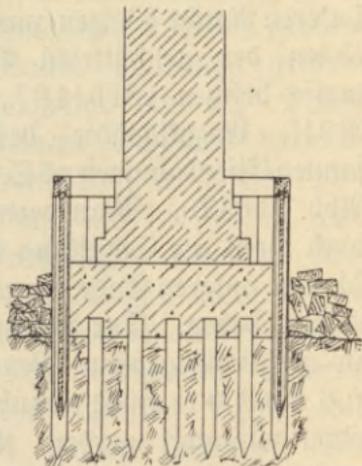


Abb. 168.

Gewicht des Betons (bzw. Sandes) und γ_1 das Gewicht weicher Erde in kg/cbm bedeutet und $c^2 = \left(\frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \right)^2$ ist, worin φ den natürlichen Böschungswinkel des Baugrundes bezeichnet (meist 30° bis $37,5^\circ$).

Um die Betonplatte biegefest zu machen und an Stärke zu sparen, hat man ein Geflecht aus schwachem Band- und Rundstahl (nach Monierschem System) in eine oder mehrere Betonschichten eingelegt oder alte Schienen, auch I-Träger in der Längsrichtung der Pfeiler einbetoniert.

Ist der Boden sehr nachgiebig und Wasser vorhanden, so empfiehlt es sich, die Betonplatte auf die Köpfe von Pfählen

(Grundpfählen) zu lagern, die in einzelnen Reihen zwecks guter Druckverteilung schachbrettartig einzurammen sind und mit ihren Köpfen noch 15 bis 30 cm in die mindestens 50 cm, besser jedoch 75 cm starke zu wählende Betonplatte hineinreichen müssen (Abb. 168). Ein solcher Betonpfahlrost ist zum Schutze gegen Unterspülung stets mit einer Spundwand zu umschließen; er wird in neuerer Zeit beim Brückenbau sehr oft angewendet, weil er sich stets gut bewährt hat.

§ 18. Schwellrostgründung und Sandschüttung.

Bei nachgiebigem, wasserhaltigem, tief anstehendem, aber gleichmäßigem Untergrunde kann man das Fundament leichter Bauwerke (z. B. Durchlässe unter Dämmen und Bachbrücken) durch einen liegenden Rost (Schwellrost) verbreitern (Abb. 169 und 170). Dieser Rost besteht aus Quer- und Langschwellen von in der Regel quadratischem Querschnitte und aus einem Bohlenbelage. Die 20 bis 30 cm starken Querschwellen werden normal zur Längsrichtung des Pfeilers in Entfernungen von 1,0 bis 1,5 m auf den eingeebneten Boden verlegt und die 25 bis 33 cm starken Langschwellen in 0,75 bis 1,0 m Entfernung entweder auf die Querschwellen aufgekämmt oder besser in sie 5 bis 7 cm tief eingeschnitten und mit hölzernen oder verzinkten eisernen Nägeln befestigt. Auf die Langschwellen werden 7 bis 10 cm starke, an beiden Enden um mindestens 5 cm vortretende Bohlen aufgenagelt oder auch ohne weitere Befestigung verlegt. Die Oberkante dieses Bohlenbelages muß

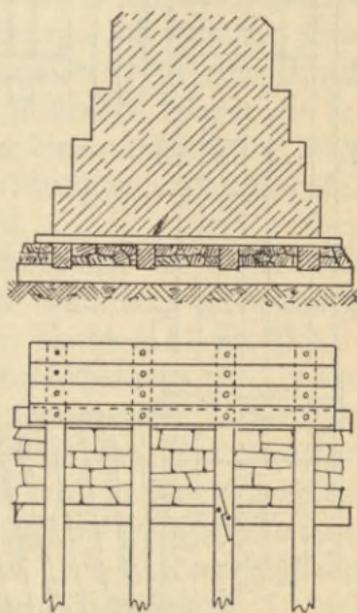


Abb. 169 und 170.

mindestens 30 cm unter dem bekannten niedrigsten Wasserstande liegen.

Der unterste Fundamentabsatz wird gewöhnlich bündig mit den äußeren Langschwellen angeordnet. Die Querschwellen

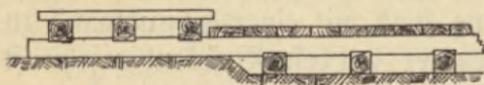


Abb. 171.

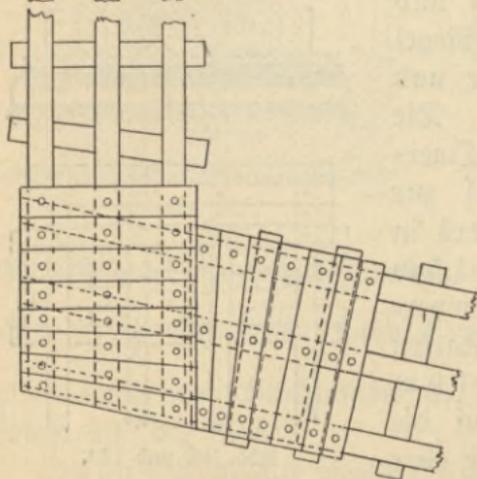
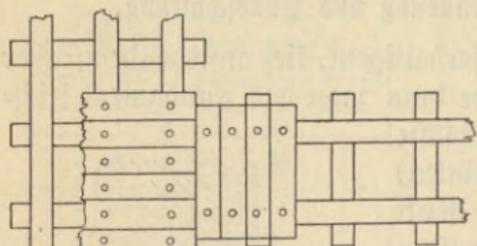


Abb. 172.

läßt man beiderseits um etwa 30 cm gegen die

Langschwellen vorstehen. Letztere sind über den Querschwellen mit Hakenblatt zu stoßen und die Stöße gegeneinander zu versetzen, so daß über jeder Querschwelle nur ein Stoß liegt.

Bei Durchlässen empfiehlt es sich, die Querschwellen von der einen Widerlagsmauer zur andern hindurchgehen zu lassen, also beide Mauern durch einen gemeinsamen Rost miteinander zu verbinden. Da ein Durchlaß in der Mitte unter der Dammkrone am stärksten belastet, hier also am stärksten durchgebogen wird und am ehesten nach unten klaffende Risse erhalten kann, so empfiehlt Brennecke, zu unterst Langschwellen

zu legen und deren Stöße durch starke Hakenblätter mit eisernen Ankern zu bilden, wenn aber unter die Langschwellen Querschwellen oder Bohlen gelegt werden sollen, diese unter der Dammkrone entsprechend der größeren Last

dichter zu legen und länger zu wählen als unter den Böschungen.

Auch wenn Seitenschübe zu erwarten sind, legt man die Querschwellen besser mit Verkämmung auf die Langschwellen und die Bohlen in die Zwischenräume der Querschwellen. An Mauerecken gehen die Langschwellen des einen Flügels über die des anderen hinweg und werden zur Vermeidung einer zu starken Schwächung der Hölzer aufgekämmt, so daß sich beide Bohlenbeläge in verschiedener Höhe befinden. Im übrigen erfolgt hier die Ausführung des Schwellrostes, wie die Abb. 171 und 172 zeigen (nach Lueger, Lexikon der gesamten Technik Bd. VII S. 94 Abb. 3).

Die Zwischenräume zwischen den Quer- und Langschwellen sind stets bis zur Höhe des Bohlenbelages mit Schotter, Kies, Ton oder Beton sorgfältig auszufüllen. Ist eine Unterspülung des Schwellrostes durch fließendes Wasser zu befürchten, so ist der Rost durch eine dicht anschließende, aber mit ihm nicht zu verbindende Spundwand zu umschließen oder durch eine Steinschüttung zu sichern.

Mitunter wird auch bei Brückenbauten der Schwellrost durch eine Sandschüttung ersetzt. Man kann deren Stärke nach der gleichen Formel berechnen, die im § 17 für Betonschüttung mitgeteilt wurde. Die Sandschüttung soll um das Maß ihrer Stärke vor das Grundmauerwerk vorspringen und gegen seitliches Ausweichen geschützt sein. Der am besten scharfkantige, reine und grobe Sand wird in einzelnen 10 bis 15 cm hohen Schichten eingebracht, die tüchtig einzuschlämmen, festzustampfen oder einzuwalzen sind. Ist die Sandschüttung unter dem Spiegel des Grundwassers auszuführen, so muß das Wasser unter der Sandschicht geschöpft werden, weil es nicht von unten aus in sie eindringen darf.

§ 19. Pfahlrostgründung.

Eine Pfahlrostgründung kann angewendet werden, 1. wenn die lockeren, auf dem tragfähigen Untergrunde aufliegenden Bodenmassen wasserhaltig sind, eine bedeutende Mächtigkeit

und eine nahezu gleiche Festigkeit besitzen und sich durch eingerammte Pfähle so stark verdichten lassen, daß die (sich übrigens mit der Zeit vermindernde) Reibung zwischen Pfahloberfläche und Bodenmasse für die Standfestigkeit des belasteten Pfahles genügt; 2. wenn der tragfähige Boden in erreichbarer Tiefe liegt, die Pfähle also mit ihren Spitzen im festen Boden stehen und auf ihn die Last des Bauwerkes übertragen können, und wenn die Pfähle stets unter Wasser bleiben.

Die Pfähle besitzen meistens einen kreisrunden Querschnitt und bestehen in der Regel aus abgeborcktem Kiefernholz, mitunter auch aus Eichen-, Buchen- oder Erlenholz. Sie sollen gerade gewachsen und ohne gewundene Fasern sein. Man treibt sie mittels Rammen oder Rammaschinen, bei Sand- und Kiesboden und bei leicht abflößbarem Boden auch wohl mittels Wasserspülung gewöhnlich mit dem dünneren Ende nach unten und am besten in der Richtung des Druckes ein, stellt sie also, wenn die Beanspruchung der Last (wie z. B. bei Gewölbe-widerlagern) nicht lotrecht erfolgt, schräg, um eine Verschiebung nach Möglichkeit zu verhüten. Oft aber begnügt man sich damit, nur einzelne Pfähle schräg einzurammen und mit den senkrecht stehenden zu verholzen.

Damit die Pfähle leichter in den Boden eindringen, erhalten sie am unteren Ende eine pyramidenförmige Zuspitzung, deren Länge gleich dem Aunderthalb- bis Dreifachen der unteren Pfahlstärke und um so kleiner gewählt wird, je fester der Boden ist (Abb. 173), und bei kieseligem oder steinigem Boden entweder einen vierlappigen schmiedeeisernen Pfahlschuh mit Stahlspitze (Abb. 174) oder einen kegelförmigen gußeisernen Pfahlschuh (Abb. 175) usw.

Erfolgt das Eintreiben der Pfähle mit Hilfe schwerer Rammhären bei großer Fallhöhe, so wird der Pfahlkopf zur Verhütung eines Aufspaltens oder Zerfaserns abgeschrägt oder besser mit einem schmiedeeisernen, 2,5 bis 5 cm starken und 5 bis 10 cm hohen Ring verstärkt.

Die Länge der Pfähle wird nach derjenigen eingerammter Probepfähle bemessen. Ergibt sich hiernach eine größere Länge

als etwa 12 bis 15 m, so nimmt man von der Pfahlrostgründung besser Abstand, weil dann andere Gründungsarten weniger Kosten verursachen.

Die Pfahlstärke d hängt von der Länge l , der Einrammungstiefe und der Bodenbeschaffenheit ab und wird bei Grundpfählen, d. h. bei den ganz oder nahezu ganz im Boden stehenden Pfählen, also bei tief liegendem Pfahlrost, meistens zu

$$d = 0,12 + 0,031 \text{ Meter,}$$

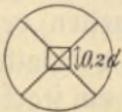
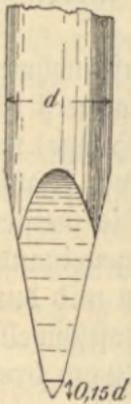


Abb. 173.

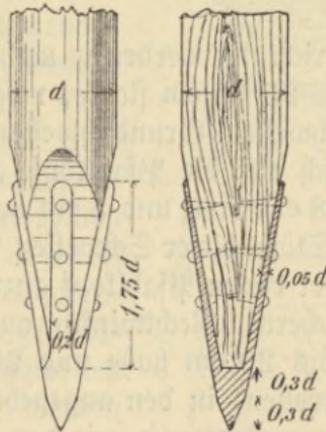


Abb. 174.

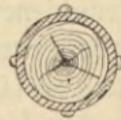
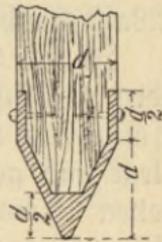


Abb. 175.

und bei Langpfählen, d. h. bei den um ein größeres Stück aus dem Boden herausragenden Pfählen, also bei hoch liegendem Pfahlrost, zu

$$d = 0,15 + 0,0275 l \text{ Meter}$$

gewählt.

Die Last, die ein Pfahl noch zu tragen vermag, ohne tiefer einzusinken, berechnet sich nach Brix zu

$$P = \frac{h \cdot Q^2 \cdot q}{e \cdot (Q + q)^2}$$

In dieser Formel bedeutet Q das Rammbärgewicht in Kilogrammen, q das Pfahlgewicht in Kilogrammen, e die

Eindringungstiefe des Pfahles beim letzten Schlage in Millimetern und h die Fallhöhe des Rammbaren in Millimetern.

Die Pfähle werden in Reihen, deren Abstand gewöhnlich 0,8 bis 1,25 m beträgt, und in Entfernungen von etwa 1,0 bis 1,5 m von Mitte zu Mitte am besten in neßförmiger Anordnung eingerammt, so daß unter jedem Kreuzungspunkt der Lang- und Querschwellen ein Pfahl steht. Sie sind oben rechtwinklig zu ihrer Längenrichtung so tief abzuschneiden, daß die Oberkante der auf die Pfähle zu setzenden Holzkonstruktion noch mindestens 30 cm unter dem bekannten niedrigsten Wasserstande liegt.

In der Längenrichtung werden je nach der aufzunehmenden Last 20/25 bis 25/30 cm starke, möglichst lange Krostschwellen (Langschwellen, Grundswellen oder Holme) verlegt und gewöhnlich auf die Pfahlköpfe aufgezapft (Zapfen etwa 16 cm lang, 8 cm breit und 5 cm hoch). Die meistens stumpf gewählten Stöße dieser Schwellen sind gegeneinander zu versetzen, je über einem Pfahlkopf anzuordnen und durch Eisenschienen zu sichern. Rechtwinklig auf die Krostschwellen werden etwa 15 bis 20 cm hohe und 20 bis 30 cm breite Zangen (Querschwellen) in den angegebenen Entfernungen von 1,0 bis 1,5 m verlegt und mit den Krostschwellen verkämmt oder, um diese nicht zu sehr zu schwächen, verblattet. Schließlich wird zwischen den Zangen ein 8 bis 10 cm starker Bohlenbelag auf die Krostschwellen aufgebracht und mittels hölzerner oder verzinkter eiserner Nägel befestigt (Abb. 176 bis 178). Auf den Bohlenbelag wird das Grundmauerwerk aufgesetzt.

Ein hochliegender Pfahlrost kommt bei sehr hohem Wasserstande zur Anwendung; man läßt die Pfähle freistehen, oder verbindet sie zur Verhütung eines Knickens mit schrägen Streben und schützt sie durch dazwischengebrachte Steinschüttungen oder Senkfaschinen (Abb. 179).

An den Eckpunkten der Widerlagsmauern kämmt man die Langschwellen wie beim Schwellrost aufeinander. Die äußersten Pfahlreihen ordnet man oft nicht bündig mit dem

Grundmauerwerk an, damit ihre Pfähle keine geringere Belastung erhalten als die Pfähle der inneren Reihen.

Zur Sicherung gegen Unterspülung wird der Pfahlrost mit einer zuvor herzustellenden Spundwand umschlossen, auch wird der Raum zwischen den Pfählen des tiefliegenden Rostes und dem Grunde mit Schotter, Kies, Ton, Bruchsteinmauerwerk oder Beton sorgfältig ausgefüllt. Stehen die Spundbohlen bzw. Spundpfähle in festem Boden, so kann die Spundwand mit zum Tragen benutzt werden; Querschwellen und Bohlenbelag werden dann über die Spundwand hinweggeführt (vgl. Abb. 176).

Statt der hölzernen Pfähle sind neben gußeisernen Röhrenpfählen mit am untersten Stück angegoßener Pfahlschraube namentlich massive schmiedeeiserne Schraubenpfähle, bei

denen die Schraube ein besonderes, gewöhnlich aus Gußstahl gefertigtes und mit dem Pfahl durch Nut und Feder oder durch Keile bzw. Stifte verbundenes Stück bildet, zu Brückenpfeilern mehrfach verwendet worden. Diese Pfähle werden mit Hilfe

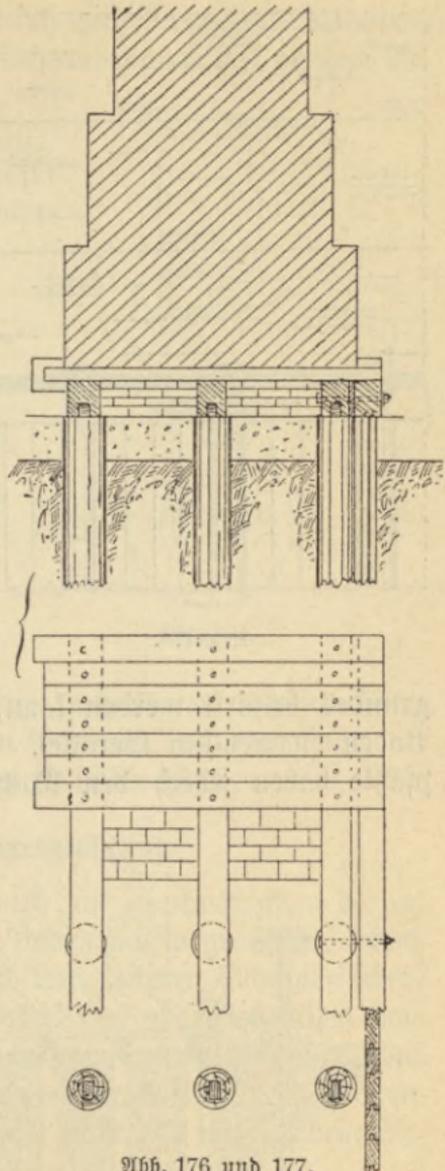


Abb. 176 und 177.

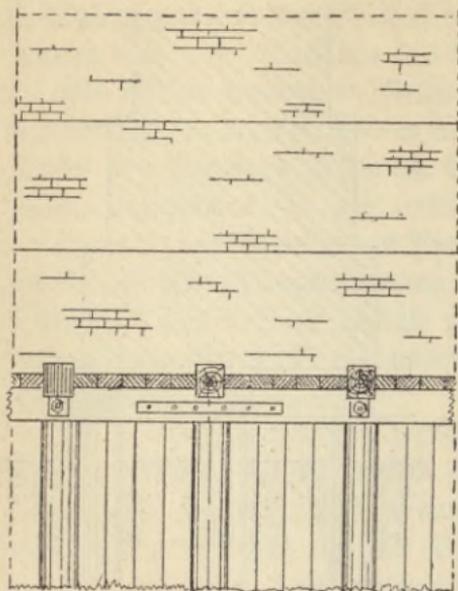


Abb. 178.

starker Hangel von festen oder schwimmenden Gerüsten aus, oft unter künstlicher Belastung in den Boden eingebohrt. Die eisernen Pfähle eignen sich besonders da, wo Holzpfähle eine geringere Dauer besitzen würden, also bei wechselndem Wasserstande und an der See, ferner bei Verlängerungen von Brückenpfeilern, weil das Einschrauben ohne Erschütterung des alten Bauwerkes und ohne Auflockerung des Baugrundes bewirkt werden kann, und endlich bei steinigem Boden (namentlich Gerölle). Schmiedeeiserne Schraubenspähle haben jedoch den Nachteil des leichten Verrostens.

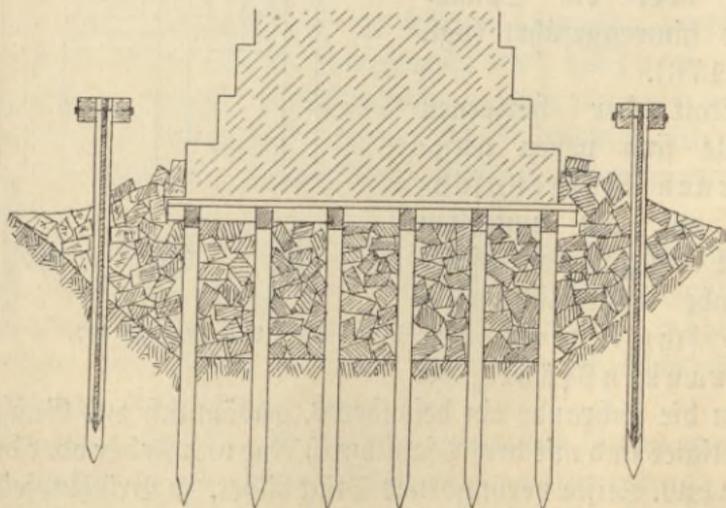


Abb. 179.

Für weichen Boden eignet sich nach Brennecke besonders die in Abb. 180 dargestellte Schraubenform mit großem Gewindedurchmesser (bis 1,5 m), mit flacher Neigung (von 20° bis 30°) und aus einem Gang, dagegen für sehr festen, mit Steinen unter-

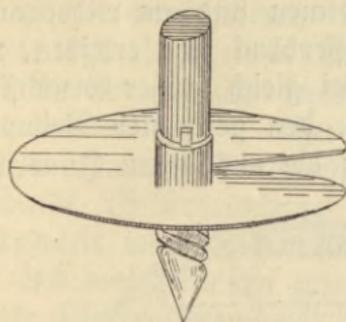


Abb. 180.

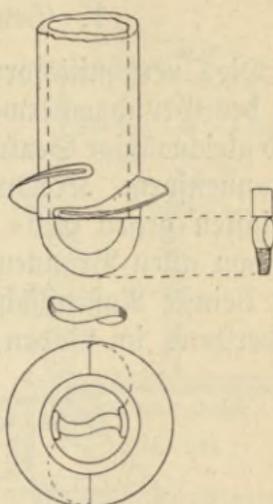


Abb. 181.

mischten Tonboden ein hohler, gußeiserner, unten offener Schraubenpfahl mit doppeltem Gewinde, von dem jedoch nur je ein halber Gang ausgebildet ist (Abb. 181).

§ 20. Brunnengründung.

Eine Brunnengründung wird am zweckmäßigsten da angewendet, wo der tragfähige Boden sich in größerer, jedoch erreichbarer Tiefe befindet und von lockeren Schichten überlagert ist, die sich ohne Schwierigkeiten abgraben lassen (wie z. B. gleichmäßiger Sand, Schlamm und Moor) und ohne schwer zu beseitigende feste Einlagerungen sind (z. B. größere Steine, Baumstämme usw.), auch nicht aus sehr grobem Gerölle bestehen.

Brunnengründungen finden im Brückenbau sehr häufig, selbst bei kleinen Durchlässen, Verwendung; sie lassen sich schnell und verhältnismäßig billig ausführen und sind, wenn sie aus Mauerwerk oder Eisen hergestellt werden, unabhängig von der Höhenlage des Wasserpiegels.

Man unterscheidet gemauerte, eiserne und hölzerne Senkbrunnen.

1. Gemauerte Senkbrunnen.

Die Querschnittsform der Senkbrunnen ist nach dem Grundriß des Grundmauerwerkes zu bestimmen. Für eine bequeme und gleichmäßige Senkung ist die Kreisform die geeignetste Brunnenform. Kreisrunde Brunnen sind am widerstandsfähigsten gegen Erd- und Wasserdruck und erleiden, weil sie von allen Brunnenformen bei gleich großer Grundfläche die kleinste Außenfläche besitzen, den geringsten Reibungswiderstand im Boden, auch ist die aus ihrem Innern zu

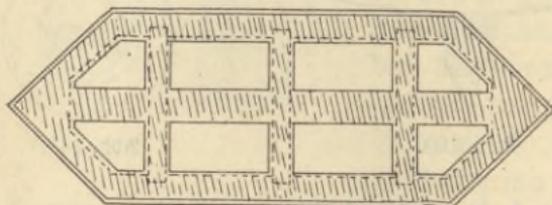


Abb. 182.

fördernde Bodenmasse von geringstem Inhalte; sie haben aber den Nachteil, daß sie bei ungenauer Herstellung ihrer Außenflächen während der Senkung leicht in Umdrehung versetzt werden.

Bei starkem Seitenschube ist die gegen einen solchen widerstandsfähigere quadratische oder rechteckige Querschnittsform vorzuziehen; ihre Ecken sind der gleichmäßigeren Senkung wegen stets abzustumpfen oder abzurunden. Auch ovale Senkbrunnen finden Verwendung.

In einzelnen Fällen hat man den ganzen Brückenpfeiler auf einen einzigen, durch Scheidewände in eine Anzahl kleinerer Hohlräume zerlegten Brunnen gesetzt (Abb. 182). Dies empfiehlt sich aber nicht, weil die Senkung so großer Brunnen ungemein schwierig ist. Zweckmäßiger bildet man das Fundament aus mehreren kleineren Brunnen, deren Zahl von der Größe und Grundrißform der Brückenpfeiler abhängt.

In den Abbildungen 183 bis 190 sind einige Brunnen-
gründungen dargestellt, und zwar in den Abb. 183 bis 185
die Gründung eines kleinen Durch-
lasses der Wannseebahn (Lueger
a. a. D. Bd. II S. 739 Abb. 3), in
den Abb. 187 u. 188 die Gründung
eines Durchlasses mit Parallelfügeln
(„Deutsches Bauhandbuch“ Bd. III
S. 331 Abb. 427/8), in den Abb. 188
und 189 eine aus zehn kreisrunden
Brunnen von 4,10 m äußerem und
2,05 m innerem Durchmesser be-
stehende Pfeilergründung (nach
Brennecke) und endlich in Abb. 190
eine aus drei Brunnen zusammen-
gesetzte Pfeilergründung.

Die Grundfläche der Brunnen-
wandung ist nach der Tragfähigkeit
des Baugrundes zu bestimmen und
die Innenweite so groß zu wählen,
daß der Boden aus dem Brunnen-
schacht bequem gefördert werden

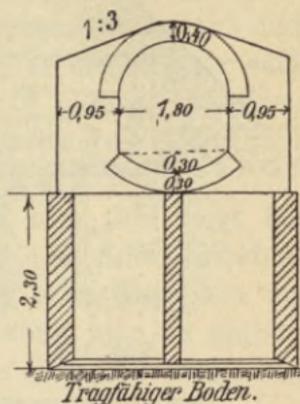


Abb. 183.

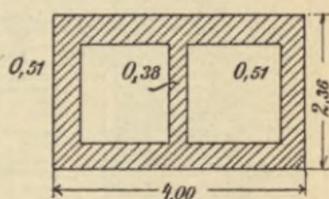


Abb. 184.

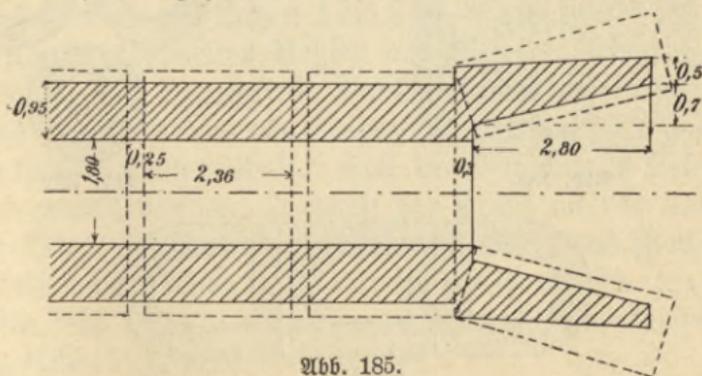


Abb. 185.

kann. Die Wandstärke ist reichlich zu bemessen, da die Brunnen
die Pfeilerlast mit tragen helfen; sie wird bei den kleinsten
Brunnen nicht schwächer als 25 cm gewählt und schwankt bei

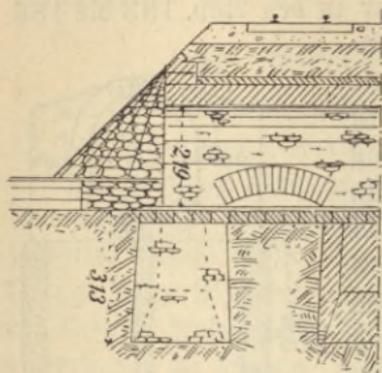


Abb. 186.

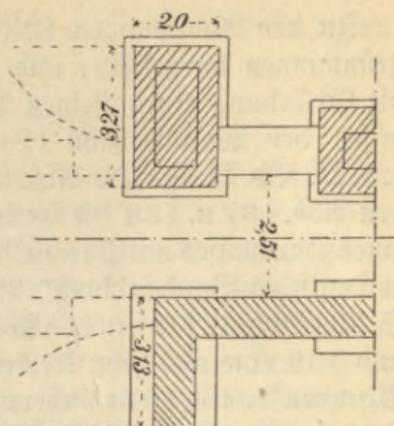


Abb. 187.

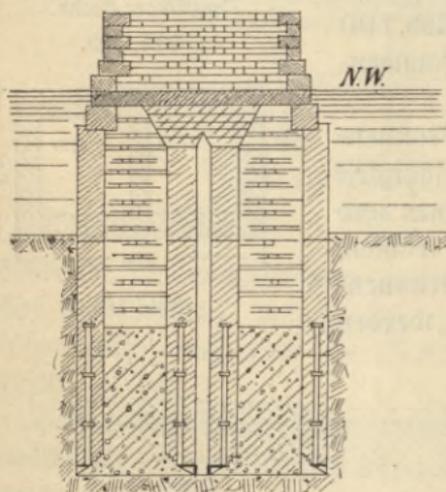


Abb. 188.

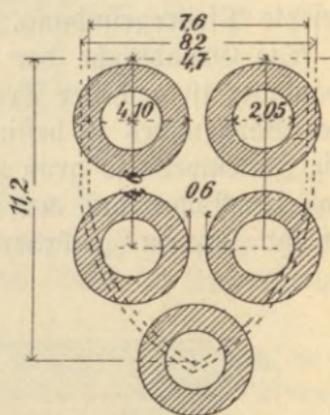


Abb. 189.

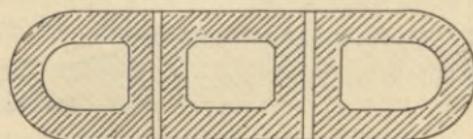


Abb. 190.

größeren Brunnen in der Regel zwischen 0,51 und 1,04 m. Je schwerer die Brunnen sind, desto besser können sie gesenkt werden.

Zur Erleichterung des Senkens werden die Außenflächen der Brunnen entweder gleichmäßig von oben bis unten oder nur im unteren Teile mit der Neigung $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{20}$ aufgeführt und mit fettem Zementmörtel glatt verputzt, um zugleich auch die Wasserundurchlässigkeit zu erhöhen; es genügt aber auch, die Fugen sauber zu verstreichen und zu glätten. Verjüngt man den Brunnen nur in seinem unteren Teile, so ist ein Abreißen dieses Stückes beim Senken zu befürchten.

Zur Verhütung eines Aufhängens oder Abreisens des Brunnenmauerwerkes beim Durchsinken wechselnder Schichten von Sand und Ton oder Lehm oder beim Aufstoßen auf größere Steine, Baumstämme u. dgl. ordnet man im unteren Teile des Brunnens senkrechte Anker an (vgl. Abb. 188), auch schützt man Brunnen mit ebenen Wandflächen gegen Verdrückung häufig durch wagrechte Anker oder Streben.

Als Unterlage für das Brunnenmauerwerk dient ein Brunnen-schling oder Brunnenkranz, der gewöhn-

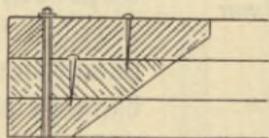


Abb. 191.

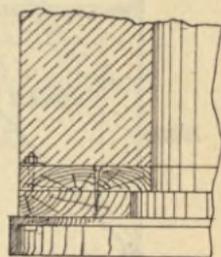


Abb. 192.

lich aus drei bis vier Lagen 4 bis 8 cm starker, unter sich verbolzter und vernagelter Bohlen aus Kiefern-, Eichen- oder Buchenholz (Abb. 191) besteht. Der Querschnitt dieses Brunnenkranzes bildet meistens ein Trapez oder ein Dreieck von 0,08 bis 0,12 qm Flächeninhalt. Soll der Brunnen in steinigem Boden gesenkt werden, so erhält der Kranz an der unteren Kante einen schneidenartig vorstehenden Ring aus Flacheisen oder besser, weil dieses leicht abreißt, aus Formeisen (L- oder \perp -Eisen, Abb. 192), oder man verwendet einen schmiedeeisernen Kranz (Abb. 193, nach Brennecke).

Die unteren Schichten des Brunnenmauerwerkes werden in der Regel aus Klinkern in nicht zu langsam bindendem Zementmörtel, von der Flußsohle an aufwärts aber vielfach aus hammerrecht bearbeiteten Bruchsteinen oder aus Quadrern

hergestellt. In neuerer Zeit fertigt man die Brunnen auch vielfach aus Stampfbeton.

Bei Gründungen auf dem Lande wird vor der Versenkung eine genügend große Grube etwa 1,50 m tief bzw. bis auf den Grundwasserspiegel ausgehoben, auf ihre eingeebnete Sohle der Brunnenkranz genau wagerecht verlegt und darüber das Mantelmauerwerk, bei großer Gründungstiefe am besten in voller Höhe, andernfalls zunächst nur in einer Höhe von 1,50 bis 2 m aufgeführt und dann während der Brunnenversenkung nach und nach abatzweise erhöht. Dann

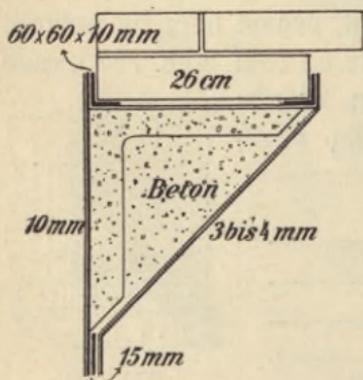


Abb. 193.

wird der Boden aus dem Brunnen schacht, solange das Wasser ausgeschöpft werden kann, mittels Schaufel, wenn aber der Wasserandrang zu stark wird oder das Wasser zur Verhütung einer Auflockerung des dem Brunnen benachbarten Bodens nicht ausgepumpt werden darf, mittels Sackbagger oder indischer Schaufel ausgehoben, wodurch der Brunnen zum Sinken gebracht wird.

Zur Beschleunigung der Senkung

pflügt man den Brunnen mit Eisenbarren, alten Eisenbahnschienen oder schweren Steinen zu belasten (Abb. 194).

Ist die Gründung in tiefem, stark fließendem Wasser vorzunehmen, so wird der in voller Höhe aufgemauerte Brunnen am besten mittels Flaschenzügen oder Schraubenspindeln von festen, auf eingerammten Pfählen stehenden Gerüsten aus oder, wenn mehrere Brunnen zu versenken sind, von schwimmenden, auf zwei gekuppelten Schiffen errichteten Gerüsten aus auf die Bodenoberfläche hinabgelassen und darauf mit der Senkung begonnen.

In stehendem oder langsam fließendem, nicht zu tiefem Wasser empfiehlt es sich häufig, mittels Sandschüttung eine künstliche Insel zu bilden und dann in gleicher Weise die

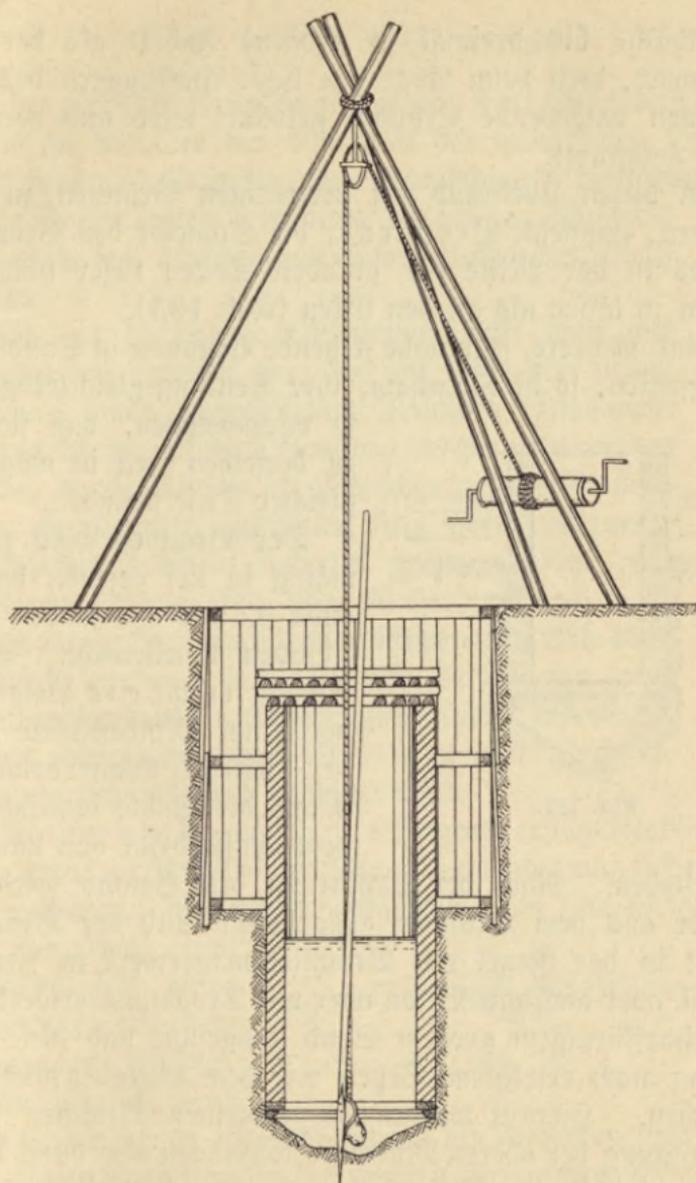


Abb. 194.

Senkung des Brunnens vorzunehmen, als wenn sie auf dem Lande erfolgen sollte.

Die aus dem Brunnenschachte geförderte Bodenmasse hat stets einen größeren (bei rechteckigem Brunnen z. B. oft einen

anderthalb- bis dreimal so großen) Inhalt als der des Brunnens, weil beim Abgraben bzw. Ausbaggern das den Brunnen umgebende Erdreich gelockert wird und von der Seite nachstürzt.

Um diesen Übelstand bei rechteckigen Brunnen zu vermindern, empfiehlt Brennecke, die Schneide des Brunnenfranzes in der Mitte der geraden Seiten tiefer hinunterreichen zu lassen als an den Ecken (Abb. 195).

Sind mehrere, sehr nahe stehende Brunnen in Sandboden zu versenken, so ist es ratsam, ihre Senkung gleichzeitig und so vorzunehmen, daß sie sich zu derselben Zeit in möglichst gleicher Tiefe befinden.

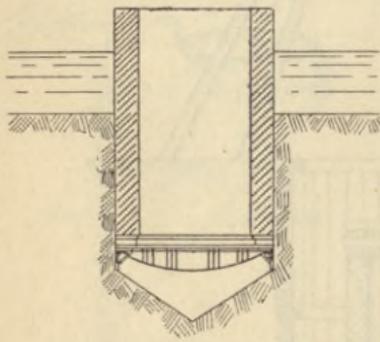


Abb. 195.

Der Brunnen wird zweckmäßig so tief gesenkt, daß er etwa 0,6 bis 1 m in den festen Boden hineinreicht. Sein Schacht erhält eine Betonsohle von einer Mindeststärke gleich der halben Wasserdruckhöhe, damit die Sohle imstande ist, dem Wasserdruck von unten zu

widerstehen. Nach der Erhärtung des Betons wird das Wasser aus dem Brunnen ausgeschöpft und der Brunnen-schacht in der Regel mit Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel, aber auch mit Beton oder mit Trockenmauerwerk oder mit scharfkörnigem grobem Sand ausgefüllt und diese Ausfüllung nach erfolgtem Setzen mit dem Brunnenrande abgeglichen. Hierauf werden die einzelnen Brunnen durch Ausfragung der oberen Mauerwerksschichten oder durch Überdeckung mit starken Steinplatten oder durch mindestens zwei Stein starke, meist halbkreisförmige Gurtbögen, aber auch durch solche von $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{8}$ Pfeil miteinander verbunden. Unmittelbar darüber wird das Grundmauerwerk des Brückenpfeilers aus hammerrecht bearbeiteten Bruchsteinen, Quadern oder Klinkern in Zementmörtel aufgeführt.

2. Eiserne Senkbrunnen.

Bei größerer Gründungstiefe und stark fließendem Wasser sowie an der See hat man statt der gemauerten Brunnen auch ganz aus Gußeisen oder Schmiedeeisen bestehende oder solche Senkbrunnen verwendet, die bis zur Flußsohle aus Gußeisen, darüber aus Schmiedeeisen hergestellt waren.

Die gußeisernen Brunnen stellt man aus einzelnen Trommeln her, die mit Hilfe von wagerechten, innen angegossenen Flanschen zusammengeschraubt und, falls die Brunnen ausgepumpt werden sollen, durch zwischen die Flanschen gelegte Gummi- oder Hanfschnüre, geteerten Filz oder verstemmte Bleiplatten gedichtet und bei größerer Höhe oder stärkerem äußeren Erd- oder Wasserdruck noch durch innen angegossene ringförmige Rippen (*r* in Abb. 196) verstärkt werden. Bei größerem Durchmesser wird jede Trommel aus einzelnen Segmentstücken zusammengesetzt, deren senkrechter Stoß in gleicher Weise zusammengeschraubt und gedichtet wird.



Abb. 196.

Die Senkung der gußeisernen Brunnen erfolgt wie die der gemauerten; zur Brunnenausfüllung verwendet man in der Regel Zementbeton. Brennecke empfiehlt, den Gußeisenzylinder zur Verhütung eines Reißens bis unter Frostlinie mit dem elastischeren Asphaltbeton auszufüllen und



Abb. 197.

zur Verhinderung eines Abreißens der Flanschen statt der oft gewählten Ausfüllung der inneren Brunnenwand mit Holz, die den Übelstand besitzt, daß der Beton nach dem Verfaulen des Holzes den Brunnen schacht nur unvollständig ausfüllt, die wagerechten Stöße der Trommeln nach Abb. 196 und die senkrechten nach Abb. 197 zu bilden (*a* Dichtungstoff, *b* Scheiben mit Verpackung zur Verhinderung des Wasser-

zuflusses längs der Schraube). Bei diesen Konstruktionen vermag sich der Zylinder bei Wärmeänderungen ungehindert auszuweiten und zusammenzuziehen.

Schmiedeeiserne Brunnen werden rechteckig oder rund gestaltet und aus Blechen zusammengenietet, die je nach der Brunnenweite zwischen 6 und 13 mm stark gewählt und durch Fassoneisen (L-, U- und I-Eisen) ausgesteift werden (Abb. 198). Stellt man diese Brunnen aus einzelnen Ringen her, so verbindet man letztere durch Schrauben, die durch aufgenietete L-Eisenflanschen gezogen werden.

Man gibt den schmiedeeisernen Brunnen senkrechte oder im unteren Teile, besser aber, wie bemerkt, auf ganze Höhe schwach geneigte Seitenwände. Die Brunnenhöhe wird in der Regel so bemessen, daß der Blechmantel nach der Versenkung des Brunnens noch etwas über Niedrigwasserhöhe reicht. Auch hier wird zur Ausfüllung des Brunnenschachtes Beton gewählt. Um die Senkung zu beschleunigen, ist empfohlen worden, das Gewicht des Brunnens durch ringförmige Ausmauerung zu vergrößern.

3. Hölzerne Senkbrunnen.

Man wendet hölzerne Senkbrunnen hauptsächlich bei mäßiger Gründungstiefe und bei solchen Bodenschichten an, die nur einen geringen Seitenschub ausüben.

Bei geringer Brunnenhöhe fertigt man die hölzernen Senkbrunnen aus 4 bis 5 cm starken Bohlen, die senkrecht gestellt und durch wagerechte, etwa 15 cm starke Riegel sowie durch schräge Streben zusammengehalten und versteift werden (Abb. 199).

Bei größerer Gründungstiefe dagegen stellt man ein Gerüst aus 12 bis 20 cm starken Eckständern, Riegeln und Streben in der voraussichtlich erforderlichen Höhe her und benagelt dasselbe außen entsprechend dem Fortschreiten der

Senkung nach und nach mit 5 bis 8 cm starken, wagerecht liegenden Bohlen, so daß an den Ecken Langholz mit Hirnholz abwechselte (Abb. 200).

Ist die Senkung des quadratischen, rechteckigen oder vieleckigen, zur Erleichterung des Einsinkens mit unter $\frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{20}$ geneigten Seitenwänden hergestellten Brunnens bis auf die erforderliche Tiefe ausgeführt, so wird der Brunnen bis zum niedrigsten Wasserspiegel ausbetoniert, dann mit Bruchsteinen ausgemauert und endlich mit Gurtbögen überspannt.

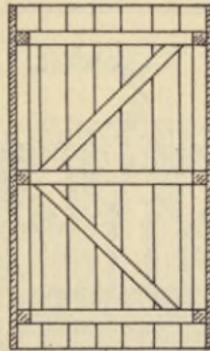


Abb. 199.

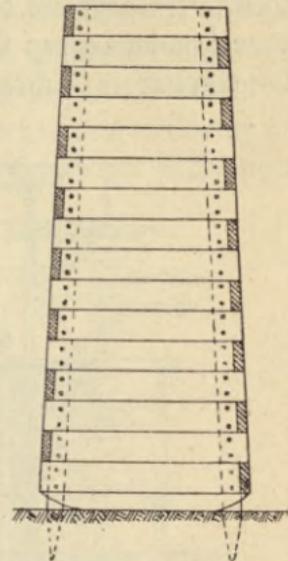


Abb. 200.

Bei Verwendung von eisernen und hölzernen Senkbrunnen muß das Pfeilermauerwerk über der Beton- und Bruchsteinausfüllung so aufgeführt werden, daß die Brunnenwandung selbst keine Belastung erhält.

§ 21. Preßluft- und Gefriergründung*).

Bei der Preßluftgründung wird ein an den Seiten und oben geschlossener, unten offener, hohler, aus Eisen, Mauerwerk oder Holz hergestellter Senkkasten (caisson), auf dessen Decke das Grundmauerwerk unmittelbar aufgesetzt wird, auf die Flußsohle hinabgelassen, dann durch Einpressen von verdichteter Luft wasserfrei gehalten, hierauf durch Ausgraben des Untergrundes im Innern des Senkkastens (Arbeitsraumes, A in Abb. 201) und Förderung der gelösten Bodenmassen ins Freie allmählich auf eine sichere, genügend tragfähige Boden-

*) Ausführliches über diese Gründungsarten findet man in dem Werke von L. Brenneke, Der Grundbau (Berlin 1887) auf S. 193 bis 333.

schicht versenkt und endlich bis zur Decke mit hartgebrannten Backsteinen in Zementmörtel oder mit Beton ausgefüllt.

Bei gemauerten und bei kleinen oder mittelgroßen eisernen Senkfastrn geschieht die Senkung bis auf den Grund von festen oder schwimmenden Gerüsten aus mit Hilfe besonderer Senkungsapparate (Schraubenspindel). Große eiserne und nament-

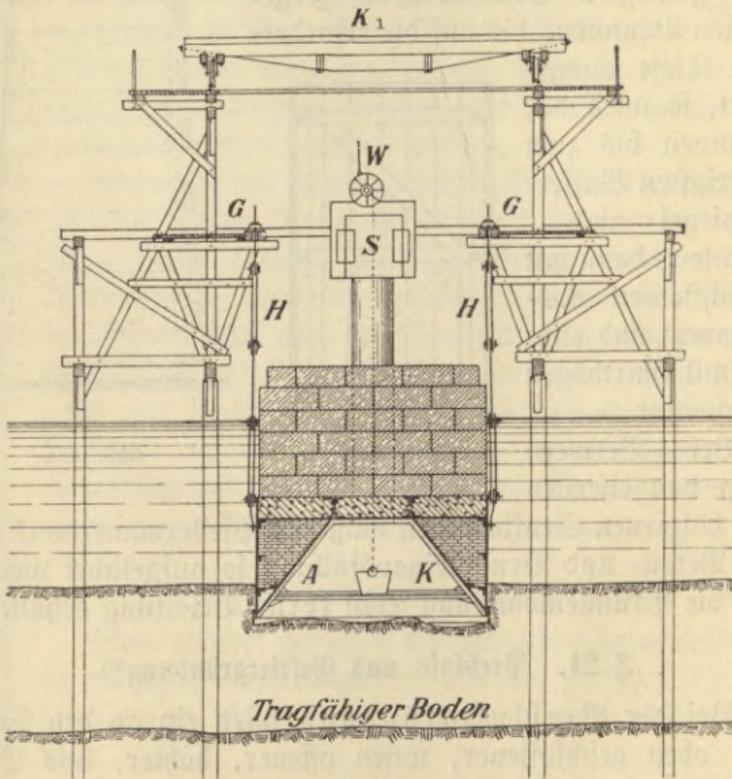


Abb. 201.

lich hölzerne Senkfastrn werden bei tiefem Wasser dadurch zum Niedersinken gebracht, daß man sie durch Anbringung eines wasserdichten eisernen bzw. hölzernen Mantels über der Decke in einen Schwimmkörper verwandelt und innerhalb dieses Mantels das Grundmauerwerk auführt.

In Abb. 201 bedeutet S die Luftschleuse, die zugleich das Aus- und Einsteigen der Arbeiter vermittelt, K den Küssel,

in dem der gelöste Boden mittels der Winde *W* emporgehoben wird, *G* das Gerüst zur Aufnahme der Baustoffe und *K*₁ den fahrbaren Kran zum Verlegen der Quader. Die Stellung des Senkkastens wird mit Hilfe der Hängestangen *H* geregelt. Der gelöste Boden wird zunächst in der Schleuse entleert und aus dieser mit Hilfe besonderer Vorrichtungen entfernt.

Bei dem Pötsch'schen Gefrierverfahren wird eine Anzahl schmiedeeiserner Röhren mit eingeschnittenen Schrauben-

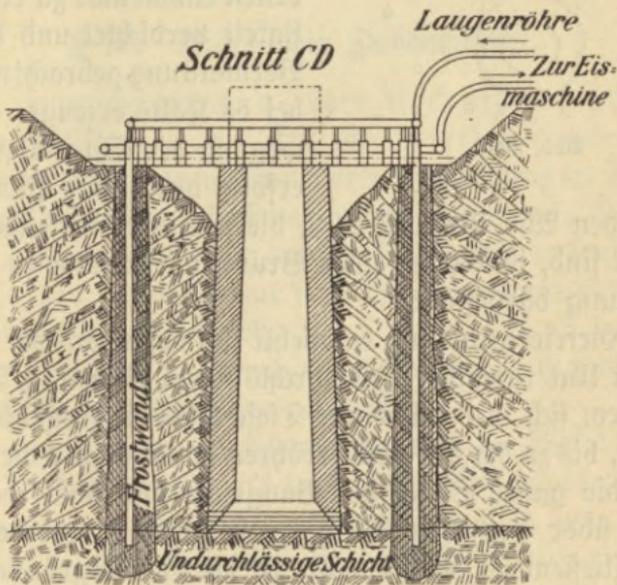


Abb. 202.

gewinden durch Vorbohren in den Boden eingetrieben und am besten im Kreise so um die auszusachtende Stelle angeordnet, daß die Röhren noch etwa 1 m von ihr entfernt bleiben (Abb. 202); dann wird der benachbarte Boden durch eine in den Röhren zirkulierende, durch künstlich erzeugte Kälte tiefgekühlte Chlorkalziumlauge zum Gefrieren gebracht, so daß um die Gründungsstelle eine geschlossene Frostwand entsteht, die während der Gründungsarbeiten die Baugrube sowohl vor dem Wasserandrang als auch vor dem Zutrang des im eingefrorenen Zustande leichtbeweglichen Erdreiches schützt.

Hierauf wird die Baugrube, deren Bodenmasse bei der empfohlenen Anordnung der Gefrierrohren selbst nicht zum Gefrieren kommt, für das Grundmauerwerk ausgeschachtet oder eine andere Gründung ausgeführt.

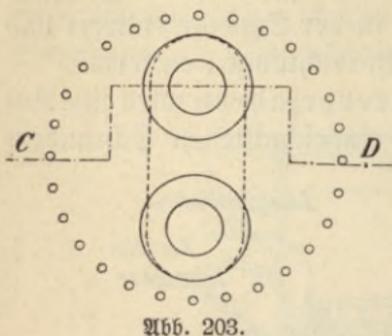


Abb. 203.

Zur Erzeugung der Kälte dienen Maschinen (z. B. die von der Firma Oskar Kropf in Nordhausen fabrizierten), in denen Ammoniak zu einer Flüssigkeit verdichtet und dann zur Verdunstung gebracht wird, wobei es Kälte erzeugt. Die Bewegung der Chlorcalciumlauge erfolgt durch eine Pumpe.

In den Abb. 202 und 203, die dem Brenneckeschen Werke entlehnt sind, ist die bei einer Brunnengründung zu treffende Anordnung dargestellt.

Die Gefriergründung empfiehlt sich besonders bei undurchlässigem Untergrunde. In durchlässigem Boden (z. B. Kies), unter dem sich in erreichbarer Tiefe keine wasserdichte Schicht befindet, bis zu der die Gefrierrohren hinunterzutreiben wären, müßte die ganze Sohle der Baugrube und somit der ganze Boden über derselben durch Frost gedichtet werden. Bei stärker fließendem Grundwasser ist die Gefriergründung nicht anwendbar, weil es sehr schwierig oder auch ganz unmöglich ist, den Boden zum Gefrieren zu bringen.

Vierter Teil.

Steinbrücken.

§ 22. Mittel- oder Zwischenpfeiler.

Man unterscheidet End- oder Uferpfeiler (Widerlager) und Mittel- oder Zwischenpfeiler. Letztere nennt man Landpfeiler, wenn sie entweder vollständig im Trocknen stehen, oder nur vom Hochwasser bespült werden, Strompfeiler, wenn sie beständig dem Wasserangriffe ausgesetzt sind, Tragpfeiler, wenn sie nur beim Vorhandensein der beiderseitigen Gewölbe Standicherheit besitzen, und Gruppen- oder Standpfeiler, wenn sie auch einem einseitig wirkenden Gewölbeschub zu widerstehen vermögen.

Über die Zahl der Zwischenpfeiler und die Weite der einzelnen Öffnungen ist bereits im § 5 das Wissenswerteste mitgeteilt worden, auch wurde dort schon erwähnt, daß man bei Talbrücken (allgemein bei langen und hohen Brücken) einzelne Gruppen von Gewölben gleicher Spannweite anordnen kann, die man durch stärkere Pfeiler (Gruppenpfeiler) voneinander trennt (vgl. Abb. 10). Gewöhnlich beträgt die Zahl der Öffnungen einer Gruppe 3 bis 5.

Die Anordnung von Gruppenpfeilern gewährt den Vorteil einer Ersparnis an Lehrgerüsten bzw. einer besseren Ausnutzung der Lehrgerüste, des schöneren Aussehens der Brücke, zumal wenn man die Gruppenpfeiler mit Eisernen oder Vorlagen nach Art der Strebepfeiler noch besonders hervorhebt, der Verhütung eines vollständigen Einsturzes der Brücke bei ihrer teilweisen Zerstörung (z. B. im Kriege) und der Möglichkeit, die Brücke in Gruppen von solchen Öffnungen

zu teilen, daß jede die ihrer Höhe entsprechende vorteilhafteste Weite erhalten kann.

Tragpfeiler sind so stark zu bemessen, daß sie außer ihrem Eigengewichte die Last der beiderseitigen Gewölbehälften mit Sicherheit tragen können, deren eine, und zwar bei gleichen Kämpferhöhen die den stärksten Schub ausübende, voll belastet, deren andere aber unbelastet anzunehmen ist. Gruppenpfeiler müssen eine solche Stärke erhalten, daß sie neben ihrem Eigengewichte den einseitigen Schub einer übermauerten und überschütteten Gewölbehälfte (ohne Verkehrslast) aushalten können; nur wenn Gruppenpfeiler wegen der Ersparnis an Lehrgerüsten gewählt werden, sind sie auf den Schub einer nicht übermauerten Gewölbehälfte zu berechnen. Die statische Untersuchung ist so durchzuführen, daß die von der Mittelkraft aller auf den Pfeiler wirkenden Kräfte hervorgerufenen stärksten Rantenpressungen das zulässige Maß nicht überschreiten und keine Zugspannungen entstehen.

Beim Bau der Hannoverschen Staatsbahn wurde die obere Stärke der Tragpfeiler von gewöhnlicher Höhe zu

$$b = 0,3 + 2d$$

(d = Schlußsteinstärke in Metern)

angenommen. Nach Perronet soll diese Stärke betragen

$$b = 0,76 + 0,081l$$

(l = Gewölbespannweite in Metern).

Die Stärke der dem Eisstoße ausgesetzten Tragpfeiler wird vielfach aus der Formel

$$b = 0,762 + 0,147 \sqrt{\frac{l}{h}}$$

(h = Pfeilerhöhe vom Fundament bis zum Kämpfer in Metern)

ermittelt. Bei der Mehrzahl der bisher ausgeführten kleineren Brücken schwankt die obere Pfeilerstärke zwischen $\frac{1}{8}l$ bis $\frac{1}{5}l$.

Für die obere Stärke der Gruppenpfeiler gibt Perronet die Formel

$$b = 0,3 + \frac{h}{6} + \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{31-f}{1+f} \right)$$

(f = Gewölbepfeilhöhe in Metern).

Bei gut ausgeführten Brücken beträgt sie im Mittel etwa 0,21 bis 0,25 l. (Über die Stärke der Pfeiler von Talbrücken vgl. § 33.)

Die Zwischenpfeiler erhalten mit Ausnahme der niedrigen Pfeiler kleiner Brücken, die gewöhnlich mit senkrechten Seitenwänden zur Ausführung kommen, zur Vergrößerung ihrer Standfestigkeit einen Anlauf (Anzug), der bei Landpfeilern in der Regel $\frac{1}{20}$ bis $\frac{1}{40}$ und bei Strompfeilern über Niedrigwasserhöhe sowie auf der äußeren Seite hoher Pfeiler gekrümmter Brücken zu etwa $\frac{1}{10}$ (auch stärker) gewählt wird (vgl. auch Talbrücken, § 33). An den Schmalseiten wird der Anlauf hoher Pfeiler des Winddruckes wegen meist stärker bemessen. Das Handbuch der Ingenieurwissenschaften empfiehlt, den Winddruck mit 250 kg/qm der Pfeileransichtsläche in Rechnung zu stellen und den Anlauf in der Pfeilerlängsrichtung nach dem Verlaufe der Mittelkraft aus Eigengewicht und Winddruck zu bestimmen.

Am Fuße werden die Pfeiler meist noch durch einen oder mehrere Absätze verstärkt, die entweder oben einfach abgeschragt werden, oder ein mehr oder weniger reich gegliedertes, vorspringendes Sockelgesims erhalten.

Bei Pfeilern aus Quader- oder Bruchsteinmauerwerk läßt sich der Anlauf leicht ausführen; bei Pfeilern aus Ziegelmauerwerk dagegen stellt man die Verstärkung nach unten, wegen der leichteren Ausführung und um senkrechte, gegen Verwitterung besser geschützte Flächen zu erhalten, durch mehrere Absätze her, deren Oberfläche man mit einer Klinkerrollschicht oder auch mit Haussteinen abdeckt.

In einzelnen Fällen hat man statt der ebenen Pfeilerflächen konkave oder konvexe gewählt.

Den Landpfeilern gibt man einen rechteckigen oder trapezförmigen Querschnitt, den Strompfeilern an beiden Enden, bei kleinen Brücken auch wohl nur stromaufwärts, einen halbkreisförmigen (Abb. 204 u. 205), halbelliptischen (Abb. 206 u. 207), spitzbogenförmigen (Abb. 208 u. 209) oder dreieckigen Vorkopf (Abb. 210), der gewöhnlich nur bis zur

Hochwasserhöhe reicht, mitunter aber auch bis zur Pfeilerkrone emporgeführt wird, aber keine Belastung vom Brückenüberbau erhält. Nach dem Handbuch der Ingenieurwissenschaften ist für den Vorderkopf (stromaufwärts) eine im Grundriß ein gleichseitiges Dreieck bildende Zuschärfung mit etwas abgerundeten Kanten (Abb. 211 u. 212), für den

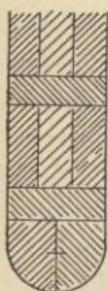


Abb. 204.

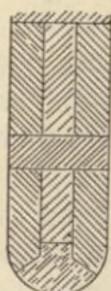


Abb. 205.

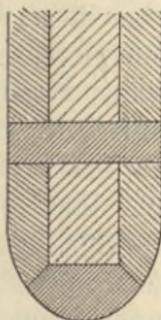


Abb. 206.

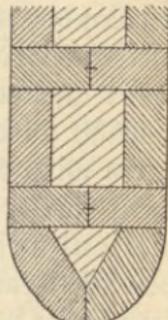


Abb. 207.

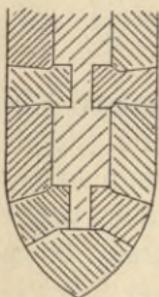


Abb. 208.

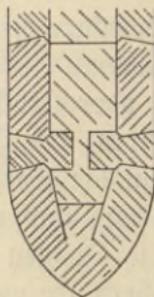


Abb. 209.

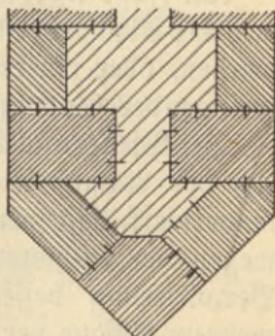


Abb. 210.

Hinterkopf (stromabwärts) eine halbkreisförmige Abrundung besonders empfehlenswert. Die Vorköpfe erleichtern den Wasserabfluß, vermindern den Aufstau und die Bildung von Wirbeln und schützen den Pfeiler vor Unterwaschung.

Die Vorköpfe sind aus bestem Quadermauerwerk bzw. Klinkermauerwerk mit einem besonders guten hydraulischen Mörtel herzustellen. Bei Pfeilern aus Bruchsteinmauerwerk

oder Beton ist am Vorkopf eine Quaderverblendung anzuordnen. Die Stoßfugen sind senkrecht zur Stirnfläche zu richten. Der dem Eisstoße ausgesetzte Teil des Vorderkopfes ist aus großen Quadern zu bilden, die durch eiserne Klammern innerhalb der Schichten und durch Dübel zwischen diesen zu verbinden sind, wie die Abbildungen zeigen; nötigenfalls ist die Vorderseite mit bis zur Hochwasserhöhe reichenden Eisenschienen zu verstärken, oder es ist (bei Strömen mit sehr starkem Eisgange) der Vorderkopf als Eisbrecher in Gestalt eines dreieckigen Prismas mit etwa unter 45° geneigter abgerundeter Vorderkante auszubilden (Abb. 213 u. 214, Dünabrücke bei Riga).

Die Vorköpfe erhalten der Wasserableitung wegen eine Abdeckung mittels kegelförmiger oder kugelhaubenförmiger Kappe (Abb. 215 bis 218).

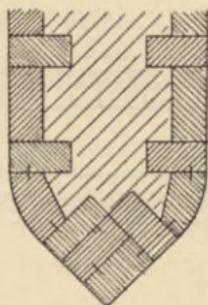


Abb. 211.

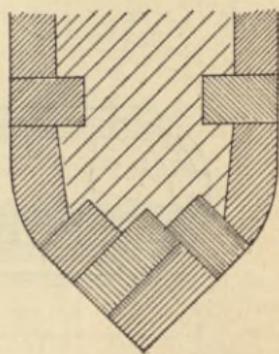


Abb. 212.

Die Zwischenpfeiler werden entweder nur bis zum Kämpfer der Gewölbe oder in gleicher oder geringerer Breite bis zur Brückenbahn hinaufgeführt. Im ersten Falle erhält der Pfeilerkopf in der Regel eine Abdeckung mit einer gemäÙartig vortretenden Haussteinschicht (Abb. 219), bei kleinen Pfeilern auch ein Säulenkapitäl und bei größeren nicht selten einen Kragsteinfries (Abb. 220). Pfeileraufsätze (Abb. 221 und 222, vgl. auch Abb. 354) geben den beiderseitigen Überbauten einen Halt, auch gewinnt die Brücke durch sie ein besseres Aussehen, besonders wenn man die Pfeileraufsätze mit Eisenen und Pilastern, Wappen, Rosetten, Inschriftafeln usw. ausstattet oder oben Kanzelartig vortreten läßt, wie dies z. B. bei der Wandrahmbrücke zu Hamburg (Abb. 223) ausgeführt ist.

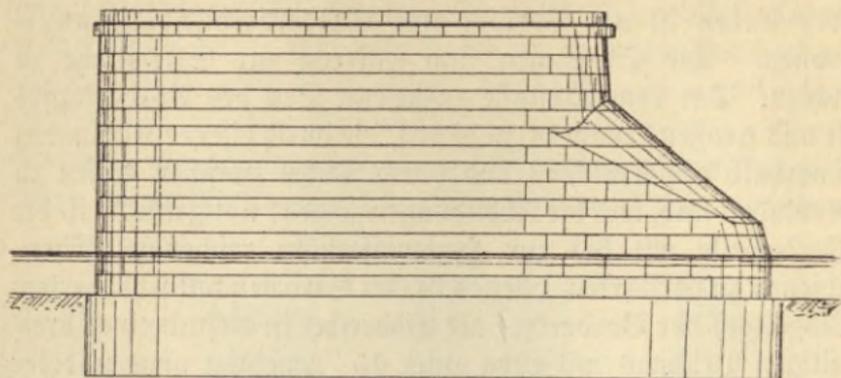


Abb. 213.

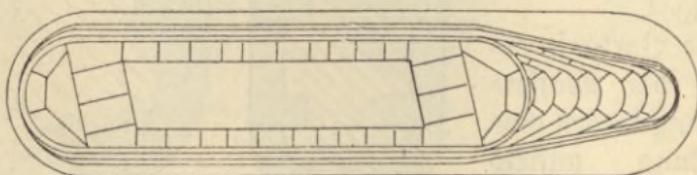


Abb. 214.

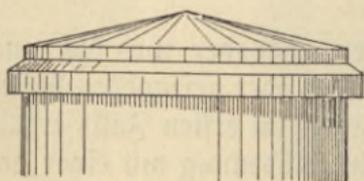


Abb. 215.

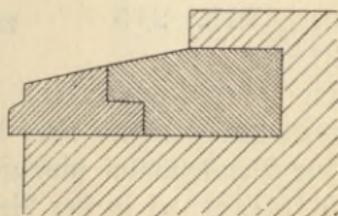


Abb. 216.

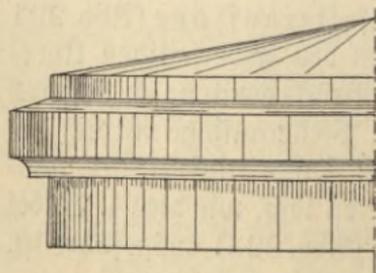


Abb. 217.

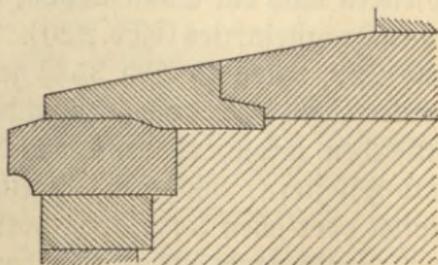


Abb. 218.

Das Pfeilermauerwerk ist entweder (und besonders bei schmalen Pfeilern) ganz aus festen und wetterbeständigen Quadern oder im Innern aus guten und lagerhaften Bruchsteinen oder aus hartgebrannten Backsteinen oder aus Stampfbeton herzustellen und dann mit hammerrecht bearbeiteten Bruchsteinen oder Quadern zu verblenden, wobei durchbindende Werksteinschichten in Höhenabständen von etwa 3 bis 4 m anzuordnen sind, um die Pfeilergrundfläche möglichst gleichmäßig zu belasten und ein verschieden starkes Setzen des ungleichartigen Mauerwerkes möglichst zu verhüten.

Als Bindemittel wählt man am besten Portlandzementmörtel

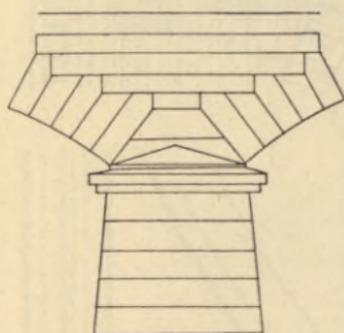


Abb. 219.

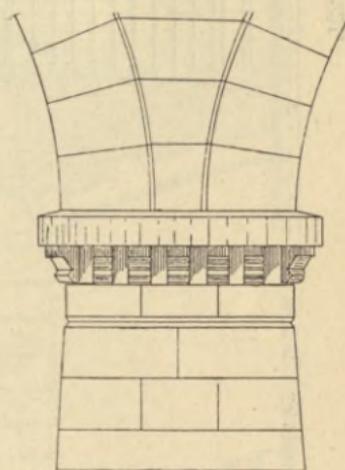
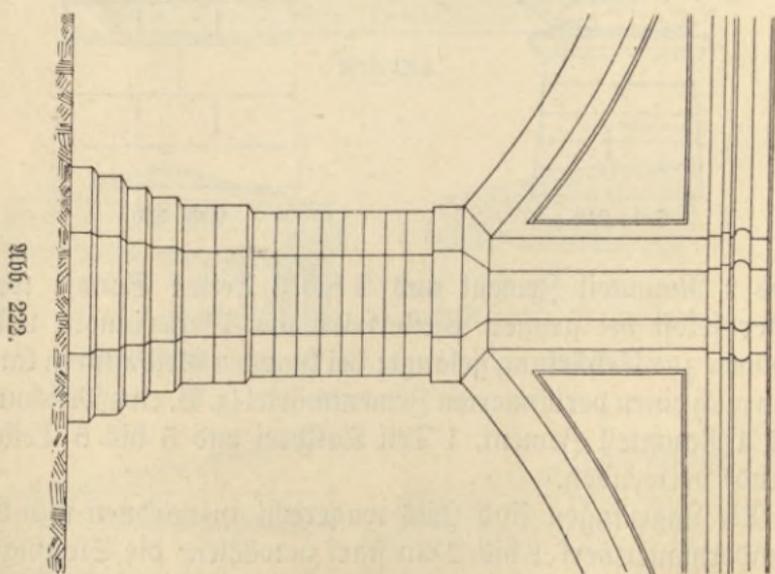
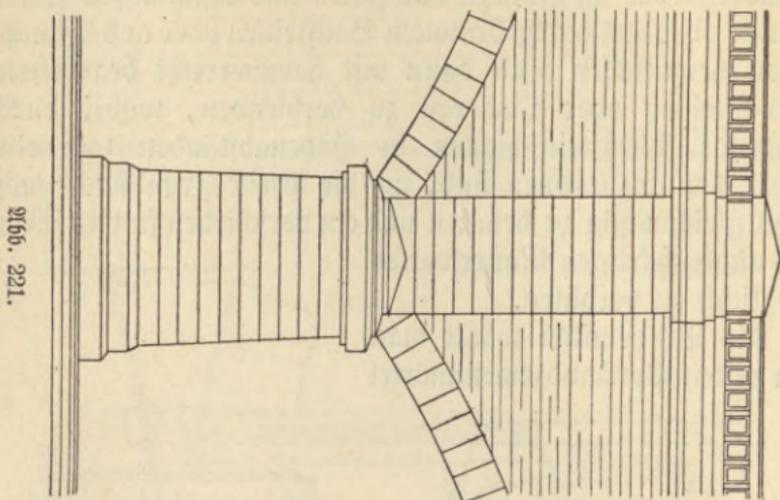


Abb. 220.

(aus 1 Raumteil Zement und 2 bis 3 Teilen Sand), weil dieser selbst bei großer Pfeilerstärke im Pfeilerinnern vollkommen zur Erhärtung gelangt; bei knappen Geldmitteln kann man auch einen verlängerten Zementmörtel (z. B. eine Mischung aus 1 Raumteil Zement, 1 Teil Kalkbrei und 5 bis 6 Teilen Sand) verwenden.

Die Lagerfugen sind stets wagerecht anzuordnen und bei Quadermauerwerk 1 bis 2 cm stark zu wählen; die Stoßfugen werden meistens etwas schwächer angenommen. Die Schichten schmaler Pfeiler aus Quadermauerwerk stellt man am besten nur aus Bindern her. Bei Anordnung einer Quaderverblendung läßt man in jeder Verblendschicht in der Regel

Läufer und Binder miteinander abwechseln und legt den Binder der nächst höheren Schicht über die Mitte des Läufers



der unteren. Stoßen in der Mitte des Pfeilers zwei Binder zusammen, so pflegt man sie durch Klammern oder Dübel miteinander zu verbinden (vgl. Abb. 207).

Die Schichtenhöhe der Quader beträgt gewöhnlich 0,3 bis 0,6 m und die der Bruchsteine 0,2 bis 0,3 m; bei hohen Pfeilern hat man auch die Stärke der Quaderschichten im Verhältnis der Druckzunahme vom Kämpfer bis zum Fundament allmählich zunehmen lassen. Quader von einem größeren Inhalte als etwa 1 cbm sind im allgemeinen nicht zu empfehlen. Steine bis etwa 300 kg Gewicht versetzt man mit Hilfe von

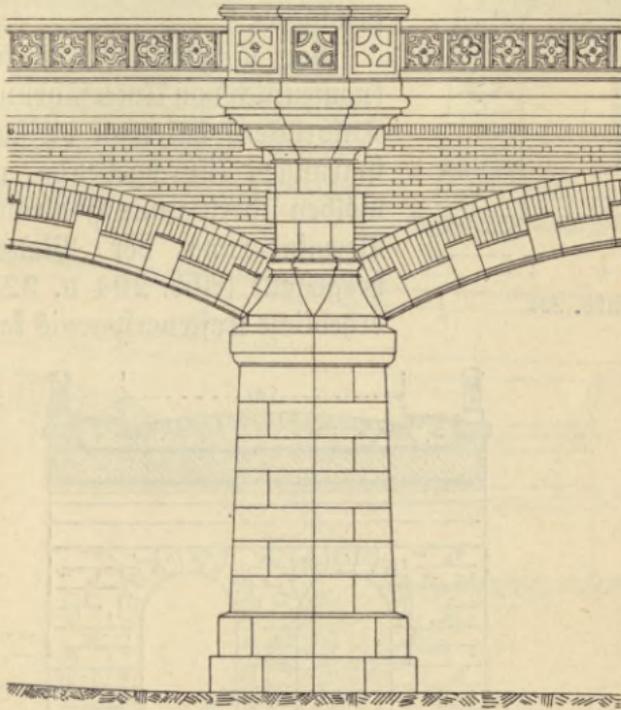


Abb. 223.

Brechstangen und Holzrollen, schwerere Steine mittels besonderer Kranvorrichtungen und mit Hilfe des sog. Wolfes oder der Steinzange oder des Kranztaues. Die Steine werden entweder auf ein saftes Mörtelbett oder trocken auf Keile versetzt und dann mit dünnflüssigem Mörtel untergossen. Das letztere Verfahren ist weniger zu empfehlen, weil eine vollständige Ausfüllung der Fugen mit Mörtel nicht mit Sicherheit

angenommen werden kann und weil der dünnflüssige Mörtel nicht die Güte des steifen besitzt.

Pfeiler aus Backsteinmauerwerk werden in der Regel im Kreuzverband ausgeführt und mitunter (z. B. bei Straßenunterführungen in Städten) mit gefärbten, auch wohl glasierten Riemchen verblendet und gemustert.

Bei längeren Zwischenpfeilern (namentlich von Unterführungen und Talbrücken) hat man vielfach Ausparungen (durchgehende, mit Gewölben überspannte Hohlräume) zur Verminderung der Mauermassen hergestellt (Abb. 224 u. 225); eine erhebliche Kostenersparnis kann man

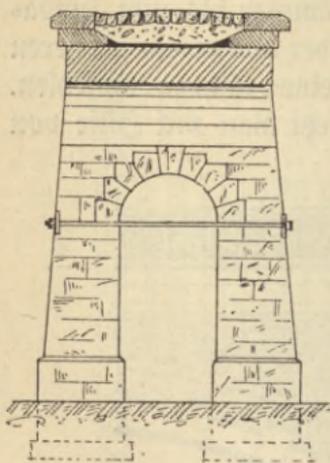


Abb. 224.

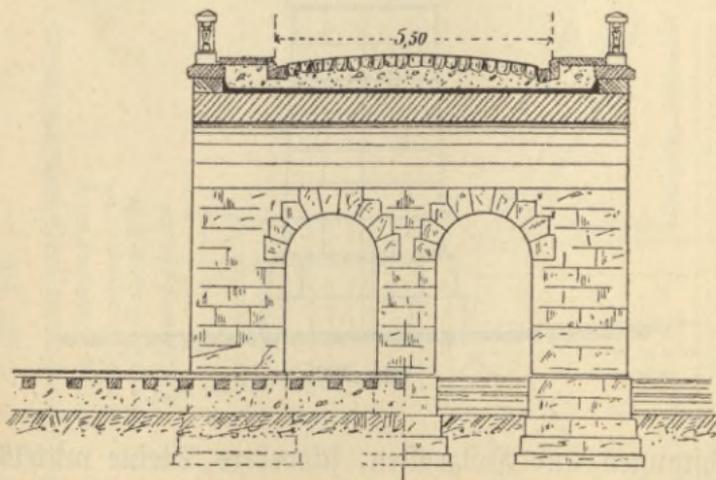


Abb. 225.

hierdurch jedoch nur selten erzielen, weil die Überwölbung, die einzulegenden Zuganker und die Bearbeitung der sichtbaren Flächen und Ranten die Ausführungskosten vergrößern.

§ 23. Endpfeiler oder Widerlager.

Besteht der Baugrund aus festem Felsen, so kann das Brückengewölbe unmittelbar auf diesen aufgesetzt werden (Abb. 226, Brennerbahn). Bei allen übrigen Bodenarten muß, wenn man das Gewölbe bis zum tragfähigen Baugrund hinabführen will, entweder eine zur Gewölbestützlinie senkrechte Grundplatte (Abb. 227) oder ein kleiner, ganz im Boden steckender, gewöhnlich mit wagerechten und senkrechten Flächen zu begrenzender Mauer- oder Betonkörper hergestellt werden

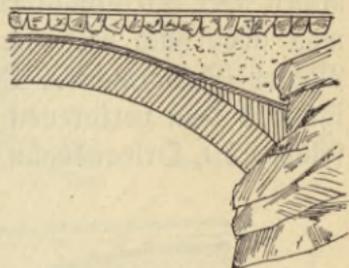


Abb. 226.

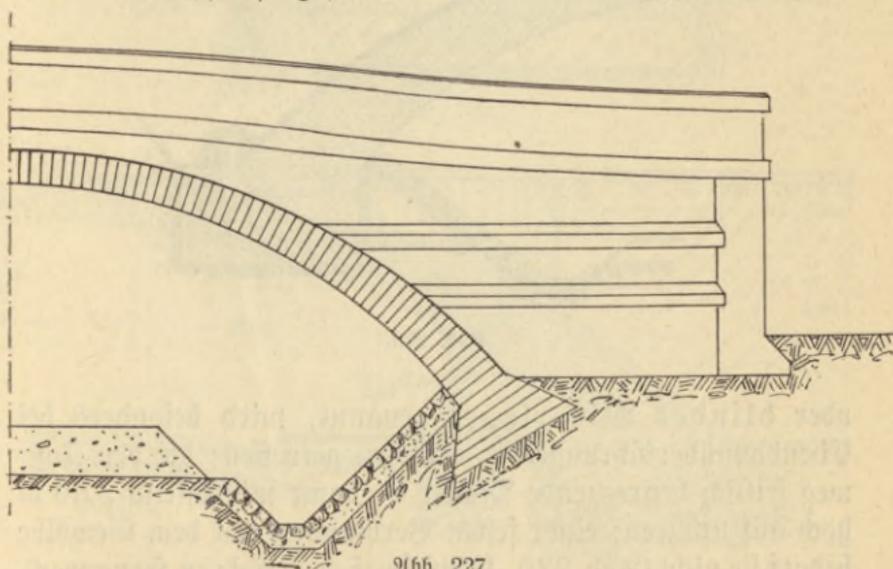


Abb. 227.

(Abb. 228). Die Grundfläche beider ist so groß zu bemessen, daß der Druck auf den Baugrund an keiner Stelle das zulässige Maß überschreitet.

Diese, ganz besonders bei Einschnitten in festem Boden (Wegeüberführungen) sowie bei Anschlüssen an Berglehnen, auch bei hochüberschütteten Bachbrücken usw. geeignete Anord-

nung, die man verlorenes, gewölbtes oder natürliches Widerlager nennt, gewährt den Vorteil einer erheblichen Mauerwerksparsnis und einer leicht ausführbaren Einschnittsverbreiterung.

Die Böschung vor dem verlorenen Widerlager ist mit Rasen oder Steinpflasterung zu befestigen. Mitunter ordnet man aber auch vor dem unteren Gewölbeteil eine schwache Mauer (Futtermauer, Leibungsmauer) an, so daß zwischen ihr und dem verlorenen Widerlager ein Hohlraum verbleibt (Abb. 229, Orleansbahn). Diese Anordnung, verkleidetes

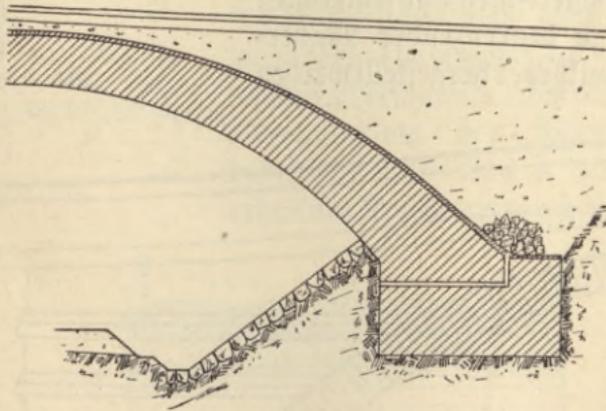


Abb. 228.

oder blindes Widerlager genannt, wird besonders bei Eisenbahnüberführungen in Städten getroffen; die den Fußweg seitlich begrenzende Mauer ist dann mindestens 2,50 m hoch aufzuführen; einer festen Verbindung mit dem Gewölbe bedarf sie nicht (Abb. 230, Königstraßen-Brücke zu Hannover). Endlich hat man auch das bis zum tragfähigen Boden bzw. bis zur künstlichen Gründung hinabgeführte Gewölbe über- und untermauert, wie Abb. 231 zeigt.

In den meisten Fällen wird jedoch das Gewölbe gegen einen größeren, gewöhnlich massiven Mauerwerkskörper gestützt, der in der Regel mit wagerechten Lagerfugen und mit senkrechter Vorderfläche sowie mit senkrechter oder schwach

(meist $1:1/4$ bis $1:1/7$) geneigter oder abgetreppter Hinterfläche hergestellt und so hoch geführt wird, daß seine hintere Oberkante um etwa $e = 0,15 + 0,03 l$ Meter

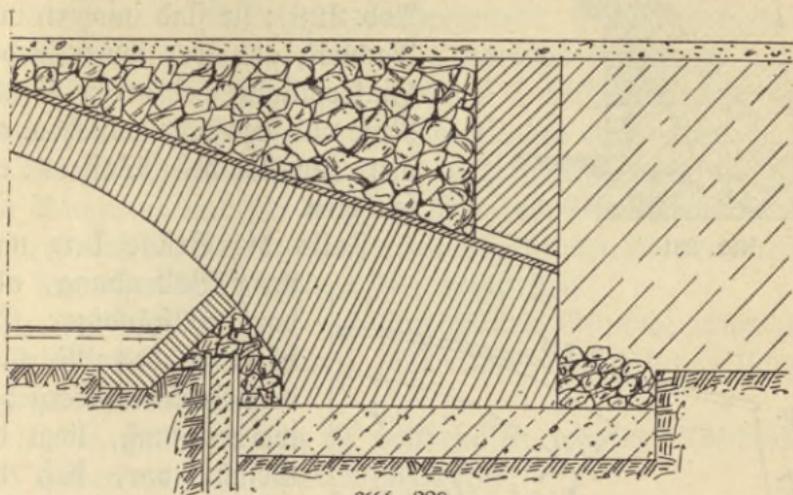


Abb. 229.

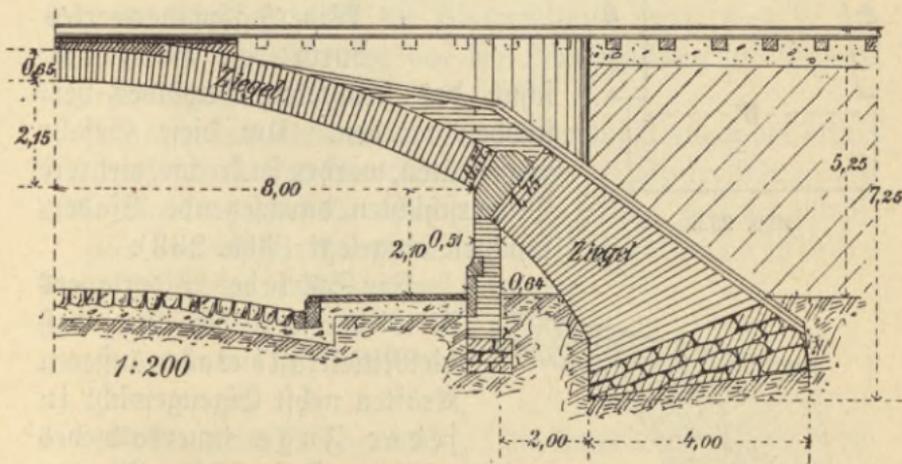


Abb. 230 (Schnitt zu Abb. 8).

über dem Schnittpunkte der Bruchfuge (vgl. § 13) mit der äußeren Gewölbeleibung liegt, oder daß die an den oberen Teil des Gewölberückens tangential anschließende Hintermauerung mit ebener Oberfläche eine Neigung von etwa $1:3$ bis $1:5$ erhält (Abb. 232).

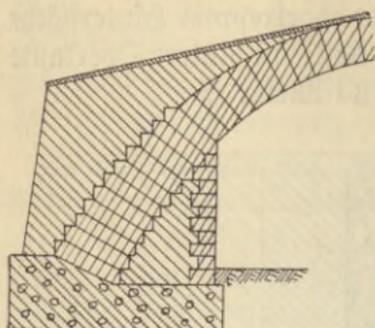


Abb. 231.

Abfälle auf der Hinterfläche des Widerlagers müssen sorgfältig abgewässert werden (vgl. Abb. 228); sie sind insofern von Nachteil, als über ihnen in der Hinterfüllung bei deren Setzen Risse und Sprünge entstehen, die den Zutritt des Wassers erleichtern.

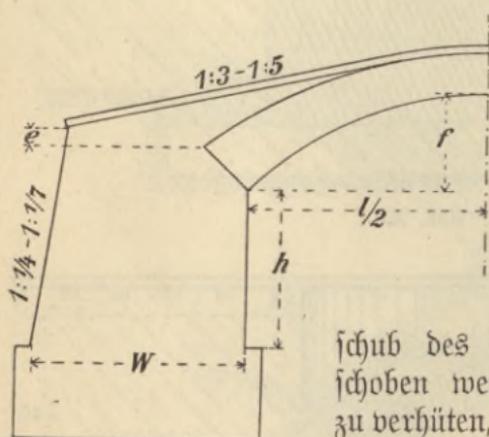


Abb. 232.

Falls die Brücke kurz nach ihrer Vollendung, also vor vollständiger Erhärtung des Mörtels, dem Verkehre übergeben werden muß, liegt die Gefahr vor, daß die oberen Schichten des Widerlagsmauerwerkes durch den Horizontal-schub des belasteten Gewölbes verschoben werden. Um diese Gefahr zu verhüten, werden senkrechte, mehrere Mauer-schichten durchsetzende Binder-schichten eingelegt (Abb. 233).

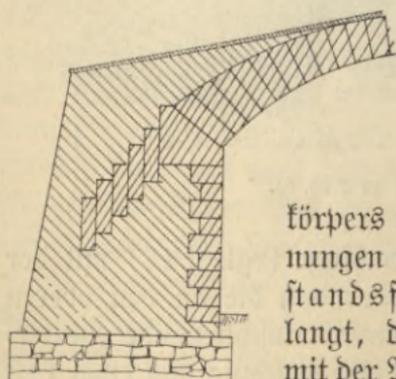


Abb. 233.

Die Stärke des Widerlagers ist wieder so zu bemessen, daß die Mittelkraft aus allen äußeren Kräften nebst Eigengewicht in jeder Fuge innerhalb des mittleren Drittels des Mauerkörpers verbleibt, also nirgends Zugspannungen auftreten können. Die Widerstandsfähigkeit gegen Gleiten verlangt, daß der Winkel der Mittelkraft mit der Normalen zur Lagerfuge höchstens gleich dem Reibungswinkel ist (im Mittel

30° bei Mauerwerk auf Mauerwerk, 37° bei Mauerwerk auf Beton und 24° bei Mauerwerk auf gewachsenem Boden). Bei flachgespannten Gewölben wird deshalb das Widerlager oft mit geneigten Lagerfugen hergestellt. Endlich muß auch Sicherheit gegen Zerpressen vorhanden sein, d. h. es müssen die sich ergebenden größten Druckspannungen der Festigkeit des Baustoffes bzw. Baugrundes entsprechen.

Die statische Untersuchung ist in der Regel nicht nur für den Baugrund und für die Fuge über dem Grundmauerwerk, sondern auch für mehrere Fugen des aufgehenden Mauerwerkes und für folgende Belastungsfälle anzustellen:

1. das hintermauerte und überschüttete Gewölbe trägt die volle Nutzlast (Verkehrslast), Widerlager und Hinterfüllung sind jedoch unbelastet;

2. die Hinterfüllung ist vollbelastet, während Gewölbe und Widerlager ohne Verkehrslast sind;

3. Gewölbe und Widerlager sind ohne Überschüttung und ohne Verkehrslast, und die Hinterfüllung fehlt (dies ist der Fall, wenn das Gewölbe vor der Hinterfüllung des Widerlagers ausgerüstet wird);

4. gegen das unbelastete Widerlager wirkt allein der aktive Erddruck (wenn das Gewölbe erst nach der Hinterfüllung des Widerlagers hergestellt oder z. B. im Kriege zerstört wird).

Zur vorläufigen Annahme der Basisstärke des Widerlagers kann man die Formel benutzen

$$w = \sqrt{l} \cdot \left[0,6 + m \cdot \left(\frac{1}{f} - 2 \right) + 0,04 h \right],$$

in der l die Gewölbspannweite, f die Gewölbepfeilhöhe, h die Widerlagerhöhe von Fundament bis Kämpfer (in Metern) bedeutet (Abb. 232) und für Segmentbögen $m = 0,10$, für Korbbögen $m = 0,05$ ist. Um an Mauermasse zu sparen und annähernd eine theoretisch richtige, die Fortsetzung des Gewölbes bildende Form zu erhalten, unterschneidet man häufig das mit wagerechten Schichten aufgemauerte Widerlager (Abb. 234). Diese Unterschneidung darf jedoch nur so weit erfolgen, daß

die lotrechte Schwerlinie noch in die Mauerbasis fällt, auch ist die unterschchnittene Widerlagsmauer auf das sorgfältigste zu hinterfüllen. Ein unterschchnittenes, genau nach der Drucklinie konstruiertes Widerlager, nämlich das Widerlager des Viaduktes der Berliner Stadteisenbahn, zeigt Abb. 235; der Verlauf der Drucklinie ist durch die punktierte Linie dargestellt.

In einzelnen Fällen (namentlich bei Über- und Unterführungen) wurden lange Widerlagsmauern zur Verminde-

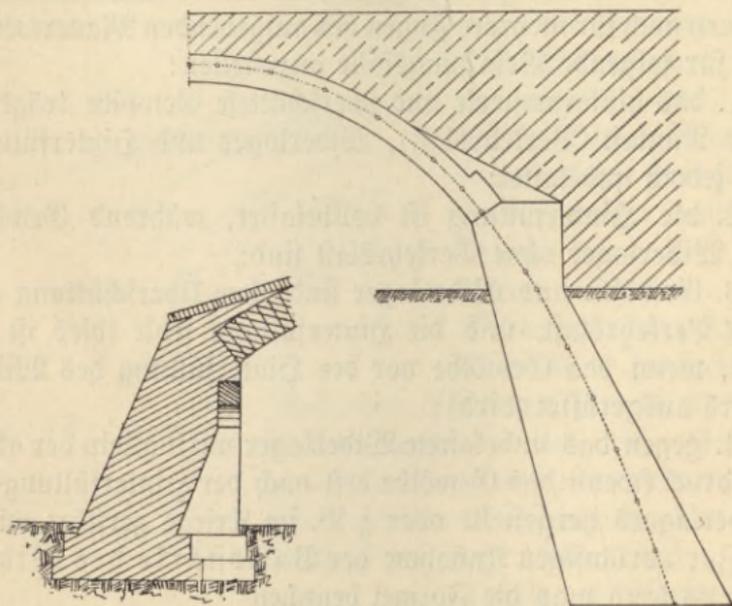


Abb. 234.

Abb. 235.

rung der Mauermaße auch mit ganz oder zum Teil durchgehenden, mit Steinplatten oder Gurtbögen überdeckten Hohlräumen ausgeführt (vgl. Abb. 224 und 225).

Endlich hat man mehrfach (z. B. in England) das Widerlager als eine schwache, oft nur 0,6 bis 0,7 m starke, senkrechte Mauer hergestellt und sie an der Rückseite durch 0,6 bis 0,9 m starke, in lichten Entfernungen von etwa 1,50 m angeordnete Strebepfeiler mit senkrechter oder geböschter Hinterfläche verstärkt, die man am Kopfe zur Erhöhung der Wider-

standsfähigkeit gegen Erddruck durch Gurtbögen, meist auch am Fuße zur Vergrößerung der tragenden Fläche durch Erdbögen miteinander verband. Abb. 236 und 237 zeigen die bei englischen Bahnen getroffene Anordnung; hier fehlen die Erdbögen (vgl. auch Abb. 87 bis 90). Derartige gegliederte Widerlager gewähren zwar eine Materialersparnis, erfordern aber wegen der schwierigen Ausführung einen höheren Arbeitslohn als massive; sie sind nach Heinzerling in allen den Fällen vorzuziehen, „wo bei gleicher Standficherheit die Materialersparnis die Erhöhung des Arbeitslohnes übersteigt und nicht

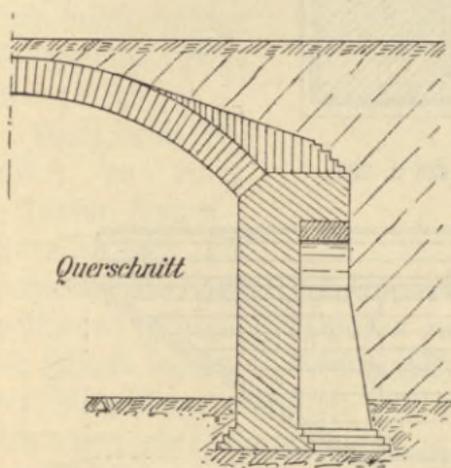
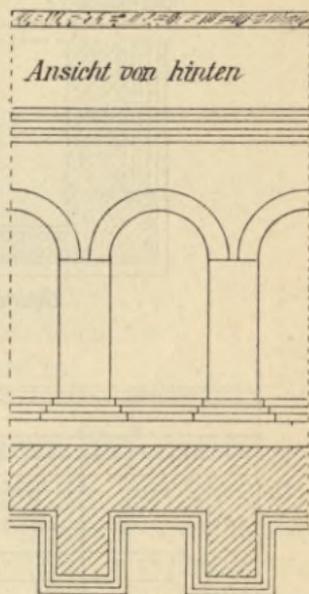


Abb. 236.



Grundriss

Abb. 237.

allzu hohe Überschüttungen vorhanden sind, deren Material bei Erweichung und seitlichem Ausweichen die Strebepfeiler auseinanderdrücken können“.

Man hat auch die Widerlager torartig durchbrochen oder hohl hergestellt (Abb. 238 und 239).

Liegt das Widerlager im gewachsenen Boden, so erfolgt der Anschluß der Brücke an das natürliche Gelände mittels Parallelfügel (vgl. § 11), deren Grundmauerwerk bei genügend tragfähigem Boden gewöhnlich treppen-

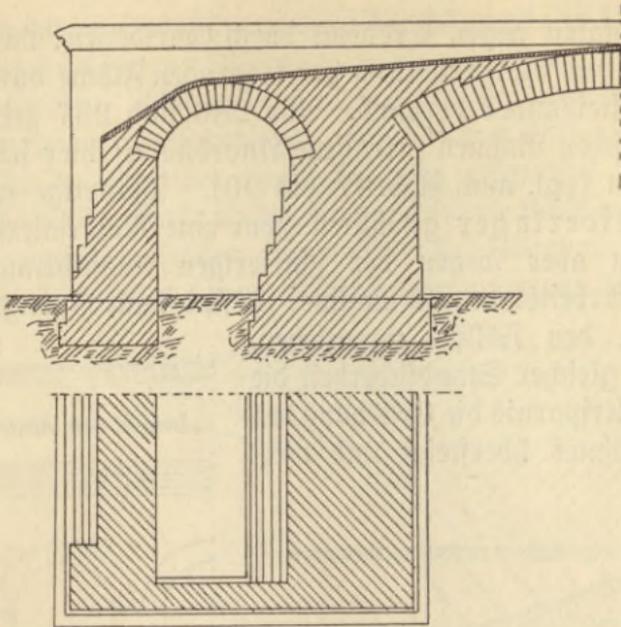
*Grundriss*

Abb. 238 u. 239.

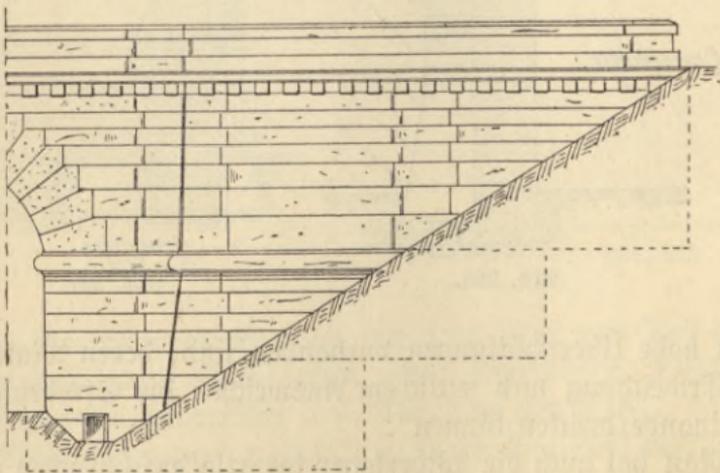


Abb. 240.

artig (in frostfreier Tiefe) angelegt wird, um an Mauerwerk zu sparen (Abb. 240, vgl. auch Abb. 12). Bei hohen Böschungen empfiehlt es sich, die Parallelfügel wenigstens in ihrem unteren

Teile zu verbinden und den Raum zwischen ihnen mit Steinen auszapacken, bei schmaler Brücke jedoch die Flügel zu einem einzigen zu vereinigen, so daß Widerlager und Flügel einen L-förmigen massiven Mauerkörper bilden (Abb. 241). Mitunter verankert man auch die Flügenden durch eine schwache Quermauer und überwölbt den Zwischenraum, anstatt ihn mit Boden- oder Steinmassen auszufüllen (Abb. 242 u. 243, Werrabrücke bei Münden). Endlich verstärkt man auch die Flügelen den durch außen angeordnete Strebepfeiler.

Parallelflügel von größerer Länge sind durch kräftige Vorsprünge (Pila-ster) zu beleben.

Auch beim An-schluß an einen Damm können

Parallelflügel ge-wählt werden, deren Fundament dann natürlich auf dem ge-wachsenen (tragsfähigen) Boden anzulegen ist. Die sich gegen die Flügel legenden Böschungsegel sind zur Verminderung der Flügellänge möglichst steil anzuordnen und daher mit Kopftrafen oder Steinpflasterung (Abb. 244, Unterführung der Magdeburg-Halberstädter Eisenbahn), oder durch eine Klinkerpflasterung in Zementmörtel zu befestigen.

Ebenso häufig kommen aber auch bei Damman-schlüssen Winkel-flügel zur Anwendung. Ihre Konstruktion wurde bereits in § 13 ausführlich beschrieben, so daß von weiteren Bemerkungen hier Abstand genommen werden kann (Abb. 245 und 246).

Die Ausführung des Widerlagsmauerwerkes hat nach denselben Regeln zu erfolgen, die im vorigen Para-graphen für die Ausführung des Pfeilermauerwerkes ange-gaben wurden.

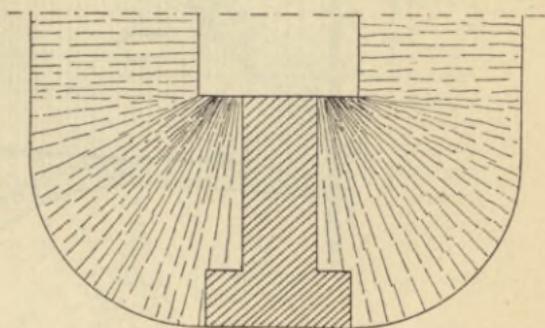


Abb. 241.

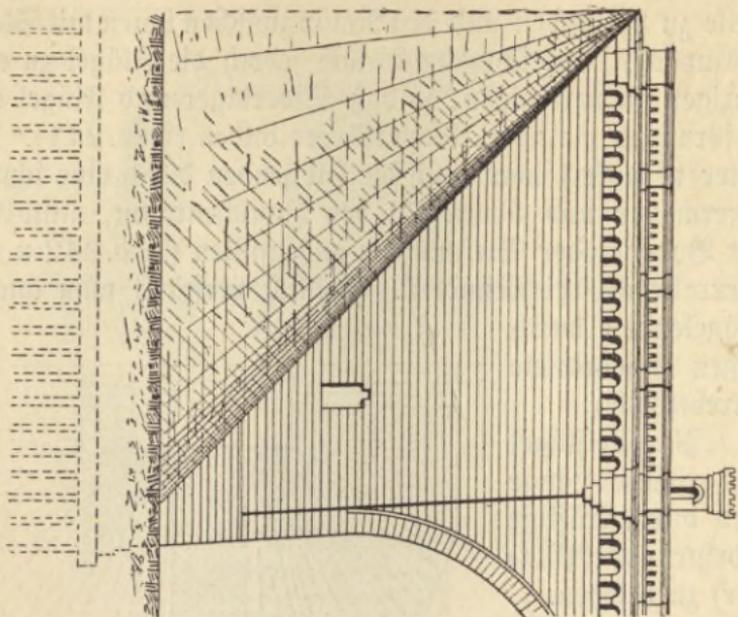


Fig. 242.

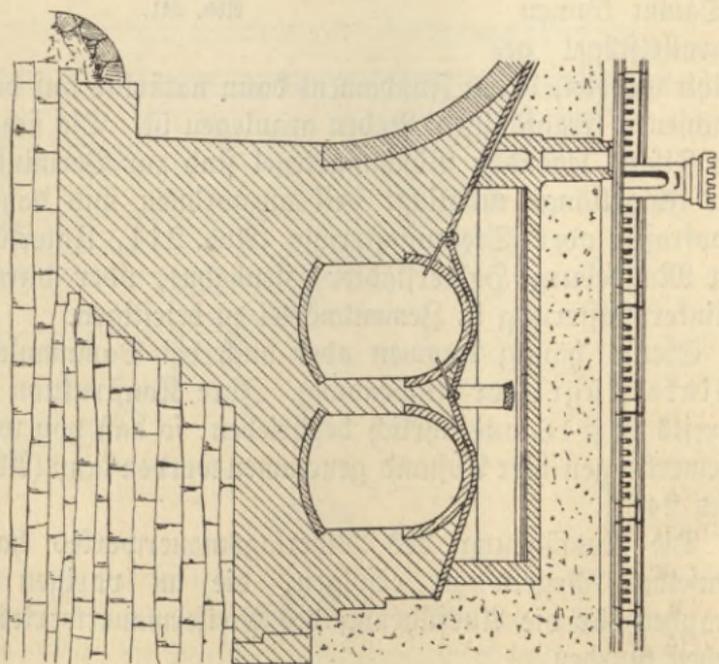


Fig. 243.

Bei Bach- und Flußbrücken werden die Widerlagskanten mit halben Vorköpfen (vgl. § 22) abgerundet. Sind Parallelflügel vorhanden, so gehen die Vorköpfe entweder unmittelbar in jene über, oder sie werden durch Vorsprünge oder Pilaster gegen die Flügel abgesetzt (Abb. 247, Brücke über die Berse der Venloo-Hamburger Eisenbahn, und Abb. 248). Bei vorhandenen Winkelflügeln lehnen sich die Vorköpfe an diese an (Abb. 249). Häufig wird ein halber Mittelpfeiler (Abb. 250),

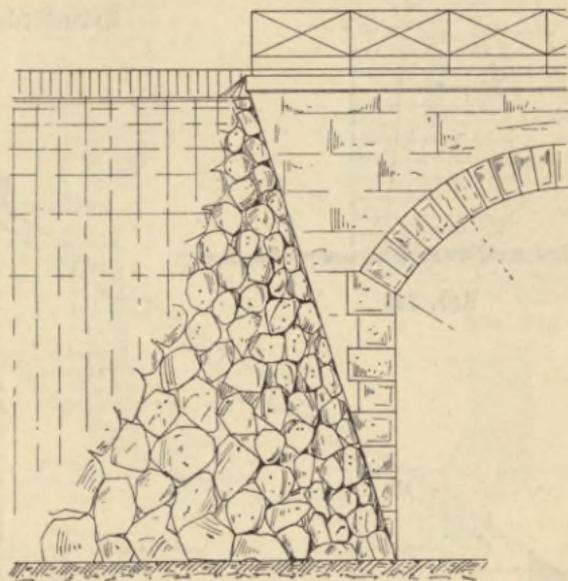


Abb. 244.

auch mehr als die Hälfte eines solchen, mitunter sogar ein ganzer Mittelpfeiler vor das Widerlager gesetzt, oder der Unterbau eines Mittelpfeilers am Widerlager wiederholt.

Die dem Erdreich zugekehrten Flächen der Widerlager und Flügel erhalten gewöhnlich einen Kappputz, die schrägen Flächen außerdem häufig noch einen Asphaltüberzug. Widerlager und Flügel werden mit wasserdurchlässigem, lagerhaftem Boden hinterfüllt, der in dünnen Lagen einzubringen und mittels Handrammen zu dichten ist, damit in ihm Sackungen

und Bewegungen, die schädlich auf Widerlager und Gewölbe einwirken und Formänderungen in diesen herbeiführen können, vermieden werden.

Eine sorgfältige Hinterfüllung der Widerlager und Flügel mit Steinen vermindert den Erddruck. Die Rückenfläche dieser Brückenteile zur

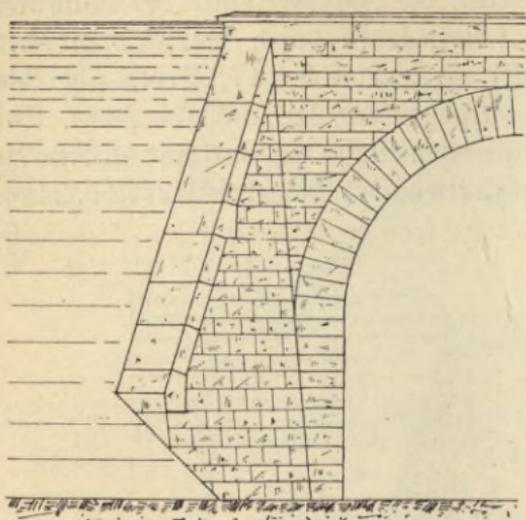


Abb. 245.

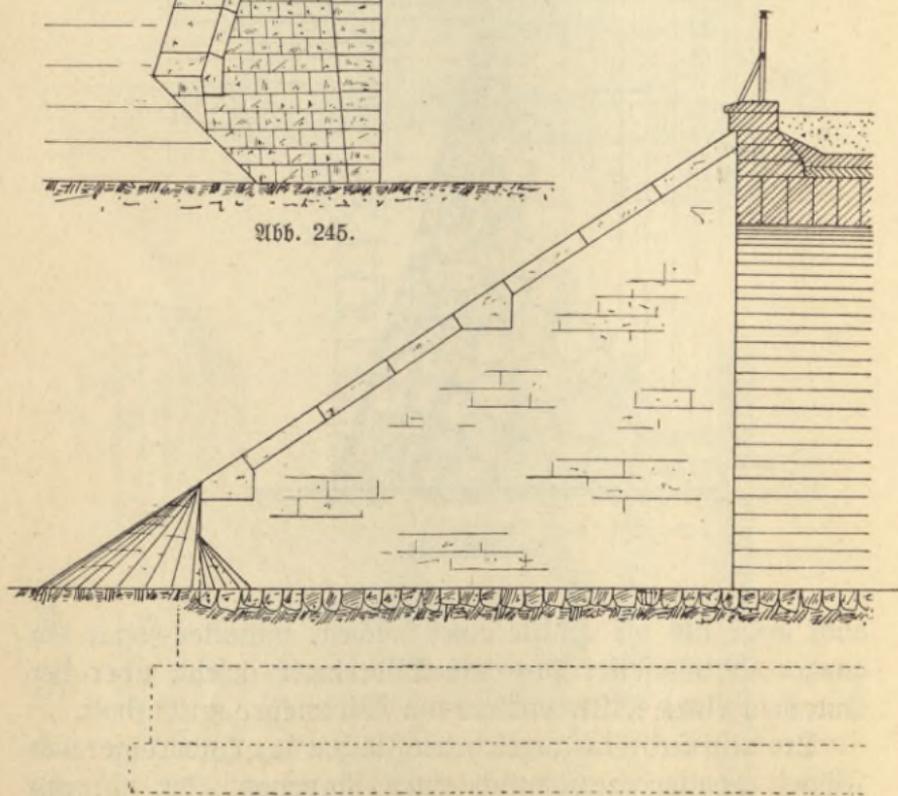


Abb. 246.

Fernhaltung des Sickerwassers mit einer 20 bis 50 cm starken Lage fetten Tons zu bekleiden, empfiehlt sich im allgemeinen

nicht, weil dadurch, wie wiederholt bemerkt wurde, die Feuchtigkeit im Mauerwerk dauernd zurückgehalten werden kann.

Steht das Widerlager vor wasserhaltigem, quelligem Boden, so ist es mit Wasserabführungsanlagen auszustatten. Man spart im Mauerwerk kleine, nach außen mit schwachem Gefälle versehene Kanäle aus oder verlegt in ihm Röhren und

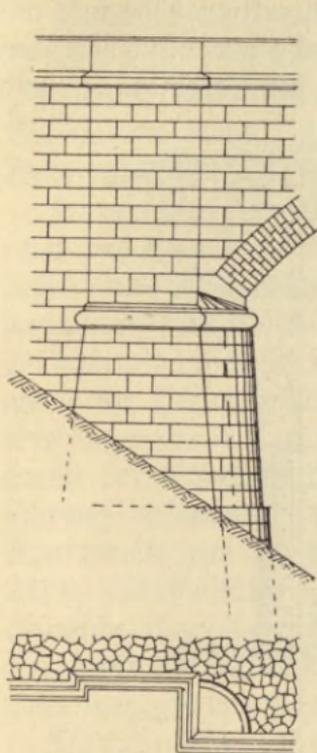


Abb. 247.

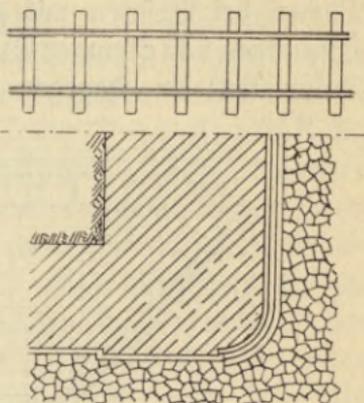


Abb. 248.

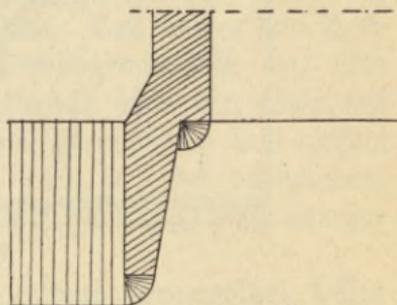


Abb. 249.

stellt am Einlaufe dieser eine etwa 30 bis 50 cm starke, kurze, gegen die Mauer schwach geneigte Tonschicht her, die man mit grobem Kies oder kleinen Steinen beschüttet (vgl. Abb. 91, 92 u. 95). Die Anschüttung von hohen Böschungsegelnen ist mit großer Sorgfalt auszuführen, damit weder Sackungen, noch Risse und Klüfte in ihnen entstehen und sich keine Rutschflächen bilden können. Bei wasserundurchlässigem Schüttboden ist daher für eine gute Entwässerung zu sorgen.

§ 24. Gewölbeform und Gewölbefstärke.

Gewölbe in Form eines Halbkreisbogens sind leicht auszuführen, üben einen kleinen Seitenschub aus und erfordern demgemäß eine geringe Pfeiler- und Widerlagerstärke, besitzen aber den Nachteil, daß zur Ausführung ihrer Zwickel beträchtliche Mauermassen notwendig werden. Man wendet sie mit Vorteil bei Brücken mit großer Konstruktionshöhe und mit Öffnungen von geringer Spannweite (also namentlich bei hohen Talbrücken) an, dagegen nur selten bei Strombrücken und

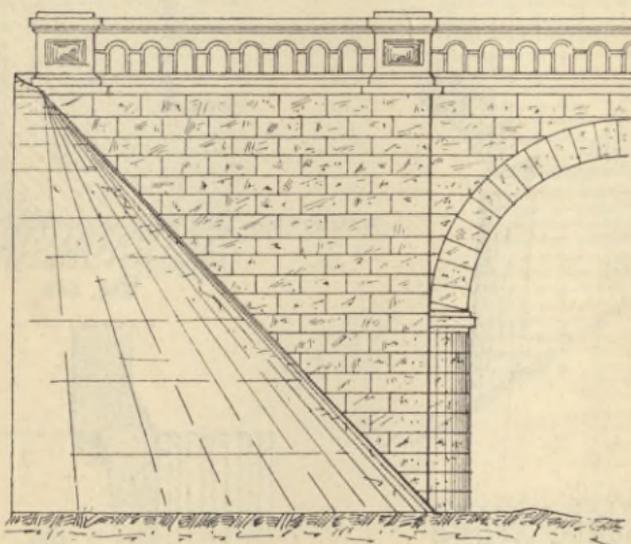


Abb. 250.

Wegeüberführungen. Halbkreisförmige Gewölbe sind bislang bis zu einer Spannweite von 55,20 m (Talbrücke bei Ballochmyle mit 1,37 m Scheitelstärke) zur Ausführung gekommen.

Kreissegmentbogen- (Stich- oder Flachbogen-) Gewölbe üben von allen Gewölbearten den größten Seitenschub aus und bedingen daher starke Widerlager; sie besitzen aber die geringste Länge, und ihre Ausführung bietet keinerlei Schwierigkeiten, auch haben sie vor den Halbkreisbogen- gewölben den Vorzug einer statisch günstigeren Wölbform und einer Ersparnis an Gewölbemauerwerk. Ihre Pfeilhöhe

soll nach Becker bei 3 bis 10 m Spannweite nicht unter $\frac{1}{12}$, bei 10 bis 20 m Spannweite nicht unter $\frac{1}{10}$, bei 20 bis 30 m Spannweite nicht unter $\frac{1}{8}$ und bei größerer Spannweite nicht unter $\frac{1}{6}$ der Spannweite betragen. Das geringste Pfeilverhältnis, nämlich $\frac{1}{17}$, besitzt die Voingbrücke bei Nemours mit Gewölben von 16 m Spannweite.

Segmentbogengewölbe sind besonders empfehlenswert bei Brücken mit geringer Konstruktionshöhe und solchen mit weiten Öffnungen. Die größte mit diesen Gewölben bisher erreichte Spannweite beträgt 69,50 m (Cabin-John-Aquädukt bei Washington mit 1,31 m Scheitelstärke und 0,267 l Pfeilhöhe).

Halbelliptische Gewölbe oder Gewölbe in der Form eines aus einer Anzahl von stetig ineinandergehenden Kreisbögen aus verschiedenen (3, 5, 7 usw.) Mittelpunkten zusammengesetzten Korbbogens sind allgemein anwendbar, sehen gut aus und lassen sich verhältnismäßig leicht herstellen. Man wählt ihr Pfeilverhältnis zweckmäßig nicht unter $\frac{1}{5}$. Ein Korbbogengewölbe gewährt den Vorteil, daß man es beliebig genau der Stützlinie anpassen kann. Das bisher zur Ausführung gekommene weiteste Korbbogengewölbe hat eine Spannweite von 55 m (Teufelsbrücke über den Sele mit 2,0 m Scheitelstärke und 0,246 l Pfeilhöhe). Das größte elliptische Gewölbe besitzt die in § 26, 8 näher beschriebene Straßenbrücke über die Pétrusse bei Luxemburg; seine Spannweite beträgt etwa 84 m.

Parabolische Gewölbe (Kettenbogengewölbe) lassen sich zwar, wie bereits in § 13 bemerkt wurde, mit einem geringeren Materialaufwande herstellen als Halbkreis- und Segmentbogengewölbe, bereiten aber in der Ausführung mancherlei Schwierigkeiten. Man wendet sie vorzugsweise bei Durchlässen und kleinen Brücken unter hohen Dämmen an.

In einzelnen Fällen wurde auch der überhöhte Bogen mit $f > \frac{1}{2}$ (z. B. bei Talbrücken) und der Spitzbogen (z. B. bei einigen französischen und spanischen Brücken) als Gewölbeform gewählt.

Bei wagerechter Bahn gibt man den Gewölben einer Brücke mit mehreren Öffnungen fast immer die gleiche Höhe und Spannweite, während man sie, wenn die Brückenbahn nach der Brückenmitte hin ansteigt, oft mit ungleichen Höhen und Spannweiten herstellt, die von beiden Enden nach der Mitte hin zunehmen.

Man führt ferner die Gewölbe in der Regel mit gleichgeformten Schenkeln aus. Unsymmetrische Gewölbe werden zuweilen bei Wegeüberführungen mit einer Öffnung gewählt, wenn die Brückenbahn stark ansteigt, auch mitunter an Endpfeilern, um eine günstigere Lage der Stützlinie im Widerlager zu erzielen.

Um Form und Stärke eines Brückengewölbes bei gegebener Spannweite und angenommenem größtzulässigen Druck auf die Flächeneinheit (vgl. § 14) genau bestimmen zu können, hat man zunächst eine aus architektonischen oder praktischen Gründen zweckmäßig erscheinende Gewölbeform anzunehmen, die Scheitel- und Rämpferstärke nach einer der weiter unten angeführten Formeln zu berechnen und dann die Mitteldrucklinie bzw. Stützlinie für den ungünstigsten Belastungsfall zu konstruieren, um ein Urteil über die Standfestigkeit des Gewölbes zu gewinnen, namentlich aber um die Richtung einzelner Zugdrücke und die im Gewölbe auftretenden größten Spannungen kennen zu lernen.

Das Gewölbe besitzt die günstigste Form, wenn die für Eigengewicht und gleichmäßige Belastung des Gewölbes durch die halbe Verkehrslast gezeichnete Stützlinie mit der Gewölbemittellinie zusammenfällt, weil dann der Druck über die einzelnen Querschnitte gleichmäßig verteilt wird und demgemäß das Gewölbe die geringsten Spannungen erleidet. Wenn die Stützlinie für diese Belastungsannahme erheblich von der Gewölbemittellinie abweicht, so ist die Gewölbeform durch Anpassen an die Stützlinie zu verbessern, für die neue Form die Stützlinie zu konstruieren, nach dieser nötigenfalls der Gewölbequerschnitt wieder zu berichtigen und so fort, bis eine genügend genaue

Übereinstimmung zwischen Stützlinie und Gewölbemittellinie erzielt ist.

Weiter ist unter Annahme einer halbseitigen gleichmäßigen Vollbelastung die Stützlinie in den Gewölbeschenkel so einzuzichnen, daß sie einmal im Scheitel durch die obere Grenze und im Kämpfer durch die untere Grenze des Gewölbedrittels (Minimalstützlinie) und sodann im Scheitel durch die untere Grenze und im Kämpfer durch die obere Grenze des Gewölbedrittels (Maximalstützlinie) hindurchgeht. Beide Stützlinien dürfen den Gewölbekern an keiner Stelle verlassen, weil sonst Zugspannungen im Gewölbemauerwerk entstehen würden.

Die Standfestigkeit des Gewölbes verlangt ferner, daß der Fugendruck mit der Normalen zur Fuge keinen größeren Winkel einschließt als den Reibungswinkel der Ruhe für Mauerwerk (vgl. § 23); dann ist genügende Sicherheit gegen das Abgleiten der einzelnen Wölbsteine vorhanden. Endlich darf durch den Fugendruck nirgends eine über das zulässige Maß hinausgehende Beanspruchung des Gewölbemauerwerkes stattfinden (Sicherheit gegen Zerpressen). Erforderlichenfalls ist der Gewölbequerschnitt zu verstärken. Zweckmäßig läßt man die Stärke nach dem Kämpfer hin entsprechend dem wachsenden Fugendruck zunehmen.

Zur vorläufigen Annahme der Gewölbestärke sind vielfach die folgenden empirischen Formeln benutzt worden.

1. Für Gewölbe, die bis zum Fundament hinabgeführt werden,

$$\left. \begin{array}{l} \text{Hausteingewölbe} \quad d = 0,16 \sqrt{r} \\ \text{Ziegelgewölbe} \quad d = 0,17 \sqrt{r} \\ \text{Bruchsteingewölbe} \quad d = 0,20 \sqrt{r} \end{array} \right\} \begin{array}{l} d = \text{Gewölbestärke im Scheitel,} \\ r = \text{Halbmesser der inneren} \\ \text{Leibung.} \end{array}$$

2. Für Gewölbe, deren Mittellinie mit der Stützlinie zusammenfällt,

$$\begin{array}{l} \text{Hausteingewölbe} \quad d = 0,21 \sqrt{r} \\ \text{Ziegelgewölbe} \quad d = 0,23 \sqrt{r} \\ \text{Bruchsteingewölbe} \quad d = 0,26 \sqrt{r}. \end{array}$$

3. Nach Fontenay für starkbelastete Gewölbe mit einem größten Krümmungshalbmesser r von höchstens 12 m

$$d = 0,7r + 0,32 \text{ m.}$$

4. Nach Rankine

$$\text{Kreisbogengewölbe} \quad d = 0,346\sqrt{r}$$

$$\text{gedrückte Korbbogengewölbe} \quad d = 0,412\sqrt{r}.$$

5. Nach Perronet

$$\text{für } l < 16 \text{ m} \quad d = 0,035 l + 0,33 \text{ m}$$

$$\text{" } l = 16 \text{ bis } 32 \text{ m} \quad d = 0,042 l \text{ m}$$

$$\text{" } l > 32 \text{ m} \quad d = 0,021 l + 0,67 \text{ m.}$$

6. Nach Dupuit

$$\text{Halbkreisgewölbe} \quad d = 0,20\sqrt{l}$$

$$\text{Segmentbogengewölbe} \quad d = 0,15\sqrt{l}.$$

7. Nach Heinzerling

a) bei einer Überschüttungshöhe unter 1,5 m

$$\text{gutes Haussteinmauerwerk} \quad d = 0,39 + 0,025 r$$

$$\text{" Ziegelmauerwerk} \quad d = 0,43 + 0,028 r$$

$$\text{" Bruchsteinmauerwerk} \quad d = 0,48 + 0,031 r;$$

b) bei einer Überschüttungshöhe über 1,5 m

$$\text{gutes Haussteinmauerwerk} \quad d = 0,45 + 0,03 r$$

$$\text{" Ziegelmauerwerk} \quad d = 0,51 + 0,033 r$$

$$\text{" Bruchsteinmauerwerk} \quad d = 0,55 + 0,037 r.$$

8. Neuere französische Formel für Gewölbe aus Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel bei 10 bis 50 m Spannweite

$$d = 0,035 \cdot (l - 10) + 0,4 \text{ m.}$$

9. Für kreisbogenförmige und elliptische Haussteingewölbe, deren Stärke am Kämpfer doppelt so groß gewählt wird wie am Scheitel,

$$\text{bei starker Belastung} \quad d = 0,041 + 0,32 \text{ m}$$

$$\text{" schwacher Belastung} \quad d = 0,021 + 0,16 \text{ m}$$

10. Nach Schwarz

$$\text{bei } f < 1/3 \quad d = n + \frac{1}{21000} \cdot \frac{Gl}{kf} \text{ Meter}$$

$$\text{" } f > 1/3 \text{ und beim } \left. \begin{array}{l} \\ \text{Halbkreisgewölbe} \end{array} \right\} d = n + \frac{1}{7000} \cdot \frac{Gl}{kf} \quad "$$

Hierin bedeutet

$n = 0,08$ m für schwach belastete Gewölbe,

$n = 0,15$ " " mittelstark belastete Gewölbe,

$n = 0,24$ " " stark belastete Gewölbe,

$G =$ Gewicht einer Gewölbehälfte einschließlich Hintermauerung und Überschüttung für 1 m Tiefe in kg,

$k =$ zulässige Beanspruchung des Gewölbemauerwerkes in kg/qcm.

11. Nach Tollmitt für Gewölbe, deren Stützlinie bei voller Belastung mit der Gewölbemittelinie zusammenfallen soll,

$$d = \frac{0,15 \frac{l^2}{f}}{p - 0,15 \frac{l^2}{f}} \cdot \left(q + q_1 + \frac{f}{10} \right).$$

$p =$ zulässige Pressung des Gewölbematerials in Kilogramm für das Quadratmeter,

$q =$ Höhe der bleibenden Belastung über der äußeren Gewölbeleitung im Scheitel (in Gewölbemauerwerk umgerechnet),

$q_1 =$ Höhe der beweglichen Belastung (in Gewölbemauerwerk umgerechnet).

12. Nach dem „Gewölbeauschuß“ des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins für Eisenbahnbrücken und verkehrreiche Straßenbrücken bei Pfeilverhältnissen von $1/2$ bis $1/5$

$d =$	1,10	1,40	2,20	2,70	3,40	4,10 m
bei $l =$	30	40	65	80	100	120 "

13. Gewölbstärke an irgend einer Stelle a des Gewölbes (Abb. 251).

Man errichte in a eine Senkrechte von der Länge der Scheitelstärke d , ziehe durch den Endpunkt b eine Wagerechte und verlängere den Halbmesser ma bis zum Schnittpunkte c mit dieser, dann ist ac die gefuchte Gewölbstärke.

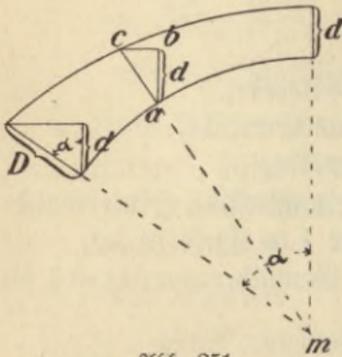


Abb. 251.

14. Gewölbstärke am Kämpfer.

Man findet sie entweder nach der vorgeschriebenen Konstruktion oder aus der Formel

$$D = \frac{d}{\cos \alpha}$$

Die Stärke am Kämpfer soll nach dem obenerwähnten „Gewölbeauschuß“ bei Segmentbögen das 1,5-fache, bei Halbkreisbögen das 1,7-fache der Scheitelstärke betragen.

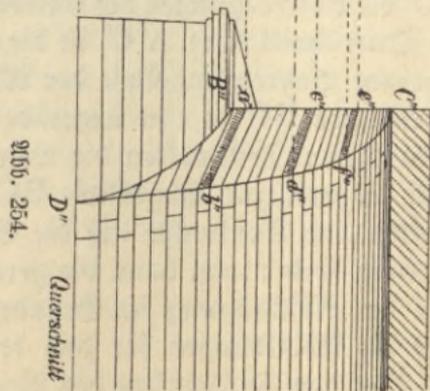
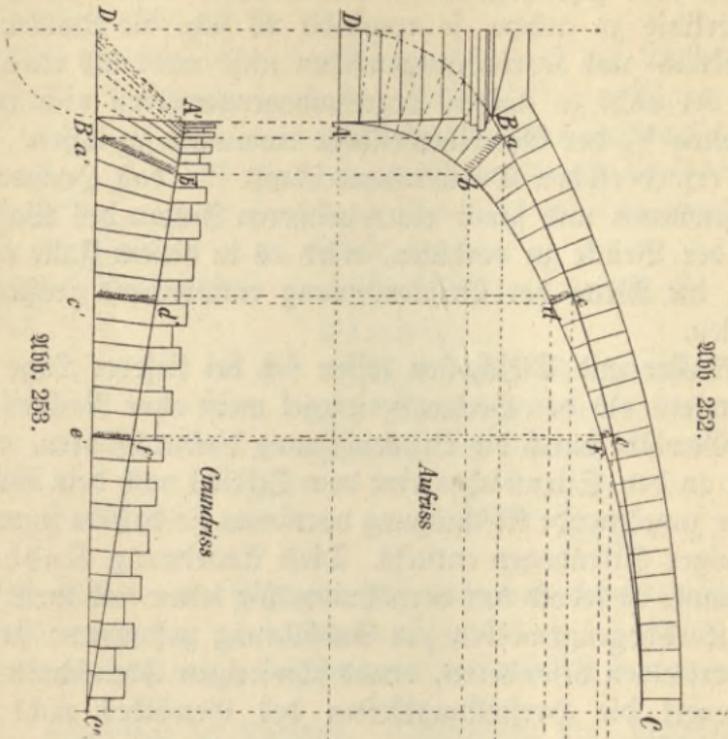
§ 25. Höhenlage der Kämpfer. Konstruktion der „Kuhhörner“.

Bei Besprechung der Lichtweite und Lichthöhe der Brückenbauwerke (im § 4) wurde bereits erwähnt, daß zur Verhütung gefährlicher Verstopfungen der Brückenöffnungen durch größere im Wasser treibende Körper (z. B. Eiszellen und Baumstämme) zwischen dem höchsten Wasserstande und dem Scheitel der inneren Gewölbeleibung ein freier Raum von mindestens 75 bis 100 cm Höhe erforderlich wäre, daß aber dieser bei Brücken mit Halbkreis-, Korbbogen-, elliptischen Gewölben und mit Gewölben in Form eines überhöhten Bogens nur im Scheitel vorhanden zu sein brauche, während sich die Kämpfer in Hochwasserlinie oder noch tiefer befinden könnten. Auch wurde im § 4 bereits darauf hingewiesen, daß man die Kämpfer bei Brücken mit flachen Segmentbogengewölben tunlichst nicht unter den höchsten Wasserstand legen solle, um das Durchflußprofil für Hochwasser möglichst wenig einzuengen.

Ist man gezwungen, mit den Kämpfern unter die Hochwasserlinie zu gehen, so empfiehlt es sich, die Zwickel bei Halbkreis- und Korbbogengewölben nicht mehr als etwa $\frac{1}{2}$ und bei nicht zu flachen Segmentbogengewölben nicht mehr als etwa $\frac{1}{3}$ der Gewölbepfeilhöhe eintauchen zu lassen. Um den erforderlichen Durchflußquerschnitt für das Hochwasser zu gewinnen und somit einen größeren Anstau des Wassers vor der Brücke zu verhüten, wird es in diesem Falle nötig sein, die Weite der Brückenöffnung entsprechend größer zu wählen.

Wasser und Eisschollen lassen sich bei tieferer Lage des Kämpfers als der Hochwasserspiegel meist ohne Nachteil für das Gewölbe durch die Brückenöffnung hindurchführen, wenn man an den Stirnflächen eine vom Scheitel nach dem Widerlager zunehmende Abschrägung vornimmt, so daß ein segmentförmiger Stirnbogen entsteht. Diese Anordnung, Kuhhorn genannt, ist jedoch nur verhältnismäßig selten und meist nur bei Korbbogengewölben zur Ausführung gekommen; sie erfordert einen besonderen, etwas schwierigen Steinschnitt und verteuert die Herstellungskosten des Gewölbes nicht unwesentlich.

In den Abb. 252 bis 254 stellen ABC, A'B'C' und A''B''C'' die Abschrägungen des Gewölbes im Aufriß, Grundriß und Querschnitt dar; A'C' ist die angenommene schräge, jedoch gerade Begrenzungslinie der Abschrägung. Man teilt den Stirnbogen BC in eine ungerade Anzahl gleicher Teile, ordnet in diesen Teilpunkten die Lagerfugen der Gewölbestirnstücke normal zur Bogenlinie BC an und fällt von den Teilpunkten aus Senkrechte auf die Bogenlinie AC. Durch Projizierung findet man dann die geraden Fugen der Wölbsteine in der Abschrägung im Grundriß und im Querschnitt, wie dies die Abbildungen für drei beliebig gewählte Fugen zeigen. Von den Teilpunkten des Bogens AC ab verlaufen die Lagerfugen wagerecht und werden demnach dort geknickt. Jeder in Nähe des Scheitels liegende Wölbstein wird aus einem Stück gefertigt, während alle übrigen Steine in dem



abgeschrägten Gewölbeteile je nach ihrer Länge einmal oder mehrere Male so gestoßen werden, daß die Stoßfugen normal auf den Lagerfugen stehen*).

§ 26. Ausführung der Gewölbe.

1. Mörtel. Vorbemerkungen.

Nach Rheinhard (Über die Kunst des Wölbens, Zentralblatt der Bauverwaltung 1886) soll der Mörtel nicht nur eine genügende Festigkeit besitzen, sondern sich auch mit den Wölbsteinen auf das innigste verbinden; auch soll er möglichst steif, d. h. ohne überschüssiges Wasser zubereitet sein, weil dünnflüssiger Mörtel zu langsam erhärtet und eine geringere Festigkeit erreicht. Für kleinere Gewölbe, deren Druckspannungen nicht mehr als 15 kg/qcm betragen; empfiehlt Rheinhard eine Mischung aus 1 Raumteil Portlandzement, 1 Teil Wasserkalk oder Fettkalk und 6 Teilen reinem, grobem Quarzsand, für Gewölbe mit Druckspannungen von 45 bis 50 kg/qcm und darüber sowie für Ausführungen, die in kürzester Zeit vollendet sein sollen, eine Mischung aus 1 Raumteil Portlandzement und 2 Teilen Sand.

Je weniger lagerhaft die natürlichen Wölbsteine sind, um so besserer Mörtel ist zu verwenden. Mit der Höhe der Wölbsteine und mit der Rauigkeit ihrer Lager- und Stoßfugenflächen soll die Fugenweite wachsen, und um ein recht festes Anhaften des Mörtels an den Steinen zu erzielen, sollen die Fugenflächen nicht ganz glatt, sondern nur mit Hammer und Zweispitz rauh bearbeitet werden. Damit dem Mörtel nicht das zu seiner Erhärtung nötige Wasser entzogen wird, sind die Wölbsteine vor dem Verlegen bzw. vor dem Einbringen des Mörtels gehörig anzunässen. Schließlich sind die Steine auch gründlich von Staub und Schmutz zu reinigen, damit sich der Mörtel mit den Steinen fest verbinden kann.

*) Handbuch der Ingenieurwissenschaften Bd. II Abt. I S. 175.

2. Backsteingewölbe.

Schwächere Backsteingewölbe werden aus einzelnen durchgehenden Wölbchichten mit keilförmigen Lagerfugen und mit versetzten Stoßfugen und eines guten Verbandes wegen so hergestellt, daß sich an der Leibung Binder oder Dreiviertelbinder befinden (Abb. 255).

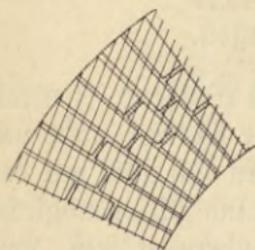


Abb. 255.

Zur Ausführung der Backsteingewölbe verwendet man entweder Formsteine oder gewöhnliche Ziegel. Haben letztere ein verschiedenes Format, so sind sie zu sortieren und die dünneren für die innere, die dickeren für die äußere Leibung zu wählen, damit am Gewölberücken keine zu starken Fugen entstehen.

Die Verstärkung der Backsteingewölbe vom Scheitel nach den Kämpfern hin erfolgt absatzweise um je $\frac{1}{2}$ oder 1 Stein je nach der Zunahme des Fugendruckes (Abb. 256).

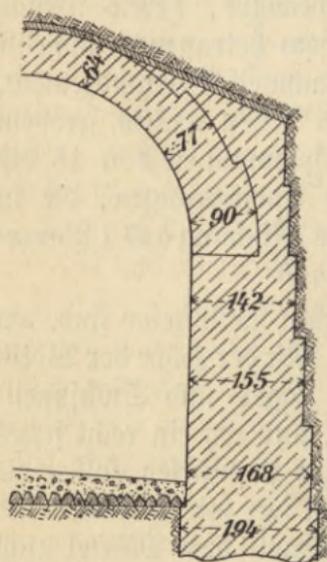


Abb. 256.

Bei starken Gewölben setzt man den Bogen aus mehreren übereinanderliegenden, konzentrischen Ringen zusammen. Um eine möglichst gleichmäßige Druckverteilung auf alle Ringe zu erreichen, empfiehlt es sich, die einzelnen Ringe durch Einfügen von in regelmäßigem

Verbande hergestellten Binderschichten abwechselnd miteinander zu verbinden (Abb. 257), oder durch das ganze Gewölbe gehende Quaderbinderschichten sowohl an den Kämpfern und im Scheitel als auch zwischen beiden anzuordnen (Abb. 258), oder nach dem Vorschlage von Bräuler (Zentralblatt der

Bauverwaltung 1890 S. 263) verzahnte Ringe herzustellen und die Verzahnung $\frac{1}{2}$ Stein stark zu wählen (Abb. 259).

Bei einem Viadukt der London=Birmingham=Eisenbahn bei Wolverton bestehen die 18,3 m weiten, 95 cm starken

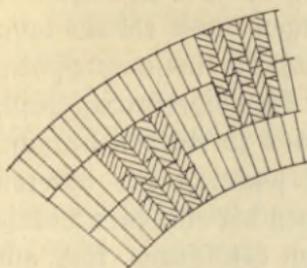


Abb. 257.

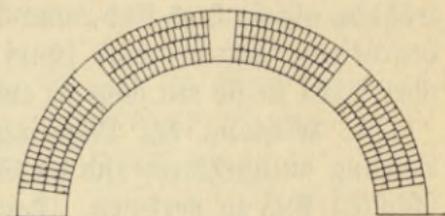


Abb. 258.

Segmentbogengewölbe mit 6,1 m Pfeilhöhe aus 9 Ringen von je $\frac{1}{2}$ Stein Stärke.

3. Quadergewölbe.

Die Wölbsteine erhalten meistens ebene, keilförmige Lagerflächen und Höhen, die der vom Scheitel nach den Widerlagern hin stetig zunehmenden Gewölbestärke entsprechen. Für Gewölbe von mehr als 40 m Spannweite empfiehlt der „Gewölbeausschuß“ des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins, Quader von mindestens 0,7 cbm Inhalt zu wählen. Wenn große Haussteine fehlen, oder ihr Verfehlen zu große Schwierigkeiten verursacht, so setzt man Wölb-schichten von großer Höhe aus zwei oder drei Steinlagen zusammen und ordnet des besseren Längsverbandes wegen in jeder Schicht abwechselnd Läufer und Binder an statt, wie es öfter geschieht, nur Binder allein. Starke und weitgespannte Quadergewölbe hat man auch in zwei oder drei konzentrischen Ringen

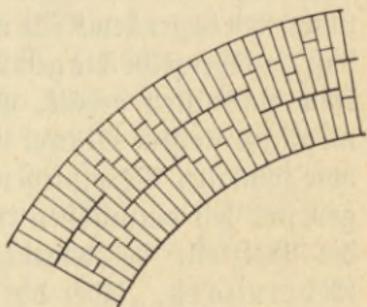


Abb. 259.

eingewölbt, um den Druck auf das Lehrgerüst und damit auch die Senkung des letzteren zu vermindern. Auch hier sind die einzelnen Ringe wie beim Backsteingewölbe durch eingefügte Binderschichten miteinander zu verbinden, um alle Ringe möglichst gleichmäßig zum Tragen zu zwingen. Die Stirnquader soll man eines guten Verbandes wegen etwa ebenso lang wählen, als sie hoch sind, und den Schlußstein so sorgfältig bearbeiten, daß er zwar scharf in die Gewölbeöffnung paßt, aber nicht in sie mit Gewalt eingetrieben zu werden braucht.

Die Richtung der Lagerfugen ist senkrecht zur inneren Leibung anzunehmen, und die Stoßfugen der einzelnen Wölb- schichten sind zu versehen. Lager- und Stoßfugen sind auf das sorgfältigste mit Mörtel auszufüllen.

Entweder werden alle Quader satt in Mörtel verlegt, oder es werden die in der Nähe des Scheitels liegenden, weil bei ihnen das Versetzen in ein volles Mörtelbett recht schwierig ist, oder auch sämtliche Wölbsteine (namentlich bei großen Gewölben) zunächst trocken auf das verschaltete Lehrgerüst gesetzt und durch kurze Holzkeile von der Stärke der Fugen (20 bis 25 mm) an der inneren und äußeren Leibung in der richtigen Lage erhalten; dann wird das Lehrgerüst durch Anziehen der unter ihm liegenden Keile nötigenfalls von neuem so eingestellt, daß das Gewölbe die gewünschte Form nach erfolgter Senkung beim Ausrüsten erhält, und endlich werden alle Fugen mit möglichst steifem Mörtel vollständig ausgefüllt, der mit Hilfe von schmalen Stampfeisen bis auf die Schalung des Lehrgerüstes fest einzustoßen ist. Nachdem dies geschehen, werden die Holzkeile herausgeschlagen und durch Mörtel ersetzt. (Reinhard, „Über die Kunst des Wölbens“.)

Den Rücken der Wölbsteine konzentrisch mit der Leibung herzustellen (Abb. 260), hat den Nachteil, daß die anschließenden Quader namentlich gegen den Scheitel hin sehr spitze Flächenwinkel erhalten. Empfehlenswerter ist es, entweder alle oder wenigstens die am Scheitel liegenden Wölbsteine mit den Quaderschichten in Verband zu bringen (Abb. 261). Zu scharfe Kanten an den Wölbsteinen sind durch einen senkrechten

Schnitt zu brechen (ab Abb. 262), obwohl dadurch der anstoßende Wölbstein eine unzweckmäßigere Gestalt erhält (vgl. auch 7.).

4. Bruchsteingewölbe.

Lagerhafte, d. h. mit zwei annähernd parallelen Seitenflächen versehene Bruchsteine werden so weit hammerrecht bearbeitet, daß sich aus ihnen annähernd gleich starke Wölb- schichten mit möglichst in einer Ebene durch das ganze Gewölbe gehenden Lager- fugen und mit versetzten Stoß- fugen herstellen lassen. Man verlegt die Steine in möglichst gutem Verbande nach dem Augenmaß normal zur Scha- lung des Lehrgerüstes und satt in Mörtel, wobei man größere Zwischen- räume mit passenden Steinstückchen auszwickt. Man gibt den Steinen tunlichst eine etwas feil-

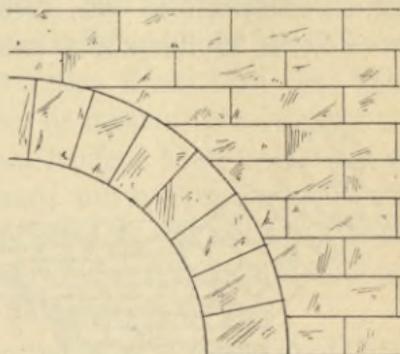


Abb. 260.

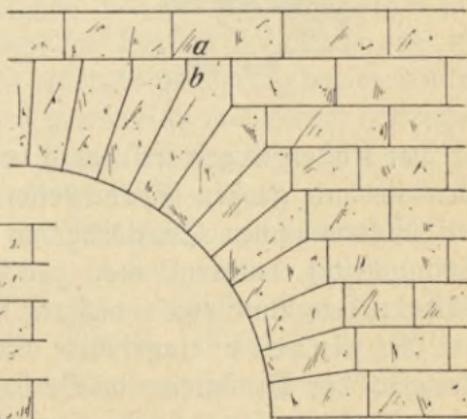


Abb. 262.



Abb. 261.

förmige Gestalt und eine solche Größe, daß sie durch die ganze Stärke des Gewölbes hindurchreichen und nur einzelne in dieser Richtung gestoßen zu werden brauchen. Am besten geeignet zu Bruchsteingewölben sind plattenförmige Steine, weil diese die geringste Mörtelmasse erfordern (Abb. 263).

Will man das Gewölbe aber aus völlig unbearbeiteten oder kleineren Steinen herstellen, so versetzt man sie zweckmäßig in mehreren Lagen an- und übereinander trocken auf das zu verschalende Lehrgerüst, wie dies beim Quadergewölbe beschrieben wurde, und füllt ihre Zwischenräume sorgfältig mit einem guten, möglichst trocken zu haltenden Zementmörtel aus.

Bei einem weitgespannten Gewölbe aus kleineren Bruchsteinen empfiehlt es sich, wenigstens an den Kämpfern und im Scheitel Wölbschichten aus Haussteinen herzustellen, weil dadurch ein besserer Zusammenhang des Gewölbemauerwerkes erzielt wird.

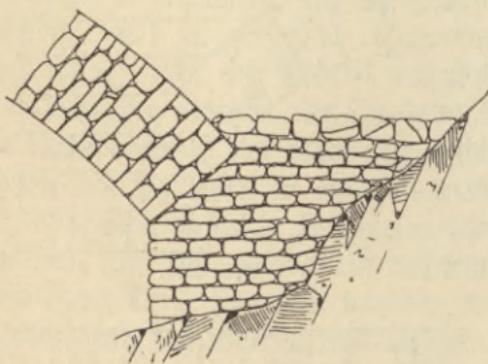


Abb. 263.

In einzelnen Fällen hat man auch Gewölbe aus kleinen Bruchsteinen in einzelnen Ringen hergestellt und diese durch Einschaltung von Binder- schichten miteinander in Verband gebracht.

Der Kosten wegen stellt man neuerdings meistens nur die Gewölbe mit großen Spannweiten aus Haussteinen her (bei den österreichischen Staatsbahnen nur Gewölbe über 40 m Spannweite), während man zur Ausführung kleinerer Gewölbe neben Backsteinen vielfach Bruchsteine und dann die von *Rheinhard* eingeführte Gewölbemauerweise (trockenes Versetzen der Bruchsteine im Verband und mit weiten Fugen sowie Ausstampfen der Fugen mit steifem Portlandzementmörtel) wählt. Bei den von *Rheinhard* ausgeführten Straßenbrücken dieser Art stellte sich der Quadratmeter Brücke, bezogen auf die sichtbare Leibungsgrundfläche, bei 7 bis 13 m weiten Gewölben auf etwa 55 Mark und bei 15 m weiten Gewölben auf 60 bis 90 Mark, bei einem Selbstkostenpreis der rauhen Bruchsteine von 6 Mark für 1 cbm frei Bau-

stelle. Die Scheitelstärke wurde bei Brücken bis zu 15 m Spannweite zu 35 bis 40 cm angenommen (Zentralblatt der Bauverwaltung 1887).

5. Betongewölbe.

a) Ohne Eiseneinlage und ohne Gelenke.

E. Dyckerhoff empfiehlt*), für Betongewölbe eine Mischung von 1 Raumteil Portlandzement, 5 bis 6 Teilen Rießsand und entweder 5 bis 6 Teilen Rießsteinen oder besser 7 bis 8 Teilen hartem Schotter zu wählen, den Zement und Sand zunächst drei- bis viermal trocken, dann unter allmählichem Wasserzusatz noch so lange durchzuarbeiten, bis eine gleichmäßig erdfeuchte Masse entsteht, die sich mit den Händen eben zusammenballen läßt, darauf die gereinigten Steine beizufügen und das Ganze innig zusammenzumischen.

Das Lehrgerüst für Betongewölbe erhält eine starke Verschalung, die zur Verhinderung eines Durchfließens des Mörtelwassers durch die Bretterfugen und zur Erzielung einer sauberen, glatten Leibungsfläche mit starkem Packpapier oder mit Blechtafeln belegt oder mit einem Gipsüberzug versehen wird. Diese schützende Decke wird gewöhnlich mit Leinöl bestrichen, damit sie sich leichter vom Beton ablösen läßt. An den Gewölbestirnen ist eine in gleicher Weise innen zu bedeckende, aus starken Brettern zu bildende Holzwand normal auf das Lehrgerüst zu stellen, sicher zu befestigen und außen zu versteifen. Für später anzubringende Verzierungen und Bekleidungen des Betons sind entweder Gipsmodelle auf dem Lehrgerüst zu befestigen, oder Kästenformen herzustellen und für etwaige Fugenschnitte entsprechend gestaltete Leisten aufzunageln (vgl. b).

Der Beton wird in Schichten von 18 bis 20 cm Stärke sorgfältig in den Bretterkästen eingefüllt und mit 12 bis 15 kg schweren Stampfen von 20 cm unterer Breite so lange

*) Deutsche Bauzeitung 1888 S. 242.

gestampft, bis er „schwigt“, d. h. bis sich auf der Oberfläche Wasser zeigt; hierbei sind schon getrocknete Betonmassen vor dem Anfügen frischer Massen mit dünnflüssigem Zementmörtel zu bewerfen, um alle Teile des Gewölbes innig miteinander zu verbinden.

Nach E. Dyckerhoff erhält man einen wasserdichten Beton, wenn man auf die raue und gereinigte Betonfläche einen 10 bis 15 mm starken, aus 1 Raumteil Portlandzement und 2 bis 2,5 Teilen scharfem Sand bestehenden Zementputz, dem zur Erhöhung der Geschmeidigkeit des Mörtels noch 0,1 Teil Fettalk (Kalkmilch) hinzugefügt werden kann, in zwei bis drei Schichten aufträgt, mit dem Richtscheit abzieht und mit Holzscheiben abreibt und auf diesen Putz nach seinem Abbinden noch eine Lage reinen Zementbrei aufbringt und mit Filzscheiben glättet.

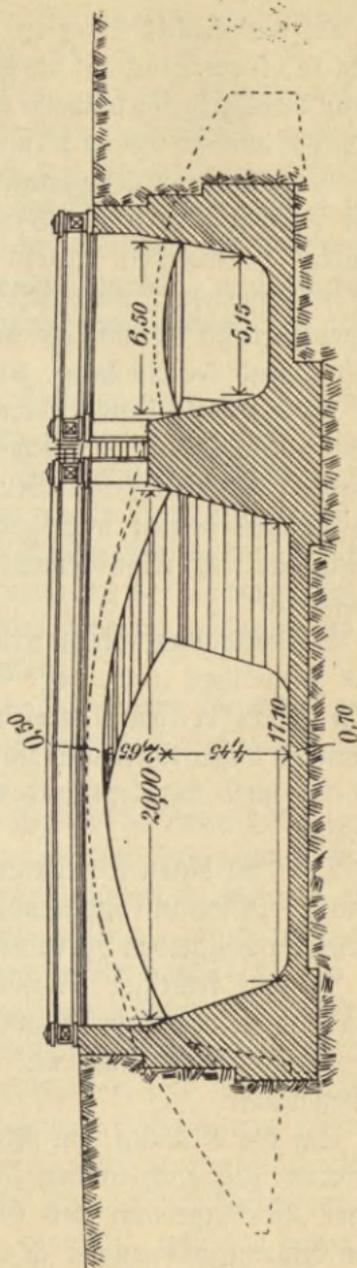
In Abb. 264 ist eine der „Deutschen Bauzeitung“ (1903 Nr. 51) entnommene Zeichnung einer schiefen Beton-Straßenbrücke über den Oberwasserkanal und über den Moosbach bei Wangen a. d. Aar (Schweiz) wiedergegeben, zu der nichts Besonderes zu bemerken ist.

Für die Herstellung der Gewölbe schiefer Brücken ist Stampfbeton besonders zu empfehlen, weil alle die vielen Schwierigkeiten, die bei der Ausführung solcher Gewölbe in natürlichen Steinen oder Ziegeln entstehen (vgl. § 27), hier fortfallen. Betonbrücken lassen sich in weit kürzerer Zeit fertigstellen als solche in Stein und kosten im allgemeinen nicht mehr als Brücken aus Bruchsteinmauerwerk.

b) Betongelenkbrücken.

Die zurzeit größte Betongelenkbrücke ist die von Präsident v. Leibbrand in Stuttgart im Jahre 1893 erbaute schiefe Straßenbrücke über die Donau bei Munderkingen in Württemberg (Tafel VI Abb. 1 bis 6). Der ausführlichen Beschreibung, die v. Leibbrand in seinem Werke „Gewölbte Brücken“ (Leipzig 1897) über diese Brücke gibt, entnehmen wir folgendes.

Das Gewölbe hat eine Spannweite von 50 m, eine Pfeilhöhe von 5 m, eine Scheitelstärke von 1 m, eine Stärke an den Rämpfen von 1,1 m und dazwischen, dem größten Ausweichen der Stützlinie bei einseitiger Vollbelastung des Gewölbes entsprechend, im Viertel der Spannweite eine Stärke von 1,4 m. Die innere Leibung ist auf der linken Gewölbehälfte nach einem Halbmesser von 65 m, auf der rechten dagegen vom Scheitel auf $\frac{2}{3}$ der Gewölbehälfte nach 70 m, weiterhin nach 46 m Halbmesser gekrümmt. Das Gewölbe wurde aus einer Mischung von 1 Raumteil Portlandzement, 2,5 Teilen Sand und 5 Teilen Schotter hergestellt und erhielt im Scheitel und in den beiden Rämpfen Gelenke, um das Gewölbe zu einer statisch bestimmten Konstruktion zu gestalten und jeden Teil der Konstruktion mit der dem heutigen technischen Wissen entsprechenden Sicherheit berechnen zu können und um ferner die von der Zusammendrückung des Baugrundes, der Grundmauern und des Gewölbes herrührenden Gewölbesenkungen vor sich gehen zu lassen, ohne daß Risse im Gewölbe entstehen.



Da die Brücke schief ist (15 Grad), so sind die Gelenke nicht in einem Stück auf die ganze, 7,5 m betragende Gewölbebreite durchgehend, sondern sie bestehen aus je zwölf einzelnen Stücken von je 0,5 m Länge. Zwei nach einem Bogen von 15 cm Halbmesser genau aufeinander gearbeitete Stahlschienen von 7 cm Breite und 2,5 cm Dicke bilden die Gewölbepunkte; sie wurden mittels einfacher Einschubvorrichtungen auf flußeisernen Kästen befestigt, um den Druck auf eine genügend große Betonfläche des Gewölbes zu verteilen. Diese Kästen sind 50 cm lang, 80 cm (radial gemessen) breit und 23 cm hoch; sie bestehen aus je drei I-Trägern mit beiderseits aufgenieteter 1,5 cm starker Blechplatte. Nach erfolgter Ausrüstung des Gewölbes wurden diese Gelenke des Kofschutzes wegen mit Zementmörtel in der Mischung von 1 Raumteil Portlandzement und 2 Teilen Sand sorgfältig ausgefüllt.

Die Gewölbezwickel wurden behufs Verringerung der Last des Gewölbes und der Grundmauern mit Hohlräumen (Spandrillräume) versehen, die in zwei Geschossen übereinander angeordnet und zwischen 60 cm dicken Betonmauern 90 cm weit angelegt und mit Beton plattenartig überdeckt wurden.

Die 1 m dicken Stirnmauern bestehen aus Beton, der mit kleinen, zyklopisch aneinandergesetzten und in Zementmörtel versetzten hellgelben Jurakalksteinen verkleidet ist.

Mittels kräftiger Konsolen und Deckplatten aus Betonquadern wurden die Fußwege um 55 cm über die Brückenstirn ausgefragt und mit Brüstungen aus Betonquadern ausgestattet.

Um die Bildung von Rissen in den Stirn- und Zwischenmauern und auch in den Fußwegen über den Kämpfern bei einer Verlängerung des Gewölbes zwischen diesen infolge von Wärmeänderungen zu vermeiden, wurden sowohl in den Stirnmauern hinter den vorspringenden Umrahmungen der Seitengewölbe als auch in den Zwischenmauern der Spandrillräume offene Schlitze angeordnet und diese unter der Fahr-

bahn und den Fußwegen mit zwei Winkleisen abgedeckt, die aufeinander zu schleifen vermögen.

Zu den Gewölbefirnien, den großen Boffenquaderschichten der Seitendurchlässe, den Konsolschichten und den Deckquadern ist zur Verbesserung des Aussehens der Brücke rötlich gefärbter Zement im Ton des Buntsandsteines, zu den Brüstungen und glatten Schichten der Seitendurchlässe schwach grünlich gefärbter Zement verwendet worden, auch wurden die vorkommenden Boffen mit Hammer und Schlageisen nachgearbeitet.

Zur Herstellung der nötigen Betonquader benutzte man Holzformen, die durch Schrauben lösbar waren und innen mit Leinöl bestrichen wurden. Die sichtbaren Flächen der Quader erhielten eine 2 bis 3 cm starke Lage sehr trocknen, aus 1 Teil Farbzement und 2 Teilen Sand von gleicher Korngröße bestehenden Mörtels, während der Kern mit Beton im Mischungsverhältnis von 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 3 Teilen Kies ausgefüllt wurde.

Das Grundmauerwerk wurde aus einem Gemenge von 1 Teil Zement, 2,5 Teilen Sand und 5 Teilen Kies ohne Steineinlage hergestellt.

Wegen der schiefen Lage der Brücke hat man die Lagerfugen der Wölbsteine nach dem englischen Fugenschnitt (vgl. § 27) angelegt. Zu diesem Zweck wurden in Längen von 1 bis 1,5 m (der Bogenlinie nach gemessen) winkelrecht auf die Leibung Dielwände auf Gewölbedicke aufgestellt, die in drei Abätzen der Brückenbreite nach abgetrepppt waren; diese, große Gewölbequaderformen vorstellenden Kästen wurden nun in Schichten von etwa 30 cm ausbetoniert und festgestampft.

Die aus lose nebeneinanderliegenden Hölzern von 10 mal 10 cm Stärke bestehende Lehrgerüstschalung wurde mit starkem und geöltem Packpapier überzogen. Darauf sind kleine trapezförmige Holzleisten aufgenagelt worden, um der inneren Leibung eine Teilung nach der Richtung des englischen Fugenschnittes zu geben. Die Gewölbefirnien mußten vollständig mit gehobelten Brettern eingeschalt werden, auf die keilförmig

verjüngte Hölzer aufgenagelt wurden, um die Abfasung des Bogens und seine Boffeneinteilung zu erhalten. Auch dieses Holzwerk wurde geölt.

Vor dem Einbringen des Betons hat man an den Gewölbesteinen eine Stirnschicht auf etwa 10 cm Dicke vorgefetzt, die aus trockenem Zementmörtel im Mischungsverhältnis von 1 Teil Farbzement und 2 Teilen feinem Sand bestand und sehr sorgfältig festgeklopft und festgestoßen wurde.

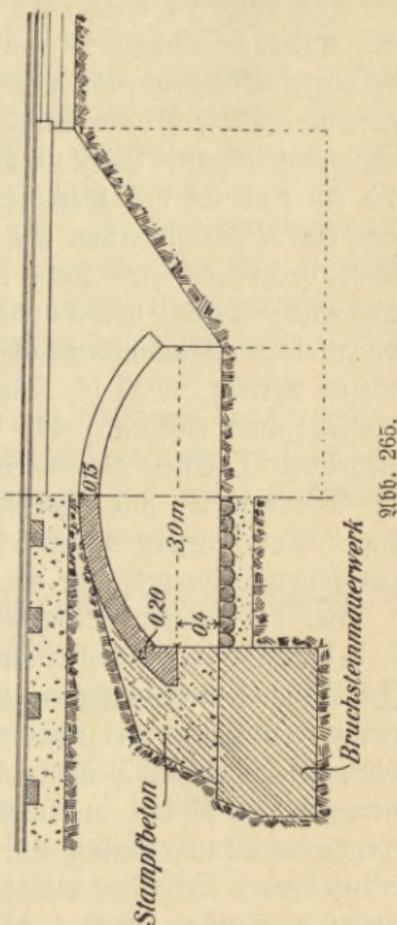
Die Herstellung der Gewölbebetonierung dauerte 19 Tage. Nach siebenmonatlicher Bauzeit wurde die Brücke dem Verkehr übergeben. Die Gesamtkosten beliefen sich auf etwa 71 000 Mark.

c) Betongewölbe mit Eiseneinlage (Moniergewölbe).

Nach dem System Monier erhält das Betongewölbe eine Verstärkung durch zwei nahe der inneren und der äußeren Leibung angeordnete Eiseneinlagen zur Aufnahme der bei wechselnder Belastung des Gewölbes bald in dessen innerer, bald in dessen äußerer Leibung auftretenden Zugspannungen. Durch diese, bei kleineren Gewölben aus Rundeisen, bei größeren aber in der Regel aus Profileisen gebildeten Einlagen, die sich mit dem Beton fest verbinden (nach Bauschinger beträgt die Adhäsion zwischen Beton und Eisen 40 kg/qcm und darüber) und annähernd mit ihm den gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzen, wird das Betongewölbe sehr entlastet, so daß es weit schwächer bemessen werden kann. Nach Versuchen, die im Jahre 1890 in Budapest angestellt wurden, ist die Festigkeit eines Monierbogens 5,2 mal so groß als die eines gleichstarken Betonbogens ohne Eiseneinlage.

Auch das Moniergewölbe verlangt ein mit starken Brettern verschaltes und mit hölzernen Stirnwänden versehenes Lehrgerüst. Abb. 265 zeigt eine kleine, beim Bahnhof Barmke der Strecke Helmstedt-Öbisfelde erbaute Eisenbahnbrücke, deren Moniergewölbe von der „Aktiengesellschaft für Monierbauten“ hergestellt worden ist. Einer im „Zentralblatt der Bauverwaltung“ (1896 S. 45) von P. Michaelis veröffent-

lichten Beschreibung der Ausführung dieses Brückengewölbes entnehmen wir folgendes. Das Eisengeflecht besteht aus 1 cm starken, in der Gewölbeleibung umgebogenen, 8 cm voneinander entfernten Rundstäben, über die in der Längsrichtung des Gewölbes in Abständen von je 12 cm 7 mm starke Eisenstäbe gestreckt sind. An den Kreuzungspunkten sind die Bogenstäbe mit den anderen Stäben mittels Eisendraht umflochten worden, wodurch ein völlig steifer Eisenrost entstand. Dieser auf das Lehrgerüst verlegte Rost wurde an einzelnen Stellen nachgerichtet, damit er sich der Schalung vollkommen anschmiegte, und dann in seiner ganzen Ausdehnung um 3 cm über die Schalung gehoben sowie durch Einklemmung entsprechend beschlagener kleiner Steinstücke über der Schalung schwebend erhalten. Hierauf wurde die Gewölbemasse aufgebracht, die aus 1 Teil Zement und 4 Teilen scharfem, grobkörnigem Quarzsande bestand, und damit die halbe Gewölbstärke ausgestampft, so daß der Eisenrost vollkommen umhüllt und die Gewölbemasse an den Widerlagern angebunden wurde. Nach erfolgter Erhärtung dieser Betonmasse wurde der für die äußere Leibung bestimmte Eisenrost in gleicher Weise wie der untere verlegt, verbunden, gehoben und in schwebender Lage erhalten, dann wurde die obere Gewölbhälfte ausgestampft und schließlich der Rest des Widerlagermauerwerkes im Zusammenhang mit der Übermauerung



des Gewölbes in Stampfbeton hergestellt. Die Abdeckung des Gewölberückens und der Übermauerung erfolgte mit einem fetten Zementputz, der zur Erzielung eines völlig wasserdichten Überzuges einen zweimaligen Anstrich mit Holzzement erhielt. Die Gesamtkosten der Brücke stellten sich auf etwa 6000 Mark.

Auf Tafel VI Abb. 7 bis 10 ist eine im Jahre 1901 von der Aktiengesellschaft Liebold & Co. in Holzminden ausgeführte Straßenbrücke über die Dichtum bei Bremen dargestellt. Diese Brücke besitzt ein Moniergewölbe von 15 m Spannweite und 2,25 m Pfeilhöhe, das im Scheitel nur 25 cm und an den Rämpfern nur 40 cm Stärke hat und aus einem Gemenge von 1 Teil Portlandzement und 4 Teilen Kies hergestellt ist. Jede der beiden Eiseneinlagen besteht aus einer Anzahl von 10 mm starken Rundeisenstangen, die parallel zur Brückenlängsachse in Abständen von je 10 cm im Beton verlegt, durch die Stege von 14 mm hohen, je 50 cm voneinander entfernt und senkrecht zur Brückenlängsachse liegenden I-Eisen gesteckt und in Abständen von je 100 cm im Mauerwerk, wie Abb. 9 auf Tafel VI zeigt, verankert sind. Der mittlere Abstand der Eiseneinlage von der nächstgelegenen Leibungsfläche des Gewölbes beträgt 3 cm.

Bei den Stampfbetongewölben nach System Melan besteht die Verstärkung und Aussteifung aus eingebetteten eisernen, I-förmigen Bogenträgern, und zwar gewöhnlich aus Walzträgern und nur bei stärkeren Gewölben aus Blechträgern oder gitterförmigen Trägern, die der Gewölbeform entsprechend gebogen, im Mittel in einem Abstände von 1 m verlegt und wegen der Druckverteilung auf die Widerlager an den Rämpfern, bei größeren Brückengewölben auch noch am Scheitel miteinander verbunden werden und annähernd die gleiche Höhe wie das Gewölbe erhalten.

Die von Bünsch ausgeführten Betonbrücken besitzen Eiseneinlagen mit einem wagerechten Obergurt und einem bogenförmigen Untergurt aus I- oder T-Eisen ohne Querverbindung und in etwa 50 cm Abständen. Diese Träger werden auf die Widerlagersohle verankert.

6. Gewölbe aus gemischtem Mauerwerk.

Zum Schutze gegen Witterungseinflüsse und zur Erzielung eines besseren Aussehens der Brücke werden die aus Bruchsteinen und Ziegeln hergestellten Gewölbe häufig an den Stirnen, mitunter auch an den inneren Leibungen mit Haussteinen verblendet (vgl. Abb. 223, Wandrahmbrücke zu Hamburg). Die Höhe der Quader wählt man zweckmäßig gleich einem um die Mörtelfugen vermehrten Vielfachen der Bruchstein- und Backsteinschichten. Die Haussteine sind mit gut bindendem Mörtel so einzusetzen, daß sie genügend tief in das Gewölbemauerwerk eingreifen. In der Regel ordnet man dann im Scheitel eine durch das ganze Gewölbe gehende Quaderbinderschicht an und stellt die ganze Kämpferschicht aus Haussteinen her, weil man hierdurch eine gleichmäßigere Druckverteilung erreicht.

Auch bei Betonbrücken ist eine Verkleidung der Gewölbestirnen mit Haussteinen oder, wie bei Besprechung der Munderfingerringbrücke bereits erwähnt wurde, mit farbigen Betonquadern zu empfehlen.

7. Mittel zur Vermeidung schädlicher Formänderungen der Gewölbe.

Die Gewölbe, namentlich solche von großer Spannweite, erleiden oft schon während ihrer Herstellung Formänderungen, die dadurch hervorgerufen werden, daß sich das Lehrgerüst beim gleichmäßigen Einwölben von den beiden Widerlagern aus zuerst im Scheitel hebt und sich, sobald die Wölbung bis zu einer gewissen Stelle vorgerückt ist, plötzlich wieder senkt. Infolge dieser Formänderung des Lehrgerüsts entstehen offene Fugen im Gewölberücken, und zwar bei Segmentbogen an den Kämpfern, bei Halbkreis- und elliptischen Bogen an höherliegenden Stellen. Damit sich das Lehrgerüst möglichst wenig im Scheitel heben kann, ist es möglichst steif, nötigenfalls unter Zuhilfenahme eiserner Träger, herzustellen und vor Beginn der Einwölbung in seinem mittleren, möglichst

breit zu bemessenden Teile mit einer dem Eigengewicht des Gewölbemauerwerkes nahekommenden Belastung zu versehen. Meistens begnügt man sich aber damit, die Einwölbung an den Kämpfern und gleichzeitig etwa von den Mitten der beiden Gewölbehälften aus (bei sehr großen Gewölben auch noch von dazwischenliegenden Punkten aus) zu beginnen. Dieses Verfahren, bei dem das Gewölbe gleichzeitig an mehreren Stellen geschlossen wird, gewährt auch noch den Vorteil einer wesentlich schnelleren Ausführung der Einwölbung, weil die Zahl der Arbeitsstellen eine größere ist.

Zu dem gleichen Zwecke wölbt man auch, wie bereits wiederholt erwähnt wurde, starke Gewölbe in einzelnen, übereinanderliegenden, konzentrischen und durch eingefügte Binderstichten miteinander verbundenen Ringen. Dadurch wird erreicht, daß das Lehrgerüst nur den ersten Ring voll, von den anderen jedoch nur einen geringen Anteil zu tragen hat, so daß es wesentlich schwächer belastet wird als bei einem Vollbogen. Zweckmäßig stellt man jeden einzelnen Ring wieder gleichzeitig in mehreren Stücken her. Endlich sucht man den besagten Übelstand auch dadurch zu beheben, daß man die Wölbsteine zunächst trocken versetzt, dann das Lehrgerüst von neuem nach der gewünschten endgültigen Form des Gewölbes einstellt und endlich die offenen Fugen mit Zementmörtel ausgießt oder austampft (vgl. 3).

Aber auch bei der Ausrüstung entstehen Risse im Gewölbe, weil sich dasselbe senkt. Durch den Gewölbeschub wird das Widerlager etwas nach hinten gekippt und dadurch die Spannweite um ein geringes Maß vergrößert, sodann aber auch eine kleine Drehung der Kämpferfuge hervorgerufen, die zu einem Heben der Stützlinie im Scheitel und zu einem Senken derselben an den Kämpfern führt. Endlich wird auch durch Änderungen der Luftwärme ein Heben und Senken der Stützlinie herbeigeführt: bei Zunahme der Wärme wird das Gewölbe länger und hebt sich demnach im Scheitel, bei Abnahme der Wärme dagegen wird es kürzer und senkt sich demnach im Scheitel (Handbuch der Ingenieurwissenschaften

Bd. II Abt. I S. 229). Deshalb ist vorgeschlagen worden, Brückengewölbe, wenn irgend tunlich, bei recht niedriger Luftwärme herzustellen.

Zur Verhütung eines Absplitterns der oberen und unteren Kanten der Wölbsteine besonders beim Ausrüsten empfiehlt Heinzerling, den Schlußstein und die beiden Auslaufsteine sowie die Kämpfer und die beiden Anlaufsteine aus möglichst festem und hartem Material zu fertigen und mit sog. Druckschlägen zu versehen, d. h. oben und unten so abzuschrägen, daß sich die Kanten der Wölbsteine bei deren Zusammensetzung nicht berühren können. Hierdurch wird der Druck auf eine bestimmte Stelle in den Mitten jener keilförmig erweiterten Lagerfugen hingeleitet und die Hebung und Senkung

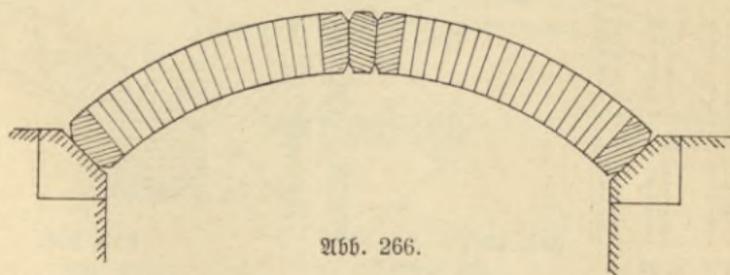


Abb. 266.

der beiden Gewölbeckenel bei Belastungswechsel und Wärmeänderungen weniger behindert (Abb. 266).

Weitere Mittel zur Verhütung von Rißbildungen im Gewölbe vor und nach dessen Ausrüstung sind folgende:

1. Die Ausführung offener Fugen oder Lücken im Gewölbe. Bei diesem von Inze (Zeitschrift des Architekten- und Ingenieurvereins zu Hannover 1876 S. 377) vorgeschlagenen Verfahren wird das Gewölbe im Scheitel fast bis zu $\frac{1}{3}$ der Gewölbestärke (vom Gewölberücken aus gemessen) und (bei Segmentbogengewölben) an den Kämpfern gleichfalls fast bis zu $\frac{1}{3}$ der Gewölbestärke (von der inneren Leibung aus gemessen) durch Fehlenlassen von Mörtel oder Steinschichten oder durch Anarbeiten von Druckflächen bei Quadern unterbrochen (Abb. 267). Das Schließen dieser

Fugen mit Zementmörtel bzw. die Ausmauerung dieser Lücken erfolgt erst, nachdem das Gewölbe ausgerüstet ist. Bei dieser Ausführungsweise wird die Stützlinie gezwungen, während der Herstellung des Gewölbes (der Senkung des Lehrgerüsts) und nach dem Ausrüsten im mittleren Gewölbedrittel zu verbleiben. Die Gefahr der Rissebildung wird durch diese Anordnung jedoch nicht unter allen Umständen ausgeschlossen, auch bleibt das Material der nachträglich geschlossenen Lücken hinsichtlich des Eigengewichtes ohne jede Pressung.

Housselle machte in der „Deutschen Bauzeitung“ (1878 S. 509) den Vorschlag, an den Bruchfugen von oben her Lücken zu lassen, das Gewölbe hier und im Scheitel vor der

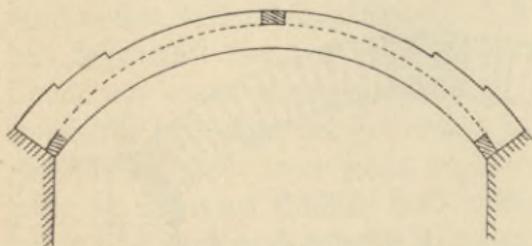


Abb. 267.

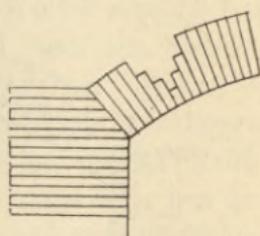


Abb. 268.

Ausschalung gleichzeitig zu schließen, den Mörtel vollständig erhärten zu lassen und dann erst das Lehrgerüst zu lösen. Housselle bezweckt durch diese Anordnung nicht, „der Stützlinie eine bestimmte Lage vorzuschreiben, sondern das Gewölbe als einen den Voraussetzungen der Elastizitätslehre entsprechenden elastischen Bogen herzustellen“ (Abb. 268).

2. Anordnung von mehr oder weniger vollkommenen Gelenken an den Kämpfern und meistens auch im Scheitel, um zu verhüten, daß die Stützlinie bei Senkungen des Lehrgerüsts, bei Versackung der Widerlager, d. h. bei unsicherem Baugrunde, auch bei Wärmeänderungen zc. nicht aus dem Gewölbekern heraustritt. Gelenke wurden zuerst (im Jahre 1880) von Köpke in Dresden im Brückenbau eingeführt. Er gab den Kämpfern und Anlaufsteinen zylindrische

Lagerflächen von etwas verschiedenen Krümmungshalbmessern und versetzte diese Steine ohne Mörtel (Abb. 269).

v. Leibbrand benutzte als gelenkartige Einlagen an den Rämpfern und im Scheitel 20 mm dicke, etwa 1 m lange Bleiplatten, die in Abständen von etwa 10 cm angeordnet und nach Vollendung der Brücke mit Zementmörtel vergossen wurden. Anfangs nahm er Bleiplatten von annähernd $\frac{1}{3}$ der Fugenbreite, später aber solche von geringerer Breite, „um die gelenkartige Wirkung der Einlagen zu erhöhen und die Unbestimmtheit über die Lage der Drucklinie auf eine sehr schmale Zone einzuschränken“ (v. Leibbrand, Gewölbte Brücken S. 43 bis 53).

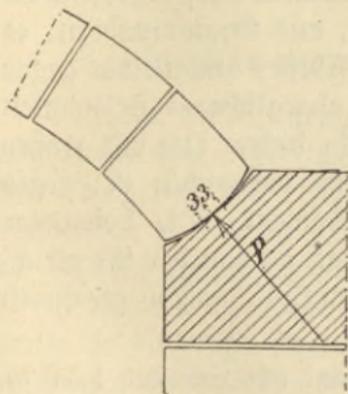


Abb. 269.

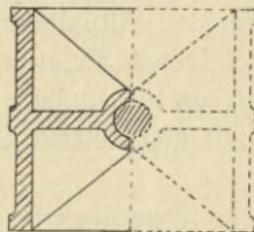


Abb. 270.

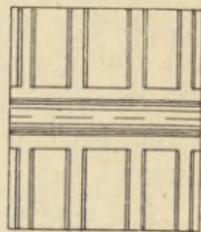


Abb. 271.

Auch Asphaltplatten sind zu dem gleichen Zweck gewählt worden, ferner gußeiserne Gelenke (Abb. 270 u. 271), bei denen sich die Gewölbeenden gegen gußeiserne Gelenkbolzen stützen, die in gußeisernen Lagerstühlen mit gestützten, den Gelenkbolzen entsprechenden Lagerchalen und Lagerplatten ruhen (Heinzerling, Brücken der Gegenwart Heft II S. 12 Abb. 37/8).

Endlich kamen Stahlgelenke zur Verwendung nach Art der Gelenke eiserner Bogenbrücken. Solche Gelenke hat v. Leibbrand zuerst, und zwar beim Bau der Munderfinger Brücke angewandt (vgl. Betongelenkbrücken und Abb. 1 bis 6 auf Tafel VI).

Auch bei der zurzeit größten gewölbten Eisenbahnbrücke, nämlich der Brücke über die Abda bei Morbegno

in Italien, die den Fluß mit einem einzigen Korbbogen aus drei Mittelpunkten von 70 m Spannweite und $\frac{1}{7}$ Pfeilhöhe überseht [Tafel VII Abb. 4 bis 10 *]), sind im Scheitel des Gewölbes und in der Nähe der Widerlager Stahlgelenke angeordnet worden, die man nach vollständig eingetretener Ruhe des Bauwerkes und noch vor Inbetriebnahme der Brücke mit Beton umfüllte, so daß der statisch bestimmte Dreigelenkbogen in einen elastischen eingespannten Bogen verwandelt wurde.

Das Gewölbe besteht, wie William Wolff im „Zentralblatt der Bauverwaltung“ mitteilt, aus Granitquadern; es stützt sich auf der rechten Seite des Flusses unmittelbar gegen ein durch ein schwaches Betonbett abgeglichenes Felsbankett und auf der linken Seite, wo ein sehr dichter und mit großen Felsblöcken durchsetzter Alluvialboden vorhanden ist, gegen ein kräftig ausgebildetes Betonfundament. Die Leibungen des Gewölbes wurden so gewählt, daß sie von der für gleichmäßig verteilte Last gezeichneten Drucklinie nahezu gleichweit entfernt sind.

Die Stärke des Gewölbes beträgt am Scheitel 1,50 m, an den Widerlagern 2,20 m. Statt der vollen Hintermauerung sind halbkreisförmige Sparbogen von 4,50 m lichter Weite mit senkrecht zur Stirnfläche gerichteten Achsen angeordnet, deren Pfeiler aus Bruchsteinmauerwerk mit einzelnen durchbindenden Schichten und deren Gewölbe aus Zementbeton mit Stirnringen aus Bruchsteinmauerwerk bestehen.

Die Ausführung des Gewölbes erfolgte in einzelnen Ringen. Diese wurden nicht für sich geschlossen, sondern es wurde der Schluß für die ganze Gewölbestärke, und zwar an mehreren Stellen gleichzeitig vorgenommen. Das Gewölbe war in zwölf Teile zerlegt, deren Grenzen sich genau über den festen Punkten des Lehrgerüsts befanden, um bei dem unvermeidlichen Nachgeben und Durchbiegen des Lehrgerüsts Beschädigungen des bereits fertiggestellten Gewölbemauerwerkes

*) Zentralblatt der Bauverwaltung 1903 S. 478 bis 480.

zu verhüten. An diesen Teilen wurde gleichzeitig bzw. nacheinander zum Teil unter Benutzung von auf dem Lehrgerüst befestigten Hilfs widerlagern (vgl. Abb. 292), gearbeitet und es wurden über den Angriffspunkten des Lehrgerüsts (in der Mitte eines jeden Arbeitsfeldes) zunächst einige Steine trocken verlegt, deren Fugen man erst kurz vor dem Aufbringen des zweiten Ringes mit Zementmörtel füllte. Zur Erzielung einer möglichst großen Steifigkeit war das mit einer Überhöhung von nur 12 cm hergestellte Lehrgerüst als durchgehender Träger auf mehreren Stützen ausgebildet worden.

8. Gewölbe aus einzelnen getrennten Bogen.

Man hat die Brückengewölbe auch in einzelne Bogen aufgelöst, um eine erhebliche Materialersparnis zu erzielen und das Lehrgerüst des ersten Bogens für alle übrigen wieder verwenden zu können. Eine derartige Ausführung, bei der die Räume zwischen den Bogen mit Kappen, Stein- oder Monierplatten überdeckt werden, besitzt den Nachteil, daß durch die einseitige Auflagerung der Fahrbahngewölbe bzw. -platten eine ungleichmäßige Beanspruchung im Innern der Bogen entsteht, die leicht zu Rißbildungen im Mauerwerk führen kann, und daß das ganze Bauwerk weniger monumental wirkt.

Das bemerkenswerteste Bauwerk dieser Art bildet die im Jahre 1902 von M. Séjourné erbaute Straßenbrücke über das Tal der Pétrusse in Luxemburg [Abb. 1 bis 6 auf Tafel VIII*]). Über die Einzelheiten dieses hervorragenden Bauwerkes entnehmen wir unserer in der Fußnote angeführten Quelle folgendes.

Die zwischen den Endpunkten der Flügelmauer 211 m lange und zwischen den Brüstungen 16 m breite Brücke mit zwei je 3,20 m breiten Fußwegen und einem 9,6 m breiten Fahrdamm überspannt den eigentlichen Talgrund mit einem einzigen Bogen von 84,65 m Spannweite zwischen den Funda-

*) Deutsche Bauzeitung 1902 Nr. 82 bis 84.

mentsohlen bei 31 m Pfeil und von 72 m Spannweite zwischen den architektonisch als Kämpfer ausgebildeten Punkten. An diesen Bogen schließt sich beiderseits noch je eine halbkreisförmige Öffnung von 21,60 m Lichtweite. Die Fahrbahntafel wird von Sparbogen auf dem großen Bogen und von Längskapellen über den Seitenöffnungen getragen. Die Brücke wurde nach der Breite in zwei vollständig voneinander getrennte Bauwerke von je 5,328 m oberer Breite und 6 m oberem Abstand aufgelöst. Die beiden getrennten Wölbungen tragen zwischen sich eine die Fahrbahn aufnehmende Beton-eisenplatte von 35 cm Stärke.

Der mittlere Teil des Bogens ist elliptisch gestaltet mit 53 m Scheitelhalbmesser und besteht aus festem Sandstein in Zementmörtel; die anschließenden Bogenteile sind in Kalkmörtel hergestellt worden. Der Hauptbogen wurde, um mit einem möglichst leichten Lehrgerüste auszukommen, aus drei miteinander in Verband stehenden, aber nacheinander ausgeführten Ringen hergestellt und zur Verhütung einer schädlichen Verdrückung des Lehrgerüsts vor dem Bogenschluß an zehn Stellen gleichzeitig in Angriff genommen. Bis zum Schluß des Gewölbes wurden überall da, wo die Schalung durch die Gerüststreben festgehalten war, offene Fugen gelassen, die später gleichzeitig geschlossen wurden. Durch diese Vorsichtsmaßregel erreichte man, daß sich das Gewölbe nach seiner erst nach drei Monaten nach Gewölbeschluß vorgenommenen Ausrüstung nur noch um 6 mm setzte. Die wasserdichte Abdeckung des Gewölbes unter der Fahrbahn erfolgte mittels Asphalt.

Das Lehrgerüst der Mittelöffnung wurde als hölzerner Fachwerkbogen konstruiert und stützte sich mit dem Untergurt auf zwei in 60 m Abstand in ganzer Brückenbreite durchgehende provisorische Mauern und mit dem Obergurt gegen die Absätze der Bogenverstärkung am Kämpfer. Durch wagerechte, die Knotenpunkte des Untergurtes verbindende 37,3 mm starke Drahtseile wurde der Seitenschub aufgehoben. Das nur für eine Bogenbreite berechnete Lehrgerüst besaß 5 Binder

von 1,6 m Entfernung, über denen 10×10 cm starke Latten lagen; eine darübergelegte dünne Schalung von nur 2 cm bildete die genaue Bogenlehre. Das Lehrgerüst wurde nach der Ausrüstung des ersten Gewölbes im ganzen um 11,25 m seitlich verschoben und sofort als Lehre für das zweite Gewölbe benutzt. Das Lehrgerüst der beiden Seitenöffnungen hatte fächerförmige Streben, die sich auf eine mittlere, aus eingerammten Pfählen gebildete Stütze aufsetzten. Die Lehrbogen der 5,4 m weiten Sparbogen bestanden aus einem doppelten, durch wagerechte Zangen gegen Verbiegung geschützten Bohlenfranze.

9. Ausfugen.

Vor ihrer Ausfüllung mit Mörtel sind die Fugen an der Stirnfläche des Gewölbes (bzw. an Widerlager und Pfeiler) mindestens 3 cm tief auszukrazen. Zum Ausfugen benutzt man in der Regel einen Zementmörtel mit oder ohne Farbstoffzusatz. Reiner Zementmörtel, auch solcher, der nur mit einem Farbstoff vermischt ist, empfiehlt sich hierzu nicht, weil durch ihn leicht ein, wenn auch meist nur geringes, Abplatzen der Wölbsteinkanten hervorgerufen werden kann.

Am besten geschieht die Ausfüllung der sichtbaren Fugen, bevor der Mörtel im Gewölbe vollständig erhärtet ist, weil bei einem späteren Ausfugen eine innige Verbindung zwischen dem äußeren und inneren Fugenmörtel nicht gewährleistet ist, vielmehr leicht ein Loslösen und Herausfallen des äußeren Fugenmörtels eintreten kann.

10. Konstruktion der Kämpfer.

Bei Segmentbogengewölben ordnet man die Kämpfer am Bogenanfang an (Abb. 272), während man sie bei halbelliptischen Gewölben sowie bei Halbkreis- und Korbbogengewölben vielfach über den Anfang der Wölblinie legt, etwa dahin, wo der Halbmesser der letzteren mit der Wagerechten einen Winkel

von 30° bildet, und den darunterliegenden Teil des Widerlagers mit wagerechten Fugen ausführt (Abb. 273).

Zweckmäßig gibt man den Kämpfersteinen, namentlich bei Gewölben mit geringer Pfeilhöhe, viel Masse und stellt sie demgemäß bei benachbarten Gewölben kleinerer Brücken mit schwachen Pfeilern in der Regel für die ganze Stärke aus

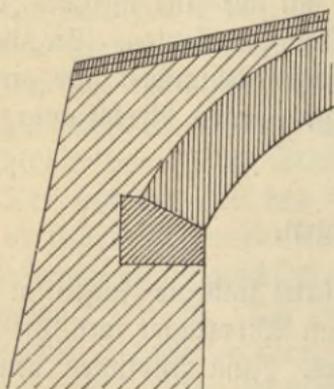


Abb. 272.

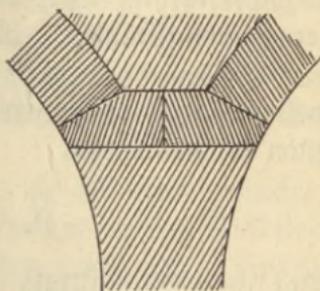


Abb. 273.

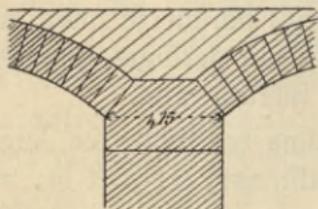


Abb. 274.

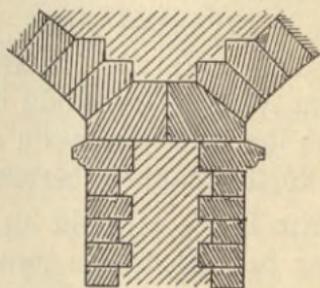


Abb. 275.

einem Stück (Abb. 274) oder höchstens aus zwei Stücken her (Abb. 275).

Bei größeren Segmentbogengewölben wählt man meistens zwei Kämpfer, die man hintermauert (Abb. 276), oder man setzt die Gewölbe bis zur Pfeilermittle fort und ordnet hier einen ein- oder mehrteiligen Kämpfer an (Abb. 277, nach Heinzerling a. a. O. Heft 1 S. 53 Abb. 162 u. 163).

An den Widerlagsmauern werden die Kämpfer bei kleineren Brücken aus einem Stück, bei größeren aus zwei, auch mehr Stücken hergestellt (vgl. Abb. 272).

Brücken aus Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk erhalten zweckmäßig Kämpfer aus Hausteinen.

Die Kämpfersteine sind so zu gestalten, daß die innere oder äußere Wölblinie auf keine scharfe, dem Absplittern ausgesetzte Kante trifft.

§ 27. Schiefe Gewölbe.

Im ersten Paragraphen des Leitfadens wurde bereits darauf hingewiesen, daß man die Lage der Baustelle, um eine möglichst kurze Brückenlänge bzw. Gewölbspannweite und eine möglichst einfache Form der Uferpfeiler, Flügel und

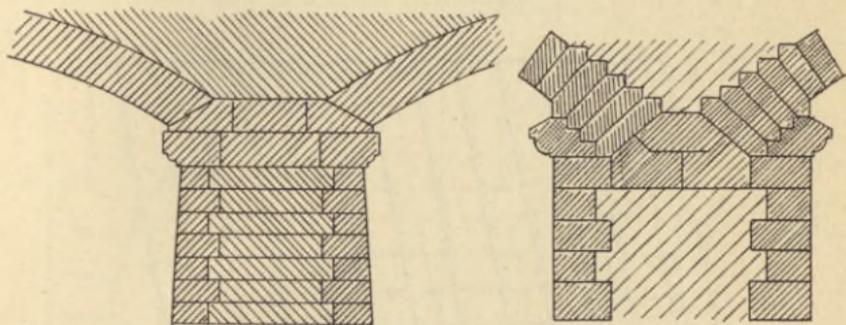


Abb. 276.

Abb. 277.

Gewölbe zu erhalten, tunlichst so zu wählen habe, daß die Brückenlängsachse den zu überbrückenden Verkehrsweg (Flußlauf, Talsohle) rechtwinklig schneidet. Ist man durch die örtlichen Verhältnisse gezwungen, die Brücke an einer bestimmten, dieser Anforderung nicht genügenden Stelle zu erbauen, und läßt sich weder der zu überbrückende Verkehrsweg noch der zu überführende so verlegen, daß beide Verkehrslinien sich rechtwinklig kreuzen, so erhält die Steinbrücke ein schiefes Gewölbe, d. h. ein Gewölbe mit zur Richtung des Widerlagers bzw. des unterführten Weges paralleler Achse und mit zur Richtung der übergeführten Straßen- oder Bahnlinie parallelen Stirnflächen.

Bei schiefen Gewölben wählt man in Deutschland den spitzen Schnittwinkel der beiden Brückenachsen nicht gern kleiner als etwa 60° , während man z. B. in England auch kleinere Schnittwinkel nicht scheut. Je nach der Größe dieses Schnittwinkels werden die schiefen Gewölbe in verschiedener

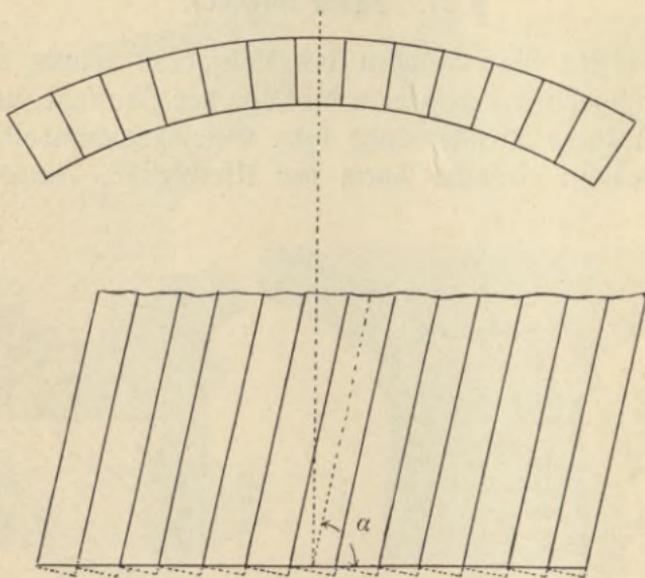


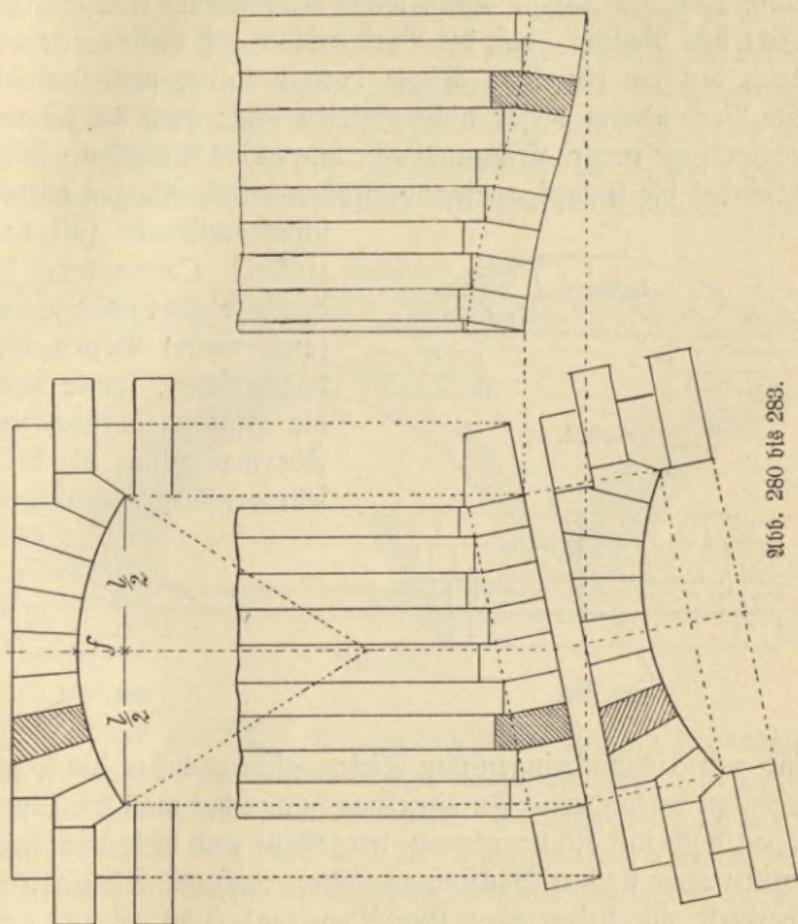
Abb. 278 u. 279.

Weise ausgeführt. Die gebräuchlichsten Konstruktionen sind folgende:

1. Liegt der spitze Schnittwinkel der Brückenachsen zwischen 80° und 90° , so kann man ein gerades Gewölbe herstellen und die an den Stirnen liegenden Steine einfach schief abschneiden. Backsteingewölbe erhalten dann zweckmäßig eine Quaderverblendung an den Stirnflächen (Abb. 278 u. 279).

2. Schneiden sich die Brückenachsen unter einem Winkel zwischen 70° und 80° , so läßt sich das Gewölbe auch noch als gerades ausführen, wenn man die Haussteine an den Stirnen so herstellt, daß ihre Lagerfugen vorn senkrecht auf der Stirnfläche, ihre Stoßfugen hinten senkrecht auf den Lager-

fugen der zwischen den Stirnquadern gelegenen Wölb-schichten stehen, und wenn man ferner die Lagerfugen der Binder zugleich nach demjenigen Winkel bearbeitet, den die Stirnquader



mit den Steinen der angrenzenden Wölb-schichten bilden (Abb. 280 bis 283, Durchlaß von Civray bei Blère).

3. Bei Schnittwinkeln unter 70° zerlegt man das Gewölbe in einzelne, nicht miteinander in Verbindung stehende Ringe oder Gurtbogen mit lotrechten, zur Stirnfläche parallelen Grenzflächen und mit Lagerfugen gleich denen der geraden

Gewölbe. Die Ringe sind um so schmaler zu wählen, je spitzer der Schnittwinkel ist; ihre geringste Breite kann zu etwa 1,0 m angenommen werden. Die Anfänger dieser Gurtbogen erhalten eine besondere Form und sind stets aus Hausteinen herzustellen (Abb. 284 bis 286). Diese leicht ausführbare Konstruktion besitzt den Nachteil, daß die Verkehrslast der Brücke nur ungleich auf die einzelnen Ringe verteilt wird, weil sich eine feste Verbindung dieser nicht erzielen läßt; auch hat die unregelmäßige innere Leibungsfläche kein gutes Aussehen. Man verbindet die stumpf aneinanderstoßenden Gurtbogen mittels

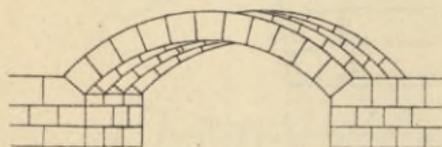


Abb. 284.

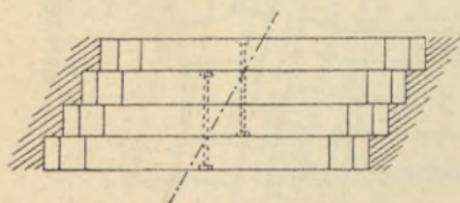


Abb. 285.

schmiedeeiserner (oft verzinkter) Queranker, die durch je zwei oder je drei (auch mehr) Bogen hindurchreichen, sowie durch die Hintermauerung und Übermauerung, die beide sehr sorgfältig auszuführen

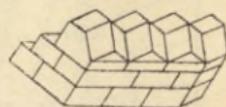


Abb. 286.

sind, um das Eindringen von Sickerwasser zwischen die Stoßfugen zu verhindern. In einzelnen Fällen hat man die Gurtbogen auch mit Zischenräumen hergestellt und diese mit scheinrechten oder flachen Backsteingewölben, auch mit Steinplatten überdeckt, wie bei geraden Gewölben (vgl. § 26, 8).

Die Abbildungen 287 bis 290 zeigen ein Stück der Ansicht und des Längenschnittes, den Grundriß in der Kämpferlinie sowie den Querschnitt der Volmebrücke an der Bergisch-Märkischen Eisenbahnlinie.

4. Bei schiefen Brücken und Durchlässen von größerer Länge wird häufig nur der an den Stirnen liegende Teil als schiefes Gewölbe, der mittlere Teil dagegen als gerades Ge-

wölbe ausgeführt. Diese Konstruktion ist in den Abb. 6 bis 8 auf Tafel X dargestellt.

$B_1 C_1 G_1 F_1$ sei der Grundriß eines schiefen Quadergewölbes, dessen Normalschnitt $K_1 J_1$ einen Halbkreis bilden soll [Abb. 7*]). Man zeichne zunächst diesen Bogen, teile ihn derart ein, daß sich im Scheitel keine Fuge, sondern ein voller Stein (Schlußstein) ergibt, projiziere auf die Durchschnittslinie $K_1 J_1$ die Punkte b'' , c'' usw. und ziehe durch die so erhaltenen Punkte b' , c' usw. Parallellinien zu $B_1 F_1$. Dann konstruiere man den Stirnbogen des schiefen Gewölbes. Der

Ansicht

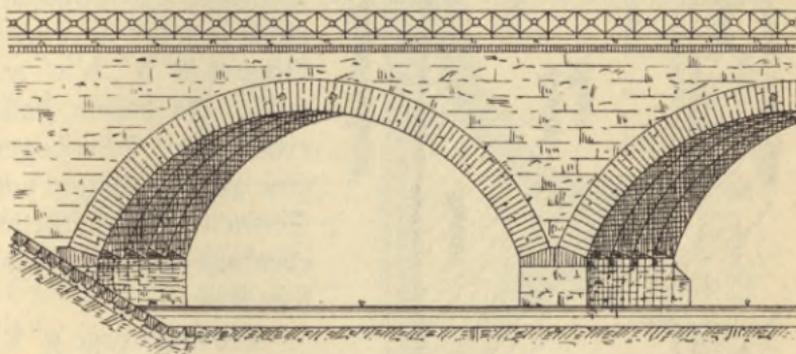
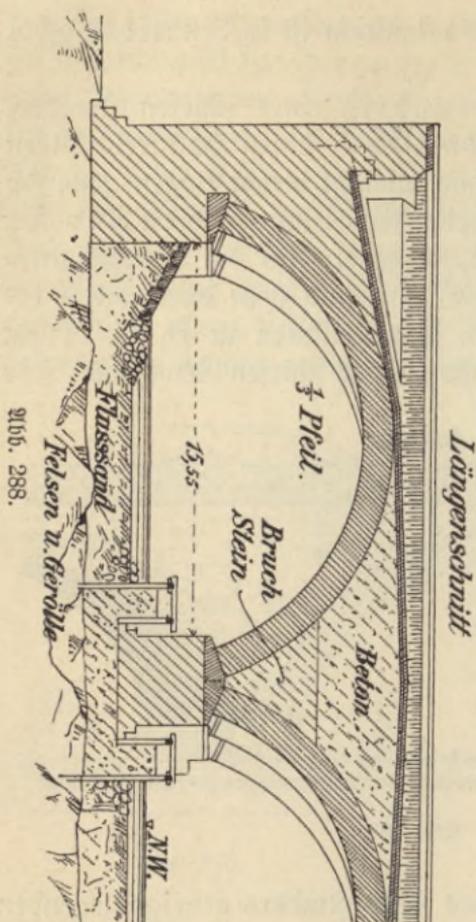


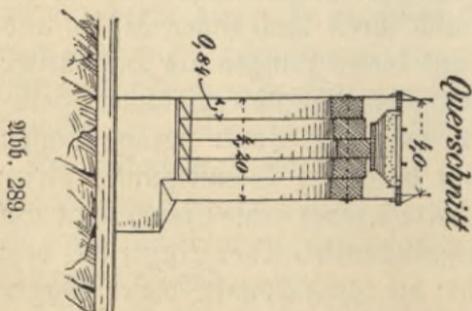
Abb. 287.

Schnitt einer zur Achse des Halbzylinders geneigt liegenden Ebene erzeugt eine halb elliptische Durchschnittslinie. Diese halbe Ellipse erhält man aus ihren Halbachsen $M_1 B_1$ und $M_1 a''$ dadurch, daß man mit diesen Längen als Halbmesser um M (Abb. 6; Ellipse in kleinerem Maßstab gezeichnet) Halbkreise schlägt, ferner durch denselben Punkt gerade Linien strahlenförmig zieht, sodann durch die Schnittpunkte dieser Linien mit dem inneren Halbkreis wagerechte Linien zieht und endlich auf diese aus den Schnittpunkten jener Linien mit dem äußeren Halbkreis Lote fällt; die Schnittpunkte dieser Wagerechten und Senkrechten sind Punkte des elliptischen Bogens.

*) Nach Kingleb-Rieß, Lehrbuch des Steinschnittes usw. 2. Aufl. Stuttgart 1883 S. 26 und Tafel XI.



Längerschnitt



Querschnitt

Diesen Bogen teile man nun in dieselbe Anzahl gleicher Teile, die man dem Halbkreisbogen des normalen Querschnittes gegeben hat. Sollten hierdurch die einzelnen Steine des Stirnbogens zu groß werden, so wähle man eine Einteilung derart, daß jeder Teil ungefähr gleich dem des normalen Bogens ($a''b''$, $b''c''$ etc.) wird. In diesem Falle erhält der Stirnbogen eine größere Anzahl von Steinen, die natürlich ebenfalls eine ungerade sein muß.

Die Lagerfuge $g''k''$ findet man folgendermaßen. Man konstruiert die Brennpunkte O_1 und P_1 der Ellipse, indem man aus N_1 mit dem Halbmesser M_1B_1 einen Kreisbogen schlägt, verbindet g'' mit O_1 und P_1 und halbiert den Winkel $O_1g''P_1$; diese Halbierungslinie gibt die Richtung der Lagerfuge $g''k''$. In gleicher Weise

findet man die Lagerfugen aller übrigen Wölbsteine. Legt man durch diese Fugen Ebenen normal zur Richtung der

schiefen Gewölbestirn, so schneiden diese die Fläche des Halbzylinders in halben Ellipsen, die dem elliptischen Bogen $B_1 N_1 C_1$ kongruent sind. Man konstruiere nun mehrere Ebenen $v'u'$, $x'w'$ usw. parallel $A_1 D_1$; dann erhält man die zu $B_1 N_1 C_1$ kongruenten elliptischen Bogen, wenn man auf der Linie $A_1 D_1$ den Punkt u' nach u'' , v' nach v'' , w' nach w'' , x' nach x'' usw. projiziert und darauf mit den Achsen $v''u''$, $x''w''$ usw. und $M_1 N_1$ halbe Ellipsen zeichnet. Diese elliptischen Bogen schneiden die Fuge $g''k''$ in den Punkten h'' , i'' usw. Diese Punkte projiziere man auf die Parallelen $u'v'$, $w'x'$ usw. und verbinde die so erhaltenen Punkte g' , h' , i' usw. durch eine krumme Linie; diese stellt den Grundriß des durch die Fuge $g''k''$

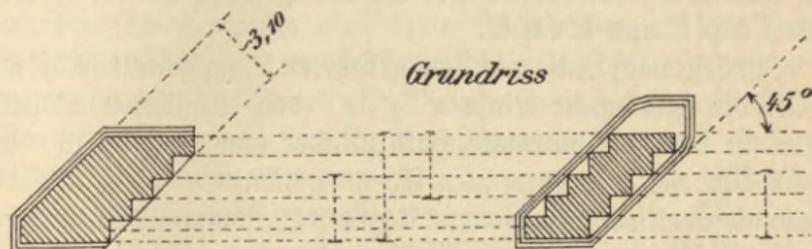


Abb. 290.

gehenden Schnittes dar. Auf dieselbe Weise erhält man die Grundrisse der übrigen Schnitte. Es ist nun mit Hilfe der Grundregeln der Projektionslehre leicht, nach Einzeichnen der Stoßfugen in den Grundriß den Steinverband im Aufriß darzustellen, sowie einzelne Steine auszutragen.

5. Man kann auch das Gewölbe als gerades mit auf den Stirnflächen senkrecht stehender Achse ausführen, wenn man es an den schrägen Widerlagern totlaufen läßt. Bei dieser Konstruktion steigen die Kämpferlinien von den Stirnen aus nach dem Gewölbeinnern allmählich an.

In den Abb. 1 bis 9 auf Tafel IX ist sie für ein Beispiel genau durchgeführt worden*). Man fällt von a' (Abb. 2) auf $b'd'$ das Lot $a'b'$ und von d' auf $a'c'$ das Lot $d'c'$, halbiert

*) Nach Ringleb-Rieß a. a. D. S. 27 und Tafel XII.

$a'e'$ in m' und $b'd'$ in n' und beschreibt um $a'e'$ aus m' und um $b'd'$ aus n' Halbkreise, dann errichtet man auf $a'e'$ die senkrechten Linien $a'e'$ und $i'f'$ und auf $b'd'$ die senkrechten Linien $k'h'$ und $d'g'$ so, daß die Verbindungslinien $e'h'$ bzw. $f'g'$ zur Längsachse des Gewölbes parallel laufen, errichtet auf $a'e'$ im Punkte i' eine Senkrechte, die den Halbkreisbogen über $a'e'$ in l' schneidet, und konstruiert über $e'f'g'h'$ ein gerades zylindrisches Gewölbe. Die eine Stirn dieses Gewölbes besitzt die Form $a'l'i'$, die andere die Form $d'r'k'$. Sind diese unregelmäßigen Stirnanichten nicht erwünscht, so kann man, wie die punktierten Linien in Abb. 1 zeigen, einen Schildbogen anordnen, so daß die Stirn als Spitzbogen erscheint. Die Grundrisse dieser Schildbogen ergeben die Rechtecke $i'o'p'f'$ und $k't'q'h'$.

In dem nach Linie $m'n'$ ausgeführten Längsschnitt (Abb. 3) stellt die gekrümmte Linie $x'''y'''z'''$ den elliptischen Bogen dar, in dem der normale Halbzylinder von einer durch $e'h'$ bzw. $f'g'$ gelegten lotrechten Ebene geschnitten wird. Oberhalb dieses elliptischen Bogens liegt die Wölbungsfläche, unterhalb die lotrechte Ebene $m'''x'''y'''z'''$.

In Abb. 4 ist ein normaler Querschnitt nach der Linie $C'D'$ des Grundrisses dargestellt mit den Mittelpunkten s'' für die innere und s_0'' für die äußere Halbkreisbogenlinie. Abb. 5 zeigt den normalen Querschnitt des Gewölbes nach der Linie $A'B'$ des Grundrisses; u_1'' ist der Mittelpunkt der inneren, u_0'' der Mittelpunkt der äußeren Leibung. In den Abb. 6 bis 9 sind einzelne Steine dieses Gewölbes in schiefer Projektion dargestellt.

Noch zu erwähnen ist, daß man in England bei sehr kleinem spitzen Schnittwinkel der Brückenachsen nur den mittleren Teil der Brücke mit einem geraden Gewölbe, die an den Stirnen verbleibenden, im Grundriß dreieckigen Flächen dagegen mit Eisenkonstruktionen überdeckt hat.

Alle die vorbesprochenen Konstruktionen sind oft angewandte Aushilfsmittel zur Vermeidung schiefer Gewölbe. Die theoretisch richtige Konstruktion der schiefer Gewölbe, bei der die Lager-

flächen der Wölbsteine zur Stirnfläche bzw. zu allen parallel zur Stirnfläche geführten senkrechten Gewölbesechnitten und zur inneren Leibung senkrecht stehen und daher letztere den Schraubenlinien ähnliche Kurven bilden (sog. französischer Fugenschnitt), eignet sich zur praktischen Ausführung sehr wenig, weil die einzelnen Wölbsteine verschiedene Größen und verschiedene Gestalt erhalten. Wir nehmen deshalb hier von einer näheren Beschreibung und Darstellung dieser Konstruktion Abstand.

Bei einer viel benutzten Annäherungskonstruktion, nämlich dem sog. englischen Fugenschnitt, bilden die Lagerfugen an der inneren Leibung Schraubenlinien und in der Abwicklung dieser Wölbfläche gerade Parallellinien. Es ergeben sich also lauter gleichbreite Steinreihen, die man durch senkrechte Stoßfugen in gleiche Stücke teilen kann, so daß man mit Ausnahme der Stirn- und Kämpfersteine gleichgroße Wölbsteine erhält, was die Ausführung sehr erleichtert und die Verwendung von Ziegeln zum Bau des inneren Gewölbeteiles ermöglicht. Diese Konstruktion ist in Abb. 1 bis 5 auf Tafel X für ein schiefes Gewölbe mit kreisbogenförmigem Normalchnitt durchgeführt.

Man teile den Normalbogen (Abb. 1) in eine ungerade Anzahl gleicher Teile (z. B. 11 Teile), zeichne diesen Normalchnitt in den Grundriß ein (Abb. 2), verlängere seinen Durchmesser $E_1 B_1$ über B_1 hinaus, mach $B_1 E_0$ gleich der Bogenlänge $r\pi$, teile diese Linie in ebensoviel gleiche Teile, als der Normalbogen besitzt, und ziehe durch die Teilpunkte 1, 2, 3 usw. Parallelen zur Gewölbeachse $B_1 C_1$. Dann konstruiere man die Abwicklung der inneren Leibung des Gewölbes, d. h. man mache $a_0 c_0 = ac$, $b_0 d_0 = bd$ usw. und verbinde A_0, a_0, b_0 usw. durch eine krumme Linie, ziehe hierauf die Sehnen $B_1 A_0$ und $C_1 D_0$ und teile auch diese in dieselbe Anzahl gleicher Teile $1^1, 2^1, 3^1$ usw. wie den Normalbogen oder, falls hierbei die Steinschichten zu stark werden sollten, in eine um zwei Teile größere Anzahl. Hierauf falle man von B_1 ein Lot ($B_1 G_0$) auf die Sehne $C_1 D_0$. Geht dieses Lot durch einen der Teil-

punkte $1^1, 2^1, 3^1$ usw., dann ist $B_1 G_0$ die günstigste Richtung der Lagerfugen; ist dies, wie in unserer Zeichnung, nicht der Fall, so verbinde man B_1 mit dem nächstgelegenen Teilpunkte (4^1). Zu $B_1 G_0$ bzw. hier zu $B_1 4^1$ ziehe man durch sämtliche Teilpunkte $1^1, 2^1, 3^1$ usw. Parallellinien. Sodann zeichne man senkrecht zur Richtung dieser Lagerfugen die Stoßfugen so ein, daß die einzelnen Wölbsteine Parallelogramme von gleicher Größe darstellen. Nunmehr zeichne man die Fugen in den Grundriß ein. Die Lagerfuge $\alpha_0 \varepsilon_0$ schneidet in α_0 die zu $B'C'$ Parallele 6, in β_0 die Parallele 7, in γ_0 die Parallele 8 und in δ_0 die Parallele 9; zieht man durch diese Schnittpunkte zu $E_1 E_0$ Parallellinien bis an die im Grundriß zu $B_1 C_1$ parallel gezogenen Linien 6 bis 9, so erhält man die Punkte $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \delta_1, \varepsilon_1$, die durch eine krumme Linie miteinander zu verbinden sind, um die Lagerfuge $\alpha_1 \varepsilon_1$ im Grundriß zu erhalten. In gleicher Weise findet man im Grundriß alle übrigen Lagerfugen und durch zu $E_1 E_0$ gezogene Parallellinien durch die Endpunkte der Stoßfugen in der Abwicklung der inneren Leibung auch im Grundriß sämtliche Stoßfugen.

Um die Lagerfugen der inneren Leibung im Aufriß zu erhalten, ziehe man durch die Punkte 1, 2, 3 usw. des Normalbogens (Abb. 1) Wagerechte und projiziere die Schnittpunkte der Lagerfugen mit den zu $B_1 C_1$ parallelen Linien 1, 2, 3 usw. aus dem Grundriß in den Aufriß, wie dies in der Zeichnung für die Fuge α, ε , durchgeführt ist. Ebenfalls durch Projektierung aus dem Grundriße findet man die Stoßfugen im Aufrisse. In gleicher Weise werden die Lager- und Stoßfugen der äußeren Leibung im Aufrisse aus der Lage der Fugen in der in Abb. 4 dargestellten Abwicklung der äußeren Leibung und aus den durch die Punkte $1_1, 2_1, 3_1$ usw. des Normalbogens (Abb. 1) gezogenen wagerechten Linien ermittelt.

In Abb. 3 ist noch gezeigt worden, wie man eine Lagerfugenfläche finden und die Stoßfugen bzw. Steinklängen für die Abwicklung der äußeren Leibung bestimmen kann. Endlich

gibt Abb. 5 eine isometrische Darstellung der beiden im Aufsriß, Grundriß und in den Abwickelungen der inneren und äußeren Leibungen durch Schraffur hervorgehobenen Wölbsteine.

Zur Herstellung von schiefen Brücken ist Stampfbeton am besten geeignet, weil bei Wahl dieses Baustoffes alle Schwierigkeiten der Ausführung fortfallen. Bei schiefen Brücken mit mehreren Öffnungen hat man häufig (z. B. bei fast allen Viadukten der Berliner Stadtbahn) die mittleren

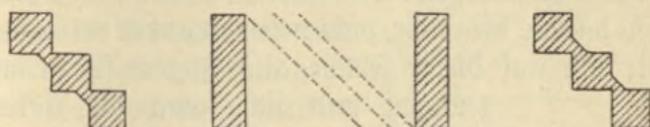


Abb. 291.

Öffnungen mit geraden Gewölben und nur die Endöffnungen mit schiefen Gewölben überdeckt und hiernach die Pfeilerstellung angeordnet (Abb. 291, nach Houselle).

§ 28. Lehrgerüste und Ausrüstungsborrichtungen.

Die als „Lehre“ für die Form der Gewölbeleibung dienenden Lehrgerüste werden gewöhnlich aus Holz, selten ganz oder zum Teil aus Eisen hergestellt und bestehen aus einzelnen, in gleichen Entfernungen von 1 bis 2 m aufgestellten Lehrbögen (Rippen, Bindern, Obergerüst), die in gehörigen Querverband gesetzt sind und mittels mechanischer Borrichtungen etwas gesenkt werden können.

Die Lehrgerüste sind so zu konstruieren, daß sie die Last des noch im Bau begriffenen Gewölbes sicher tragen und unter dem wachsenden Gewölbedruck ihre Form möglichst wenig verändern.

Auf den Lehrbögen liegt die Schalung; ihre konvexe Oberfläche hat genau der Form der inneren Gewölbeleibung zu entsprechen. Bei Gewölben aus Ziegeln oder kleinen Bruchsteinen sowie bei Quadrigewölben und Betongewölben von geringer Spannweite stellt man die Schalung aus 4 bis

8 cm starken, etwa 15 cm breiten Bohlen (Schalbrettern) her, die mit 2 bis 4 cm weiten Zwischenräumen (bei Betongewölben jedoch möglichst eng aneinander) parallel zur Achse des Gewölbes verlegt werden und sich von Lehrbogen zu Lehrbogen freitragen. Die Schalung für größere Brückengewölbe aus Bruch- oder Haussteinen dagegen bilden einzelne, mindestens 15/15 cm starke, kantig bearbeitete, gewöhnlich nur in der Mitte eines jeden Wölbsteines angeordnete Schalhölzer. Bei großen Quadergewölben hat man auf die Schalhölzer auch wohl dünne, biegsame, dicht nebeneinander verlegte Latten genagelt, um auf dieser Fläche alle Fugenrisse genau zu zeichnen und sich somit die Arbeit des Verlegens der Wölbsteine erleichtern zu können*) (Abb. 292).

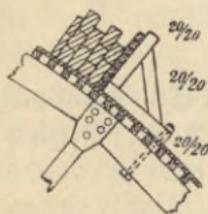


Abb. 292.

Beim Einwölben von mehreren Stellen aus müssen auf der Schalung künstliche Widerlager aus Holz befestigt werden, z. B. Dreieck-Kragstützen, deren senkrecht zur Schalung stehende Hölzer eine Bohlenwand erhalten (Abb. 292, Lavaurbrücke).

Die Schalung darf nicht über die Gewölbstirnfläche vorspringen, damit beim Einwölben ein genaues Einvisieren auf die Stirnflächen möglich ist.

Da die Wölbsteine erst ins Gleiten kommen, wenn ihre Lagerflächen mit der Wagrechten einen größeren Winkel als den Reibungswinkel (etwa 33° bei trocken verlegten Steinen und etwa 26° bei in Mörtel gelegten Steinen) einschließen, so bedarf das Gewölbe in seinem unteren Teile keiner Unterstützung durch das Lehrgerüst (Abb. 7 u. 11 Tafel XI).

Bei Gewölben kleinerer Durchlässe genügt es, den Lehrbogen aus einzelnen, nach der inneren Gewölbeleibung zugeschnittenen Brettern herzustellen, die man durch darübergenagelte Bretter miteinander verbindet (Abb. 293 u. 294). Gewölbe von etwa 2 bis 3 m Spannweite erhalten Lehrbögen

*) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. II S. 254.

aus doppelten, mit versetzten Stoßfugen aufeinander genagelten oder verschraubten Bohlen, die durch wagrechte und senkrechte Bohlen versteift werden (Abb. 294 bis 297). Es empfiehlt sich, besonders wenn die Lehrgerüste mehrmals verwendet werden sollen, dünne Blech- oder Zinkstreifen zwischen die Hirnflächen der einzelnen Bohlenstücke einzulegen, weil dadurch ein zu starkes Zusammenpressen der Holzfasern verhütet wird.

Die Schalung der Gewölbe von größerer Spannweite als etwa 3 m ruht auf vierkantigen, einfachen oder doppelten Balken (Kranzhölzern) mit nach der inneren Gewölbeleibung gekrümmter Oberfläche. Ist die

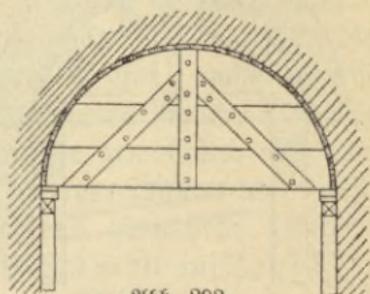


Abb. 293.

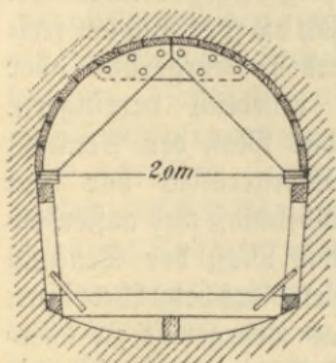


Abb. 294.

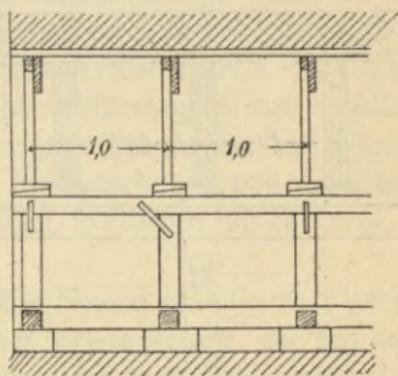


Abb. 295.

Bogenlinie stark gekrümmt, so setzt man die Kranzhölzer aus zwei (auch drei) Teilen zusammen.

Man teilt die Lehrgerüste nach der Art der Unterstüzung des beweglichen Obertheiles ein in fest unterstüzte (feste) und gesprenkte (freitragende). Bei den fest unterstüzten Lehrgerüsten ruht das bewegliche Obergerüst auf mehr als zwei Stüzen und es wird die Gewölbelaft möglichst unmittelbar, senkrecht auf den Baugrund übertragen; bei den freitragenden wird das Obergerüst nur zweimal gestüzt und die Gewölbelaft

sprengeverfartig auf Widerlager und Pfeiler übertragen. Erstere besitzen den Vorzug einer weit geringeren Senkung während des Einwölbens. Nach Bauernfeind beträgt nämlich die Senkung bei gut ausgeführten fest unterstützten

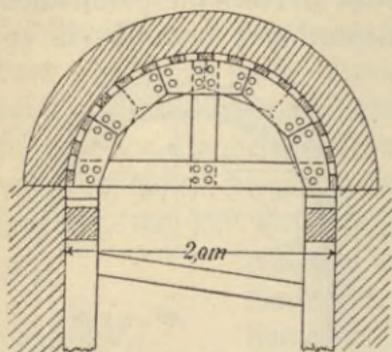


Abb. 296.

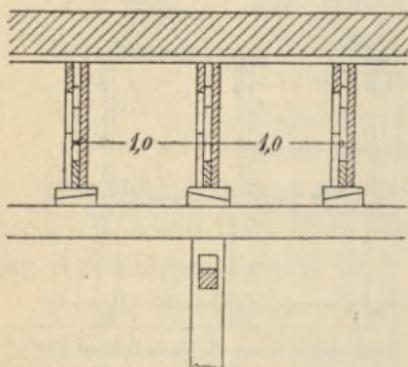


Abb. 297.

Lehrgerüsten bei einer Spannweite des Gewölbes von 1^m und einer Pfeilhöhe von f^m :

$$s = \frac{(1 - f)}{200} \text{ Meter,}$$

während sie bei den gesprengten Lehrgerüsten im allgemeinen als doppelt so groß angenommen werden kann. Durch eine zweckmäßige und sorgfältige Konstruktion läßt sich die Senkung der freitragenden Lehrgerüste aber ganz erheblich verringern. Um das Maß der Senkung des Lehrgerüstes vor dem Gewölbeschluß und außerdem um das Maß der Senkung des Gewölbes beim Ausrüsten ist das Lehrgerüst zu überhöhen, damit das Gewölbe die projektierte Form erhalte.

Die gestützten Lehrgerüste haben jedoch vor den gesprengten den Nachteil, daß ihre festen Stützen zwischen den Gewölbekämpfern während des Baues die Lichtöffnung der Brücke einschränken, und daß bei sehr hohen Gewölben (z. B. Talbrücken) ein vollständiger, sehr viel Holz erfordernder Ausbau nötig wird (Abb. 5 u. 16 auf Tafel XI). Muß die Brückenöffnung für den Verkehr frei bleiben, so ist man gezwungen, ein gesprengtes Lehrgerüst zu verwenden (Abb. 7 u. 9 auf Tafel XI). Ein solches überträgt auf die Widerlager und

Pfeiler bereits während des Einwölbens einen allmählich wachsenden, schließlich nahezu gleichen, senkrechten und wagrechten Druck, wie ihn diese Brückenteile nach dem Ausrüsten empfangen; es werden also die statischen Verhältnisse durch die Ausrüstung nicht wesentlich verändert*).

Als Stützpunkte der gesprengten Lehrgerüste können Vorsprünge an Widerlagern und Zwischenpfeilern (Kämpfergesimse, Mauerabsätze, eigens hierzu ausgefragte Quader, die nach dem Ausrüsten abgearbeitet werden, usw.), auch wagrecht durch die Pfeiler gesteckte Eisenbahnschienen dienen, während die Stützpunkte der festen Lehrgerüste gewöhnlich aus einzelnen eingerammten, zu einem Joch vereinigten und durch Zangen und Streben unverschiebbar gemachten Pfählen (Abb. 16 u. 17 auf Tafel XI, auch Abb. 9 u. 10 auf Tafel VII) oder auch aus Gruppen eingerammter Pfähle, mitunter auch aus einem Stapel von Schwellen, deren unterste etwas in den gewachsenen Boden eingegraben werden, und bei sehr großen Spannweiten aus gemauerten Pfeilern (Abb. 1 auf Tafel VIII) bestehen. Lassen sich zwischen den Widerlagern nur einzelne feste Stützen anordnen, die aber zum Tragen der Lehrbögen nicht ausreichen, sondern noch die Anordnung von Sprengwerken zwischen ihnen nötig machen, so ergeben sich teilweise gestützte Lehrgerüste.

Die gesprengten Lehrgerüste können einteilig oder zweiteilig hergestellt werden. Bei den einteiligen, die des geringeren Materialaufwandes wegen bei größerer Spannweite den Vorzug verdienen, sind Lehrbogen und Sprengwerk zu einem Ganzen vereinigt. Bei den zweiteiligen wird das Obergerüst in derselben Weise gefertigt wie das der gestützten Lehrgerüste und das Untergerüst in Sprengwerksform ausgeführt.

Nach der Anordnung der einzelnen Teile des beweglichen Obergerüsts (Bindertragwerkes) unterscheidet man: Strebenwerke, Ständerwerke, vereinigte Streben- und Ständerwerke, Sprengwerke.

*) Houselle, a. a. O. S. 303 u. S. 326, Anm. 3.

Beim Strebenwerk werden die Kranzhölzer durch eine Reihe von Streben gestützt, die senkrecht oder annähernd senkrecht zur inneren Gewölbeleibung zu richten sind, damit sie möglichst nur eine Beanspruchung auf Druck und nicht zugleich auch auf Biegung erhalten. Der Fuß dieser radienförmigen Stützen ruht auf einer vom Untergerüst getragenen, bei Segmentbogengewölben gewöhnlich in Kämpferhöhe oder auch etwas höher angeordneten wagrechten Schwelle (Lehrbogen-
schwelle) und ist mit dieser verzapft (Abb. 1 auf Tafel XI), oder er liegt, falls bei größerer Spannweite für eine solche

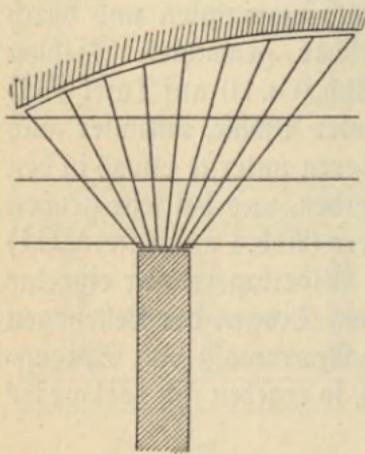


Abb. 298.

Schwelle nicht genügend viele Stützpunkte geschaffen werden können, auf Jochen oder Pfeilern, die in Abständen von etwa 5 bis 9 m angeordnet werden und von denen aus die Stützen fächerartig auseinandergehen (Abb. 298). Bei Halbkreisgewölben befinden sich die Fußpunkte dieser Stützen auch bei vorhandener Lehrbogen-
schwelle dicht nebeneinander (Abb. 1 auf Tafel XI).

Besteht sowohl das Kranzholz als auch die Strebe aus einem Stück, so setzt man letztere schwalbenschwanzförmig zwischen die Kranzholzenden ein und verbindet diese zur Verhütung einer seitlichen Verschiebung durch Klammern oder eiserne Bänder und Schraubbolzen, oder man gibt zu dem gleichen Zweck dem Schwalbenschwanz kurze Zapfen oder wendet beide Sicherheitsmaßregeln an (Abb. 299 u. 300). Man kann aber auch die Streben in die stumpf gestoßenen Kranzhölzer einzapfen (Abb. 301 u. 302) oder seitlich an den Kranz anblatten. Letztere Anordnung empfiehlt sich weniger, weil dann die Strebe exzentrisch beansprucht wird.

Besteht der Kranz aus zwei oder drei Bohlenlagen und die Strebe aus einem Stück, so läßt man letztere mit einem

Zapfen zwischen die beiden, in entsprechendem Abstände anzuordnenden Bohlenlagen bzw. in die mittlere Bohle eingreifen und zieht Schraubenbolzen ein (Abb. 303 u. 304).

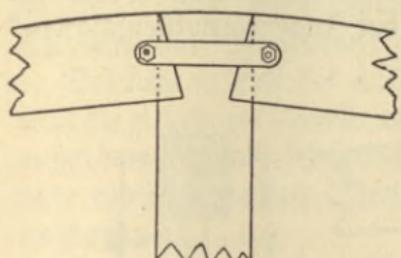
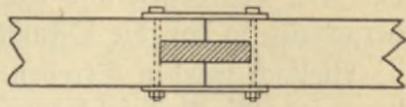
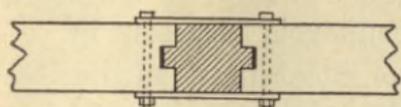


Abb. 299 u. 300.

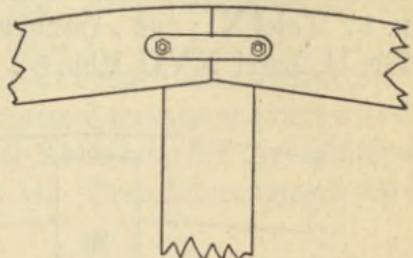
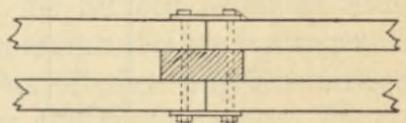


Abb. 301 u. 302.

Doppelstreben verbindet man mit den Kranzhölzern durch Anblattung und Schraubbolzen (Abb. 305 und 306).



Häufig läßt man den Kranz in eine parallel zur Gewölbeachse angeordnete, die einzelnen Lehrbögen miteinander verbindende Pfette (Lehrbogenpfette) ein, die von den radialen eingezapften Streben getragen wird (Abb. 3 bis 6, Tafel XI). Bei großer

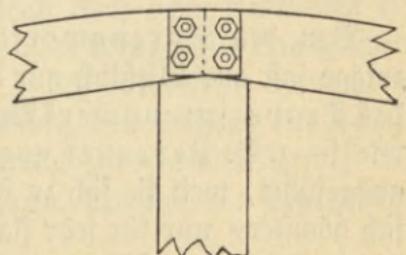


Abb. 303 u. 304.

Spannweite des Gewölbes schaltet man zur Vermeidung zu großer Strebenlängen zweckmäßig noch schräge Streben ein, die den radial gestellten als Stütze dienen und selbst durch senkrechte Pfosten unterstützt sowie durch weitere Streben und Gegenstreben versteift werden (Abb. 5 u. 6, Tafel XI).

Beim Ständerwerk wird der Kranz durch senkrechte Pfosten unterstützt, und es werden, wenn diese, wie z. B. bei großen Halbkreis- und überhöhten Gewölben, zu lang werden würden, Lehrbogen und Untergerüst in mehreren Geschossen hergestellt, so daß die Öffnung vollständig ausgebaut ist.

Vielfach werden Streben- und Ständerwerk miteinander vereinigt. Ein Beispiel hierzu liefert das Lehrgerüst der 61,5 m weiten Lavaurbrücke auf der Linie Montauban-Castres (Abb. 16 u. 17 Tafel XI; aus „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ Bd. II Tafel XVII Abb. 5).

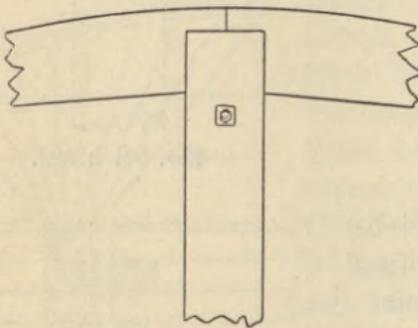


Abb. 305.

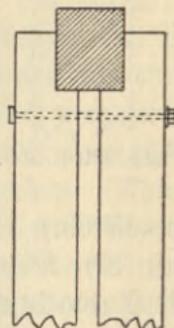


Abb. 306.

Von den Sprengwerkstrukturen finden heutzutage fast ausschließlich nur das Dreiecksprengwerk und das Trapezprengwerk Verwendung; Vielecksprengwerke, wie sie z. B. Perronet angewandt hat, werden nicht mehr ausgeführt, weil sie sich zu stark senken; Gitterträger eignen sich höchstens nur für sehr flache Gewölbe, und Bogenträger aus gekrümmten Hölzern erfordern einen großen Holzaufwand, wenn sie genügende Steifigkeit besitzen sollen*).

Dreiecksprengwerke liefern stets nur einen Stützpunkt für den Kranz; man hat daher entweder mehrere Sprengwerke miteinander zu vereinigen oder ein Sprengwerk mit einem Streben- oder Ständerwerk zu verbinden (Abb. 9 u. 10

*) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. II S. 244.

Tafel XI, Indretalbrücke). Letztere Anordnung wird besonders bei festen Lehrgerüsten, erstere bei freitragenden gewählt.

Dem aus einem Spannriegel und zwei Streben bestehenden Trapezsprengwerke sind absteifende Hölzer hinzuzufügen, um auch bei unsymmetrischer Belastung ein starres Sprengwerk zu besitzen. Auch hier werden oft mehrere Sprengwerke miteinander vereinigt und es wird dabei zweckmäßig das eine von ihnen als Dreiecksprengwerk konstruiert, oder es findet eine Vereinigung des Trapezsprengwerkes mit Streben- und Ständerwerken statt.

Bei dem in Abb. 7 u. 8 Tafel XI dargestellten Lehrgerüst*) ruht die Lehrbogenschwelle auf einem Trapezsprengwerk $abcd$; außerdem ist zur Befestigung und Absteifung der drei mittleren und radial gestellten Streben ein Dreiecksprengwerk aed angeordnet.

Zum Schutze gegen seitliche Verschiebungen und gegen Winddruck sind Querverbindungen (Zangen, Andreaskreuze, wagrechte Pfetten) notwendig, die bei den gestützten Lehrgerüsten in den Ebenen der Hauptstützen, bei den freitragenden aber in den Ebenen tiefliegender Streben und Spannriegel sowie einzelner radialer Streben angebracht werden. Die ein durchgehendes Auflager für die Lehrbögen bildenden wagrechten Langhölzer sollen zugleich auch beim Ausrüsten ein möglichst gleichmäßiges Senken aller Lehrgerüste ermöglichen. Bei großen und hohen Brücken (z. B. Talbrücken) ist noch ein besonderer Windverband notwendig, der meistens aus Kreuzstreben gebildet wird, die senkrecht zur Gewölbestirn in lotrechten, wagrechten oder schrägen Ebenen der Lehrgerüste liegen.

Bei der Konstruktion von Lehrgerüsten soll man Aufklauungen von Hirnholz auf Langholz, Zugverbindungen, weil sie leicht locker werden, und Überschneidungen von Hölzern, weil dadurch der Querschnitt verringert und eine exzentrische Druckbeanspruchung herbeigeführt wird, möglichst vermeiden,

*) Röll, Enzyklopädie des gesamten Eisenbahnwesens, S. 2228, Abb. 1315 a und b.

die Anzahl der Holzverbindungen möglichst beschränken, Stiele, Streben und Spannriegel möglichst nicht durchschneiden, sondern ununterbrochen durchgehen lassen und sehr lange Hölzer durch Zangen und Streben gegen seitliche Ausbiegung schützen.

Ist äußerste Sparsamkeit geboten, so kann man die Binder in größeren Entfernungen aufstellen und die zwischen ihnen notwendigen Kranzhölzer auf Pfetten lagern oder auch das Lehrgerüst nur für die halbe oder eine noch geringere Länge des Gewölbes herstellen und nach vollendeter Ausführung dieses Gewölbeteiles das Lehrgerüst verschieben.

Die beiden äußeren Lehrbögen stellt man zweckmäßig so weit von der Gewölbekrone auf, daß sie etwa die gleiche Last wie die übrigen Lehrbögen erhalten; dadurch wird ein ungleichmäßiges Setzen der Lehrbögen vermieden (Abb. 4, 8, 10, 12 usw. auf Tafel XI).

Bei schiefen Gewölben von größerer Spannweite werden die Lehrgerüste zur Vermeidung größerer Formänderungen parallel zur Stirnfläche aufgestellt; bei solchen von geringer Weite kann man die Lehrgerüste auch senkrecht zur Gewölbekrone anordnen.

Die Stärke der Pfosten, Streben und Pfetten ist durch statische Berechnungen festzustellen; in der Regel schwankt die Stärke dieser Hölzer zwischen 15 und 30 cm.

Was den Holzaufwand für die Lehrgerüste anlangt, so rechnet Mehrrens auf 1 cbm Gewölbemauerwerk $\frac{1}{3}$ cbm Holz und bei der Ausführung mit weit gestellten Bindern mindestens $\frac{1}{5}$ cbm Holz.

Eiserne Lehrgerüste stellen sich meistens teurer als hölzerne und besitzen keine wesentlichen Vorzüge vor gut ausgeführten Holzgerüsten. Gußeiserne Lehrgerüste wurden bisher nur in Frankreich, und zwar bei tunnelförmigen Gewölben, und schmiedeeiserne in neuerer Zeit hauptsächlich in England und Amerika verwendet.

Meistens werden nur einzelne Teile des Lehrgerüstes aus Eisen gefertigt. So z. B. besaßen die Lehrgerüste der Berliner Stadteisenbahn eiserne Hängestangen, und es hatte das

Lehrgerüst der Straßenbrücke über das Tal der Pétrusse in Luxemburg (Abb. 1 auf Tafel VIII) Drahtseile zur Aufnahme des Seitenschubes. Mitunter wird eine Eisenkonstruktion notwendig, um die erforderliche lichte Durchfahrts Höhe zu erlangen. Aus diesem Grunde legte man bei der langen Brücke in Köpenick bei Berlin die Schalhälzer auf einen Netzwerkbogenträger, fertigte man bei der Gertraudtenbrücke in Berlin die Binder aus Blechträgern mit gekrümmtem Obergurt und gebrochenem, gradem Untergurt, lagerte man bei der Kaiser-Wilhelm-Brücke in Berlin den mittleren Teil des Kranzes auf Walzträger usw.

Die **Ausrüstungsvorrichtungen** müssen möglichst über Hochwasser und zur Erleichterung der Senkung des Lehrgerüsts möglichst unmittelbar unter dem Lehrbogen angeordnet werden. Bei den fest unterstützten Lehrgerüsten sind sie an den Endpunkten der Stützen oder, falls diese auf einer Lehrbogenschwelle ruhen, unter dieser so anzubringen, daß die Schwelle gleichmäßig gesenkt werden kann. Bei den gesprengten oder teilweise gesprengten Lehrgerüsten müssen sich die Ausrüstungsvorrichtungen unter dem gemeinschaftlichen Träger oder an den Vereinigungspunkten der Streben befinden. Die Ausrüstungen müssen soviel Spielraum gewähren, daß das Lehrgerüst beim Setzen des Gewölbes sicher frei wird.

Am gebräuchlichsten sind Keile, Schrauben und Sandtöpfe. Statt der Sandtöpfe hat man früher auch Sandfäcke verwendet. In einzelnen Fällen wurden auch schiefe Ebenen und unrunde Scheiben (Erzentricks) benutzt.

Doppelkeile wendet man mit Vorteil nur bei kleineren Brückengewölben, bis zu etwa 10 m Spannweite, an. Die meist eichenen Keile werden entweder zwischen Ober- und Untergerüst unter jedem Stützpunkt des Lehrgerüsts, teils parallel, teils normal zur Brückenachse, oder zwischen den Kranzhölzern und den Streben oder Ständern eingeschaltet und gewöhnlich durch Artschläge auseinandergetrieben. Ruht auf den Keilen eine zu große Last, so pressen sich die Keile in die Langhälzer fest ein, und es bedarf selbst bei genau

bearbeiteten und gut eingeseiften Keilen sehr starker Schläge (z. B. mittels einer Ramme), um die Keile zum Gleiten zu bringen. Aus diesem Grunde ist das Keilverfahren bei größeren Gewölben nicht zu empfehlen.

Damit die Ausrüstung ganz allmählich erfolgen kann, gibt man den Keilflächen eine schwache Neigung. Um nicht zu lange Keile zu erhalten, empfiehlt Houselle, die Neigung zu etwa 1:4 bis 1:6 anzunehmen und, damit die Arbeiter mit Ruhe und Sicherheit gegen die Kopffläche schlagen können, letztere nicht niedriger als 5 cm zu wählen und sie vor die Hinterfläche des anderen Keiles vortreten zu lassen (Abb. 307).

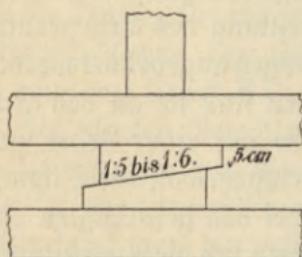


Abb. 307.

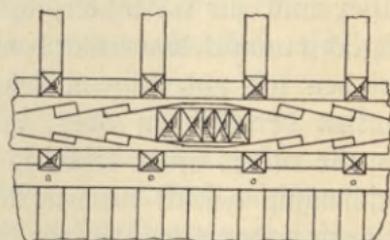


Abb. 308.

Bei größeren englischen Brücken hat man auch die Keile zwischen zwei oder drei verzahnten, parallel oder senkrecht zur Gewölbeachse liegenden Balken angeordnet und, um zu verhüten, daß die Keile nicht schon während des Einwölbens durch die Gewölbelaft ins Gleiten gebracht werden, Sicherheitskeile eingeschaltet, die erst kurz vor dem Ausrüsten gelöst wurden (Abb. 308, nach Heinzerling a. a. O. III S. 64 Abb. 243).

Sehr gebräuchlich sind die leicht aufzustellenden und nicht teuren Sandtöpfe*), die ein allmähliches Senken der Lehrgerüste gestatten. Sie stellen zylindrische, 20 bis 30 cm hohe und 15 bis 25 cm weite Gefäße aus starkem Eisenblech mit einer unten angenieteten Platte oder auch aus Gußeisen dar, die unmittelbar über ihrem Boden eine Anzahl von kurzen,

*) Die Sandtöpfe der Berliner Stadteisenbahn kosteten pro Stück im Durchschnitt 10 bis 12 Mark.

röhrenförmigen Ansätzen zum Ausfließen des Sandes besitzen. Diese Löcher werden mit Holz- oder Korkstöpfeln verschlossen und dann die Töpfe mit feinkörnigem, gut getrocknetem Sand gefüllt, der in Schichten eingebracht und festgestampft wird. Auf die Oberfläche der Sandfüllung werden zylindrische, aus Hartholz (Eichenholz) gefertigte und mit eisernen Ringen eingefasste Stempel aufgesetzt, deren Durchmesser nach Winkler zu

$$d^{\text{cm}} = 21 \sqrt{\frac{a}{n}}$$

gewählt werden soll, wenn l die Gewölbespannweite in Meter, a die Lehrbogenentfernung in Meter und n die Anzahl der Sandtöpfe eines Lehrbogens bezeichnet. Die Blechdicke soll zu etwa $0,01 d$ und die Weite der Ausflußöffnungen zu $0,09 d$ angenommen werden.

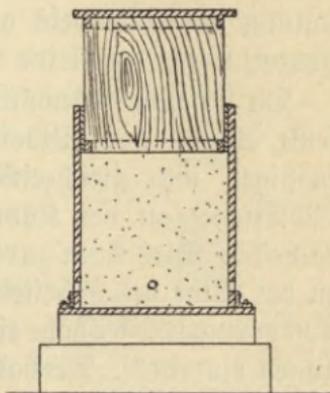


Abb. 309.

Die Bodenplatte ruht entweder unmittelbar auf dem Untergerüst, oder es wird zwischen diesem und dem Topfe eine eichene Bohle eingeschaltet (Abb. 309).

Die Oberflächen der Stempel dienen dem Obergerüst zum Auflager. Die richtige Höhenlage der Oberflächen aller Stempel wird durch Keile erreicht, die entweder unter oder über den Sandtöpfen angebracht werden.

In sorgfältiger Weise ist ein Feuchtwerden des Sandes in den gleichzeitig mit den Lehrgerüsten aufzustellenden Töpfen zu verhüten, damit der Sand nicht seine Flüssigkeit verliert. Durchnässter Sand müßte mittels Haken herausgekratzt werden, und bei dieser mühevollen Arbeit würde ein gleichmäßiges und allmähliches Sinken des Lehrbogens nicht zu erreichen sein. Es sind daher alle Teile des Topfes mit Ölfarbe anzustreichen, ferner ist der Raum zwischen Stempel und Blechwand mit Zement oder plastischem Ton gut zu verstreichen, und endlich ist der ganze Sandtopf mit geteilter Wachleinwand zu umwickeln.

Beim Ausrüsten werden die Stöpsel der Ausflußöffnungen herausgezogen. Um die Senkung des Lehrgerüsts regeln zu können, empfiehlt Houselle, den Töpfen eine so große Unterlage zu geben, daß der Sand nicht frei in die Luft ausfließen kann, sondern auf dieser Unterlage beim Ausfließen einen kleinen Kegelein bilden muß. Sobald dieser Kegelein bis zur Ausflußöffnung reicht, hört die Senkung selbst bei großer Belastung des Stempels auf, und sie beginnt erst wieder von neuem, wenn der kleine Sandkegelein entfernt wird.

Da sich jedes Gewölbe beim Ausrüsten im Scheitel stärker senkt als an den Widerlagern, so müssen bei einer gleichmäßigen und gleichzeitigen Senkung des Lehrgerüsts die Wölbsteine an den Kämpfern eher frei werden als die am Scheitel. Dies kann zur Folge haben, daß sich die Lagerfugen in der Nähe des Scheitels oben öffnen und daß bei Gewölben von geringer Pfeilhöhe ein Rutschen in der Nähe der Kämpferfugen eintritt*). Deshalb empfiehlt es sich, bei Gewölben, die ein stärkeres Setzen erwarten lassen, die Senkung zuerst (bzw. stärker) im Scheitel und später (bzw. schwächer) an den Kämpfern vorzunehmen. Dies läßt sich bei der Verwendung von Sandtöpfen leicht dadurch erreichen, daß man die Sandkegelein bei den mittleren Töpfen (unterstützter Lehrgerüste) häufiger fort-räumt als bei den an den Kämpfern liegenden.

Noch vollkommener aber als durch Sandtöpfe erfolgt die Ausrüstung durch Schrauben. Mit Hilfe von Schrauben ist es möglich, die Senkung des Lehrgerüsts ganz genau regeln zu können. Man unterscheidet Bogenschrauben und Sechschrauben. Die Bogenschrauben werden radial unter den Knotenpunkten des Lehrbogens, und zwar unmittelbar unter den Kranzhölzern angeordnet, und können daher nur einzelne Teile des Lehrbogens in Richtung des Gewölbehalmessers bewegen. Sie gewähren den Vorteil, daß man dem Lehrgerüste während der Aufstellung und beim Einwölben stets die richtige Höhenlage geben kann, sind aber teuer und

*) Handbuch der Ingenieurwissenschaften Bd. II S. 293.

unbequem. Man zieht daher in neuerer Zeit die Sechschrauben (Schraubensäße) vor, die unter den Stützpunkten des Lehrbogens so angeordnet werden, daß der ganze Lehrbogen in Lotrechter Richtung gesenkt werden kann. Entweder lagert man das Lehrgerüst auf Keile und stellt zwischen diesen erst kurz vor dem Ausrüsten die Sechschrauben auf und zieht sie etwas an, um die Keile leicht herauszuschlagen zu können, oder man läßt die Schrauben von Anfang an das Lehrgerüst tragen.

Anfangs verwendete man zwei, oben und unten in gußeiserne Platten versenkte Schrauben, deren eine mit rechtem, deren andere mit linkem Gewinde versehen war; die jetzt gebräuchliche Form der Sechschrauben zeigen die Abb. 310 u. 311. Die Bewegung der Schrauben geschieht mittels eingeschobenen Hebels.

Bevor das Gewölbe ausgerüstet wird, ist es zu über- und zu hintermauern, damit sein Gleichgewichtszustand nach dem Ausrüsten nicht durch das Gewicht der Aufmauerung verändert wird.

Über die Frage, wann das Lehrgerüst nach dem Gewölbeschluß entfernt werden soll, ist früher viel gestritten worden. Die früher weitverbreitete Ansicht, daß die Ausrüstung sofort nach Vollendung des Gewölbes erfolgen müsse, weil dann der noch nicht vollständig erhärtete Mörtel imstande sei, sich der neuen Gleichgewichtslage des Gewölbes anzupassen, hat sich nach zahlreichen Erfahrungen der Neuzeit als unrichtig erwiesen. Rissbildungen oder zu große Spannungen im Gewölbe werden vermieden, wenn man die Senkung im Scheitel des Gewölbes beim Ausrüsten möglichst beschränkt, und dies erreicht man am besten dadurch,

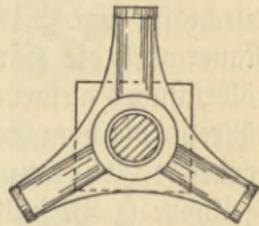
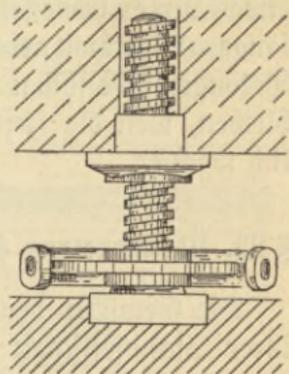


Abb. 310 u. 311.

daß man das Gewölbe erst nach vollständiger Erhärtung des Mörtels ausrüstet.

Die von der Form, der Größe und dem Baustoff des Gewölbes sowie von der Mörtelbeschaffenheit, der Jahreszeit und der Witterung abhängige Wartezeit soll nach dem „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ (a. a. O. S. 292) für Gewölbe über 20 m Spannweite im allgemeinen nicht weniger als 4 Wochen betragen, kann aber bei kleineren Gewölben auch etwas kürzer bemessen werden. Ziegelgewölben soll man eine längere Wartezeit geben als Gewölben aus natürlichen Steinen; Betongewölbe sollen möglichst lange auf dem Lehrgerüste verbleiben, weil die Festigkeit des Betons mit dem Alter erheblich wächst.

§ 29. Übermauerung, Hintermauerung und Abdeckung der Gewölbe.

Die Gewölbe der Brücken werden sowohl zur Erhöhung ihrer Standfestigkeit als auch wegen ihrer Entwässerung in gleicher Weise über- bzw. hintermauert wie die Gewölbe der Durchlässe (vgl. § 13). Das auf das Widerlager aufgesetzte Mauerwerk, die Hintermauerung, soll einen Teil des Gewölbeschubes aufnehmen und auf das Widerlager übertragen, während die vom Scheitel nach dem Kämpfer hin stetig höher werdende Übermauerung bei Gewölben von größerer Pfeilhöhe (z. B. Halbkreisgewölben), in denen sich die Stützlinie der äußeren Leibung nähert, ein Öffnen der sog. Bruchfuge verhindern soll. Gewölbe, in deren Zwickel Quergewölbe angeordnet sind, werden weder hintermauert noch übermauert (siehe weiter unten). Genau nach der Stützlinie konstruierte Gewölbe, auch hoch überschüttete Gewölbe und solche mit sehr geringer Pfeilhöhe bedürfen keiner Übermauerung, um standfest zu sein. Ist die Über- und Hintermauerung für die Standfestigkeit des Gewölbes nicht notwendig, so führt man sie meistens nur dann aus, wenn man das Gewölbe abdecken will und seine Rückenfläche so stark geneigt ist, daß ein Abrutschen der Abdeckung befürchtet werden muß.

Die obere Begrenzung der Übermauerung der Pfeiler von Brücken mit mehreren Öffnungen richtet sich nach der Art der Entwässerung (vgl. § 30).

In den meisten Fällen wird die Über- und Hintermauerung mit dem Gewölbe nicht in Verband gebracht und gewöhnlich in wagrechten Schichten hergestellt, die gegen das Gewölbe hin mehr oder weniger spitz auslaufen. Man hat bei englischen Brücken jedoch auch die Übermauerung über den Mittelpfeilern zum Teil rollschichtenartig zwischen den abgetreppten Wölbsteinen aufgeführt, um Seitendrucke zwischen den benachbarten Gewölben zu übertragen (Abb. 312 nach Houselle).

Wird die Über- und Hintermauerung nur der Abdeckung wegen ausgeführt, so kann man sie aus magerem Beton herstellen.

An Stelle der Über- oder Hintermauerung und der Überschüttung werden bei größeren Brücken häufig Hohlräume (sogenannte Spandrillräume) zwi-

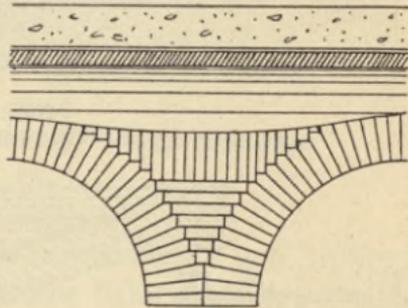


Abb. 312.

zwischen Gewölbe und Fahrbahndecke angeordnet, um eine Verringerung der Gewölbelaast, eine Ersparnis an Mauerwerk und eine schnellere Austrocknung des Bauwerkes zu erzielen. Entweder werden zwischen den Stirnmauern und parallel zu diesen einzelne Zungenmauern in Abständen von etwa 1,0 bis 1,5 m auf dem Gewölberücken aufgeführt und mit Halbkreis- oder Segmentbogengewölben oder mit Platten überdeckt (Abb. 313, nach Heinzerling, I Abb. 116) und bei sehr großer Höhe durch Quermauern oder durch wagrechte Gewölbe in verschiedener Höhe miteinander verbunden, so daß sich mehrstöckige Zwischengewölbe ergeben (Abb. 314 u. 315, Viadukt bei Nogent), oder es werden quer zur Brückenlängsachse Zwischengewölbe angeordnet oder es werden auf die Mittelpfeiler und das Hauptgewölbe Pfeiler aufgesetzt und

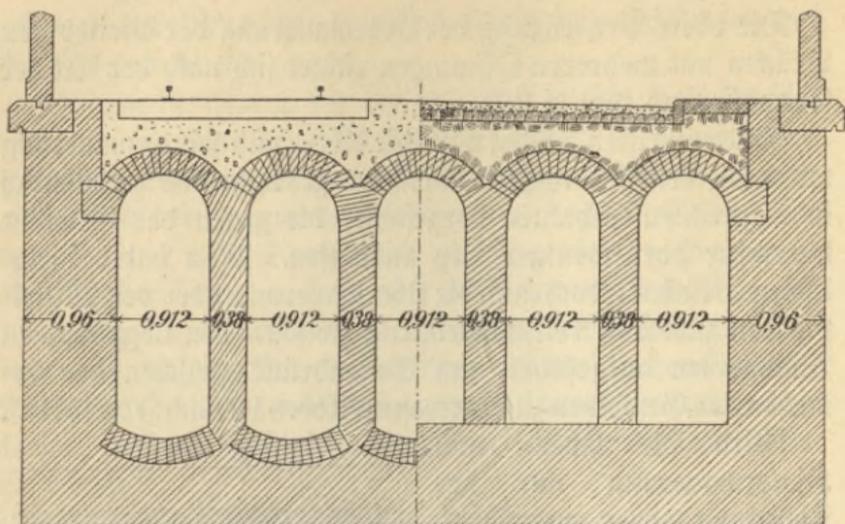


Abb. 313.

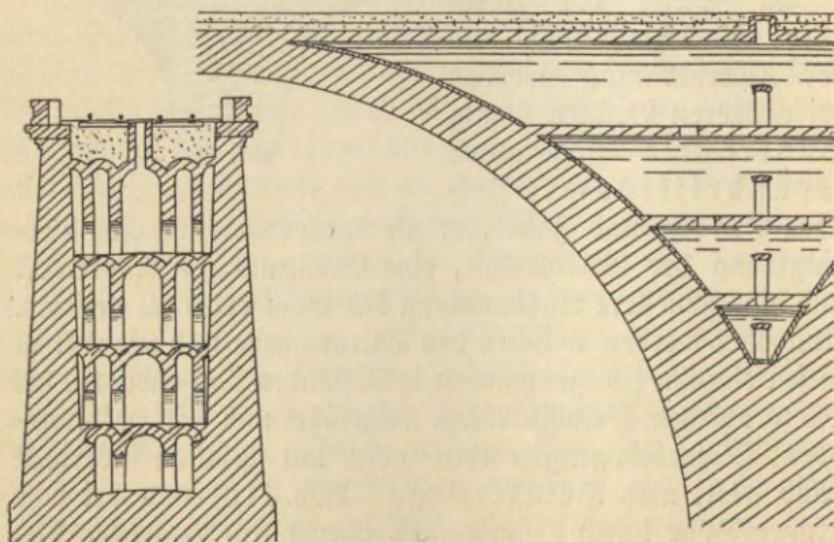


Abb. 314.

Abb. 315.

mit Gewölben verbunden und diese Hohlräume zur Ersparnis an Stirnmauerwerk in ganzer Brückenbreite durchgeführt, so daß sie von außen sichtbar und zugänglich sind (Abb. 316,

Spreeviadukt der Berliner Stadteisenbahn), oder sie werden an den Stirnen durch Blindmauern geschlossen.

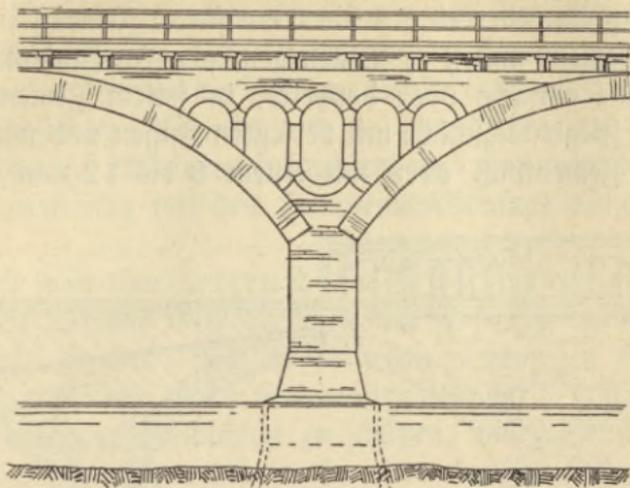


Abb. 316.

Bei Brücken von bedeutender Spannweite und größerer Pfeilhöhe bilden diese Quergewölbe kleine über das Hauptgewölbe hinweggeführte Viadukte (Abb. 317, Viadukt von Gour = Noir; siehe auch Morbegno-
brücke, Tafel VII Abb. 4 bis 10). Zu den Entlastungsgewölben dieser Art gehören auch die sog.

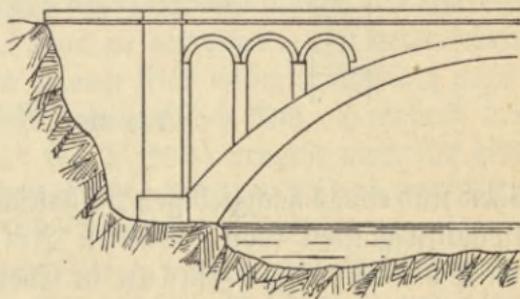


Abb. 317.

Brücken- oder Dchsenaugen, d. h. über den Pfeilern hergestellte, von außen sichtbare Hohlzylinder (Abb. 318).

Die Hohlräume der Zwischenkonstruktionen müssen behufs Ausbesserung und Revision leicht zugänglich gemacht werden; dies geschieht oft durch Einsteigeschächte, die in der Fahrbahn der Brücke angelegt werden (vergl. Abb. 314 u. 323).

Um das Gewölbe gegen das Eindringen von Sickerwasser zu schützen, hat man es auf das sorgfältigste wasserdicht abzudecken. Wir haben bereits in § 13 mitgeteilt, daß man als Abdeckung entweder eine 2 bis 3 cm starke Zementschicht aus 1 Teil Zement und $2\frac{1}{2}$ Teilen gewaschenem Flußsand oder besser eine einfache oder doppelte, in fettem Zementmörtel verlegte Ziegelschicht mit verletzten Fugen und mit einem dünnen Zementputz oder mit einem 8 bis 12 mm starken,

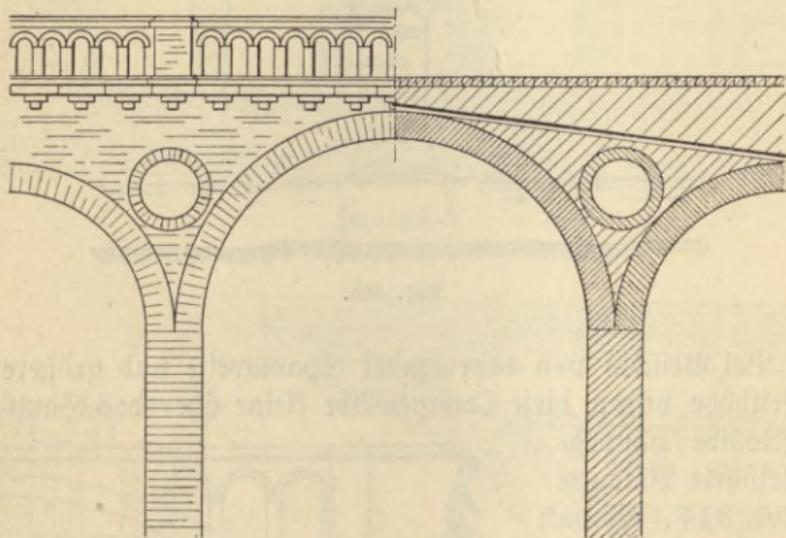


Abb. 318.

zäh und etwas nachgiebigen Asphaltüberzug wählt, oder auch Asphaltfilzplatten (von Johann Jeserich in Berlin oder von Büschler & Hoffmann in Eberswalde) und, wie ergänzend bemerkt sein mag, Siebels Isolierplatten mit Bleieinlage oder auch Tektolith verwendet.

Bei der Berliner Stadteisenbahn wurde zur Erzielung einer schnelleren Austrocknung des Mauerwerkes die Abdeckung der Gewölbe aus einer Ziegelschicht hergestellt, deren Steine der Länge nach zweimal durchlocht waren. Diese Ziegel sind so verlegt worden, daß die Löcher Kanälchen von der einen Gewölbefstirn bis zur anderen bilden. Zu dem gleichen Zweck

hat man anderwärts, wie Houselle (S. 256) mitteilt, in der unteren Schicht einer doppelten Ziegelschicht quer zur Brückenachse kleine Kanäle quadratischen Querschnittes mit 7,5 cm Seitenlänge angeordnet und mit der Luft an den beiden Gewölbekirnen in Verbindung gebracht oder solche Kanälchen zur Aufnahme des etwa durch die obere Ziegelschicht hindurchgeickerten Wassers und zu seiner Ableitung parallel oder schräg zur Brückenachse angelegt und ihre unteren Enden durch Querkänäle mit den Hauptentwässerungsanlagen verbunden.

Wählt man eine Zementdecke, so darf sie erst nach dem Ausrüsten auf das Gewölbe bzw. auf seine Hintermauerung aufgebracht werden, auch ist sie gegen zu schnelles Trocknen an der Luft sowie gegen Sonnenstrahlen durch eine dünne, naß zu haltende Sandschicht zu schützen, um Rißbildungen nach Möglichkeit zu verhüten. Da aber eine Zementdecke auch durch die Erschütterungen beim Befahren der Brücke leicht rissig wird, ziehen viele eine doppelte Asphaltschicht vor, deren untere durch Zusatz einer entsprechenden Menge von Goudron so weich und biegsam hergestellt wird, daß sie imstande ist, den Bewegungen des Gewölbes infolge von Wärmeänderungen zu folgen, ohne zu zerreißen, und deren obere Schicht durch Zusatz von reinem Kies widerstandsfähig gegen äußere Eindrücke gemacht wird. Nach dem „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ (II S. 255) braucht man für eine 3 cm starke doppelte Asphaltschicht für 1 qm Abdeckungsfläche: 70 kg Asphaltmastix, 7 kg Goudron, und 5 kg gereinigten Trinidadasphalt mit einem Zusatz von 20 bis 25 % reinem, lehmfreiem Kies. Zum Schutz gegen Beschädigungen durch eckige Steine der Übersüttungsmasse wird die Asphaltschicht mit einer etwa 10 cm starken Schicht von reinem, lehmfreiem, höchstens erbsengroßem Kies bedeckt.

Sicherer ist eine Abdeckung der Gewölbe mit 9 bis 13 mm starken Asphaltfilzplatten, die ihrer großen Zähigkeit wegen bei Bewegungen des Gewölbes nicht zerreißen. Man legt diese Platten über dem Gewölberücken so in Verband, daß sie

sich an den vier Ranten 8 bis 10 cm breit überdecken, klebt die Ränder mit heißer Asphaltmasse aufeinander, bestreicht nur die Ränder oder auch die ganze Abdeckungsfläche mit Asphaltmasse und überschüttet das Ganze etwa 10 cm hoch mit sog. Asphaltfies, um die Platten vor Beschädigungen durch den Schotter der Hinterfüllung zu bewahren.

Damit das Wasser nicht zwischen Gewölbe und Stirnmauer einsickern kann, hat man die senkrechten bzw. schrägen Flächen der Stirnmauer mit der Gewölbeabdeckung zu verbinden. Dieser Zusammenhang läßt sich am besten mittels Asphaltfilzplatten erreichen, weil man diese an den Stirnwänden in die Höhe ziehen kann. Ihren umgebogenen Rand läßt man dann zweckmäßig etwa 10 cm tief in die Lagerfuge unter den Abdeckplatten der Stirnmauer eingreifen. Zementputz, Teeranstrich oder Asphaltüberzug haben hierfür nicht immer genügt.

Zusammengelötete 2 bis 3 mm starke Bleiplatten bilden zwar eine ununterbrochene wasserdichte Decke, sind aber recht kostspielig und werden nach Mitteilungen der „Deutschen Bauzeitung“ (1880 S. 256 usw.) durch die Alkalien des Zementmörtels leicht zerstört; man hat sie daher von diesem Mörtel durch Einlage von Papier usw. zu trennen.

§ 30. Entwässerungsanlagen.

Bei nicht zu langen Straßenbrücken wird das Niederschlagswasser in Rinnsteinen (Gossen), die von der Brückenmitte nach beiden Seiten hin ein Gefälle von mindestens 1:200 erhalten, den Brückenden zugeführt und von dort in die Straßengräben bzw. Straßenkanäle oder über die Böschungen hinweg mittels gepflasterter Rinnen (Mulden) in den Fluß geleitet. Bei langen Straßenbrücken würde man bei dieser Entwässerungsart an den Brückenden zu tiefe Rinnsteine erhalten; hier führt man das Wasser mit entsprechendem Gefälle gußeisernen Röhren zu, die entweder die Stirnmauern (Abb. 319, Nydeckbrücke in Bern) oder die Scheitel der Brückengewölbe oder auch die Zwischengewölbe durchdringen.

Die Abführung des durch die Fußweg- und Fahrbahnbefestigungen der Straßenbrücken bzw. durch den Oberbau der Eisenbahnbrücken und die Überschüttung des Gewölbes hindurchgesickerten Wassers kann auf verschiedene Weise erfolgen, nämlich:

1. Nach den Brückenenden, d. h. hinter die Widerlager. Diese Entwässerungsart ist die einfachste und billigste; sie wird bei Brücken mit einer Öffnung immer gewählt und kann bei solchen mit zwei und mehr Öffnungen nur dann angewendet werden, wenn man der sattelförmig anzulegenden Abdeckung von der Brückenmitte nach beiden Widerlagern hin ein für die Ableitung des Wassers genügendes Gefälle geben kann. Ist der anschließende Boden wasserundurchlässig (z. B. Felsen oder Ton), so erhalten die Widerlager eine Steinhinterpackung, in die das Wasser sickern kann und aus der man es durch die Widerlagsmauern hindurch mittels ausgesparter Kanäle oder eingelegter Gußeisenröhren ins Freie leitet (Abb. 320).

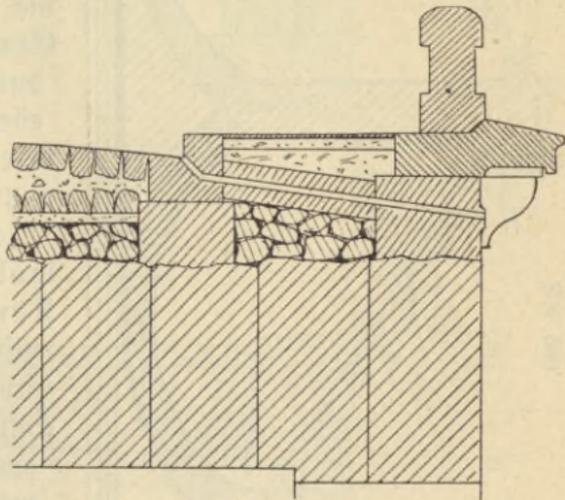
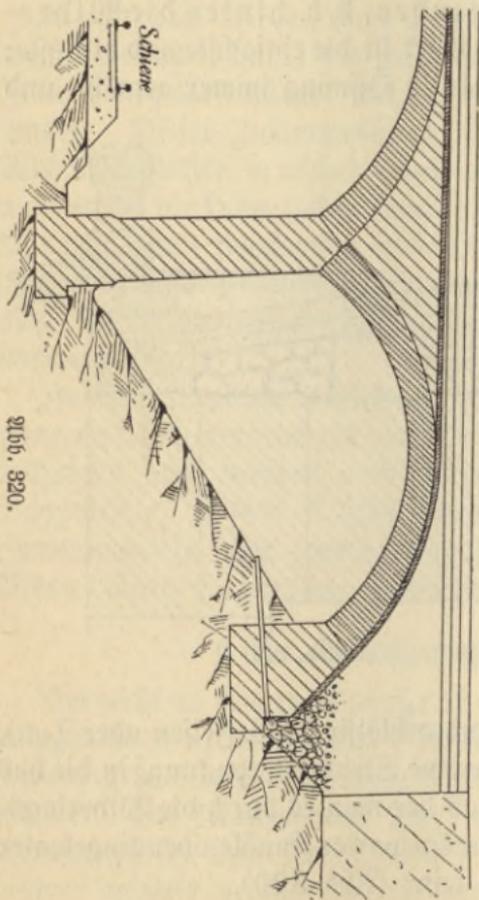


Abb. 319.

2. Nach den Stirnen mittels in den Bogenzwickeln angeordneter Kanäle oder Röhren. Diese Entwässerung besitzt den Nachteil, daß das ausfließende Wasser Stirnmauern und Pfeiler durchfeuchtet und auf tonigen Steinen leicht schädliche Flechten und Moose erzeugt. Um diesen Übelstand möglichst zu verhüten, muß die Entwässerung durch weit ausfragende

Rinnsteine (Wasserspeier) bzw. weit ausladende Röhren erfolgen (Abb. 321 u. 322, Bückowbrücke; vgl. auch Abb. 319).

3. Durch den Gewölbescheitel. Dann sind die Gewölbezwickel vollständig mit Mauerwerk oder Beton auszufüllen oder Zwischengewölbe herzustellen. Die Abdeckung muß



ein genügend starkes Längen- und Quergefälle erhalten, so daß sich vier Rinnen bilden, die sich über den, das Gewölbe in Brückenmitte durchdringenden, gußeisernen Abfallröhren vereinigen (Abb. 323 u. 324, Nahebrücke).

4. Durch die Gewölbeschenkel oder Rämpfer. Diese Entwässerungsart wird bei Brücken mit mehreren Öffnungen am häufigsten angewendet. Hintermauerung und Abdeckung erhalten ein Gefälle nach der Pfeilermitte bzw. vom Widerlager und Scheitel nach einem Punkte des Gewölbeschenkels hin, und die sich dadurch bildende

Rinne wird entweder nur als ein mit Schotter ausgepachter Sickerkanal ausgeführt (Abb. 325) oder in ihr ein mit Platten überdeckter und für den Wassereinlauf mit Schlitz in den Seitenwänden ausgestatteter Kanal (Abb. 326, Spreebrücke bei Charlottenburg) oder ein überwölbter Kanal mit Öffnungen an den Rämpfern des Gewölbes (Abb. 327, Ruhrbrücke)

oder ein kreisrunder Kanal mit offenen Jugen an der oberen Hälfte (Abb. 328, Wupperbrücke bei Rauschenberg) hergestellt und diesen Kanälen ein Quergefälle nach der Abfallröhre gegeben, die das Gewölbe in geringer Entfernung vom Kämpfer in Richtung seines Krüm-

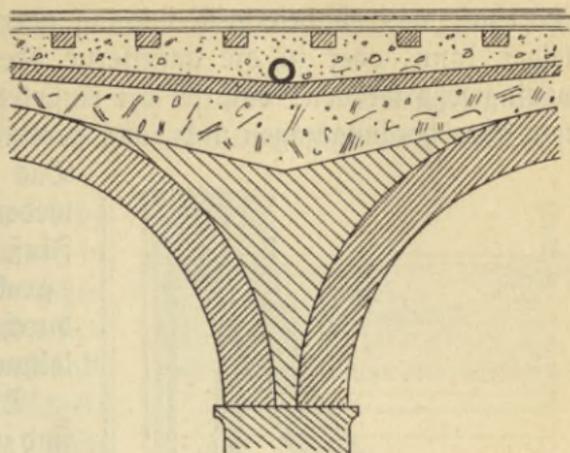


Abb. 321.

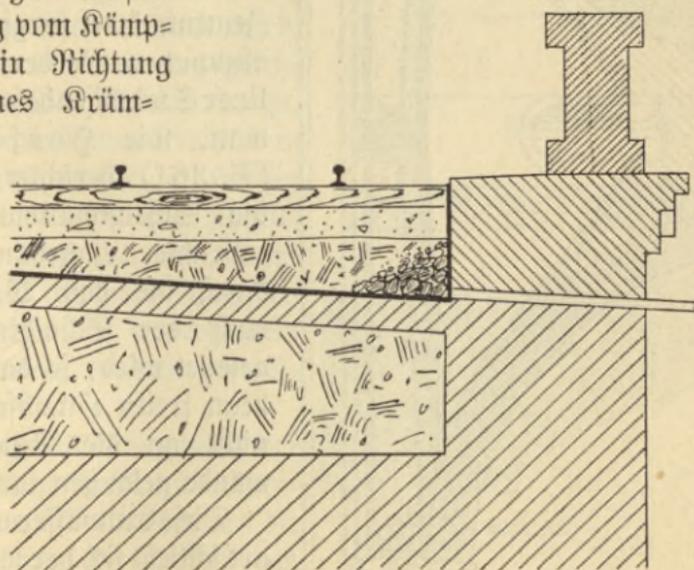
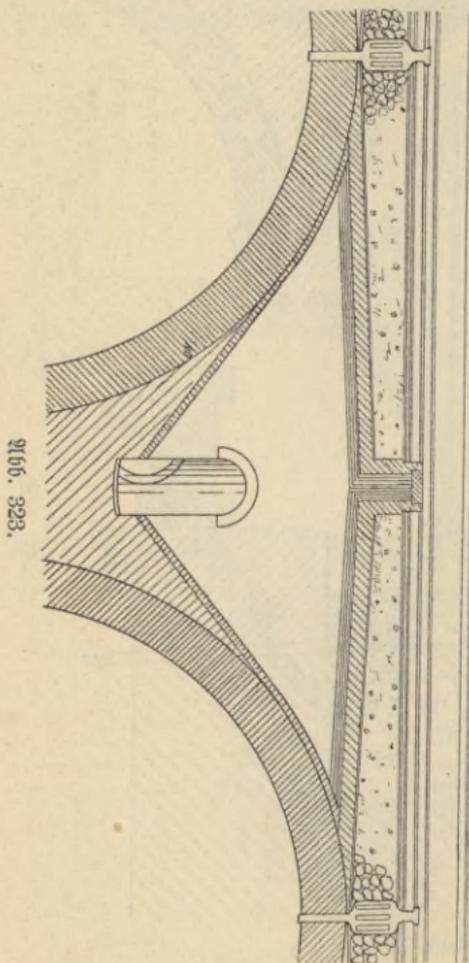


Abb. 322.

mungshalbmessers durchbricht. Die Wassereinflussöffnungen werden mit Steinen und grobem Kies bedeckt und die Kanäle zweckmäßig mit der Außenluft in Verbindung gebracht.

5. Durch die Mittelpfeiler mittels senkrechter, unten abgezweigter Abfallschächte, die entweder so weit anzulegen

sind, daß man sie behufs Reinigung oder Ausbesserung be-
steigen kann, oder in die gußeiserne oder tönernerne Röhren
so eingesetzt werden, daß sie bei eingetretener Verstopfung
nach oben herausgezogen und dann gereinigt werden können.



Das Wasser wird ent-
weder unmittelbar in den
Fluß oder nach Sicker-
gruben geleitet oder
durch eine Tonrohr-
leitung abgeführt.

Die Schachtwände
sind zur Verhütung einer
Durchfeuchtung des
Mauerwerkes mit
Zementmörtel sorgfältig
abzuputzen. Bei der Ber-
liner Stadteisenbahn hat
man, wie Houjelle
(S. 361) berichtet, in
die Schachtmündungen
Trichter eingehängt,
durch die das Wasser
nach der Schachtmitte
geleitet wird, so daß es
beim freien Hinabfallen
nicht an die Schacht-
wände gelangen kann.

Diese Entwässerungs-
art schließt sich der sattel-
förmigen Ausmauerung
der Gewölbezwickel gut

an und führt das Wasser, ohne die Stirnmauern oder die
Pfeiler zu beschmutzen und zu beschädigen und ohne den unter
der Brücke stattfindenden Verkehr zu belästigen, schnellstens
ab. Man wendet sie jedoch hauptsächlich nur dann an, wenn
eine Abführung des Wassers hinter die Widerlager nicht

möglich und in den Raum unter dem Gewölbe nicht statthaft ist (Abb. 329).

6. Nach den Zwischengewölben. Verschiedene Ausführungsarten zeigen die Abb. 330 u. 243 sowie die Abb. 4 auf Tafel VII.

Den gußeisernen Abfallröhren gibt man in der Regel einen zylindrischen Querschnitt und oben einen breiten tellerförmigen Rand, auf den man eine halbkugelförmige oder trommelförmige, gußeiserne, durchlöcherichte Haube aufsetzt, die mit Schotter oder grobem Kies umpackt wird, oder in die man eine durchlöcherichte Metallplatte einsetzt, die ebenfalls eine Steinüberschüttung erhält. Häufig erweitert man die Abfallröhren nach unten hin, damit die sich in ihnen bildenden Eiszapfen bei eintretendem Tauwetter leichter herausfallen.

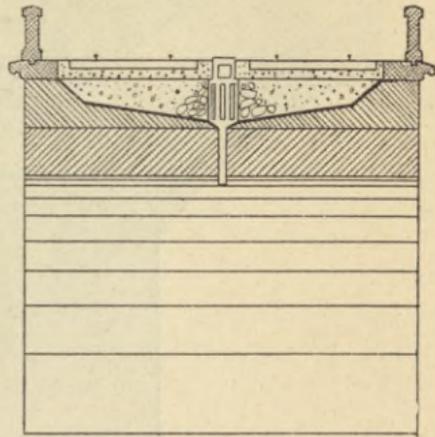


Abb. 324.

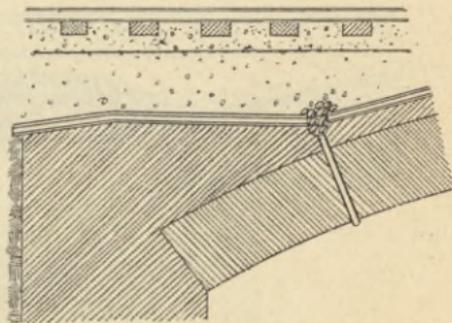


Abb. 325.

Besonders wichtig ist der sorgfältige Anschluß der gußeisernen Abfallröhren an die Abdeckung. Da sich Gußeisen bei Wärmeänderungen anders verhält als Mauerwerk, so entstehen zwischen beiden leicht Fugen, durch die das Wasser in das Gewölbe sickern kann. Um solche Undichtigkeiten möglichst zu verhüten, läßt man die Zement- oder Asphalttschicht der Abdeckung oder die Asphalttsilzplatten usw. etwas über den Tellerrand hinweggreifen (Abb. 331), oder man umgibt nach dem Vorschlage von Büßcher & Hoffmann in Eberswalde

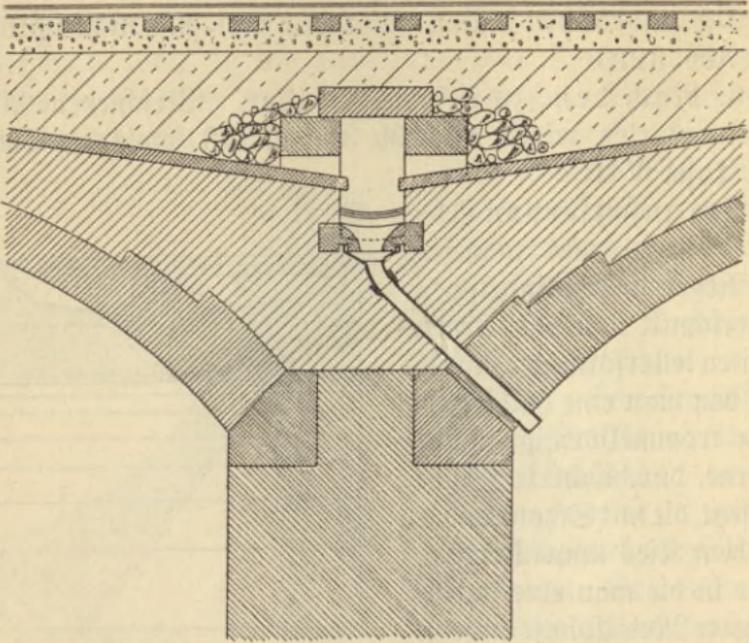


Abb. 326.

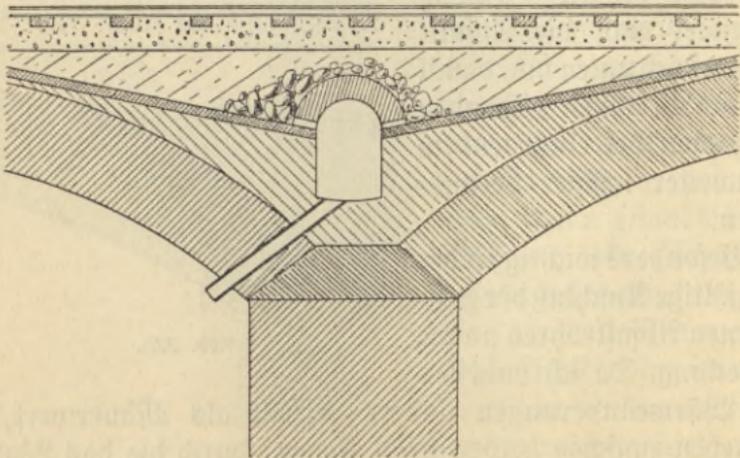


Abb. 327.

die Gufßeisenröhre mit Asphalt, der vermöge seiner Elastizität bei den durch Wärmeänderungen hervorgerufenen Bewegungen der Röhren nicht so leicht rissig wird.

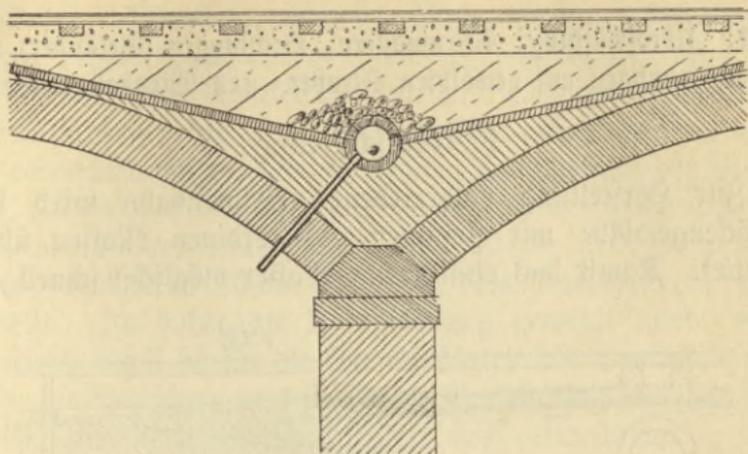


Abb. 328.

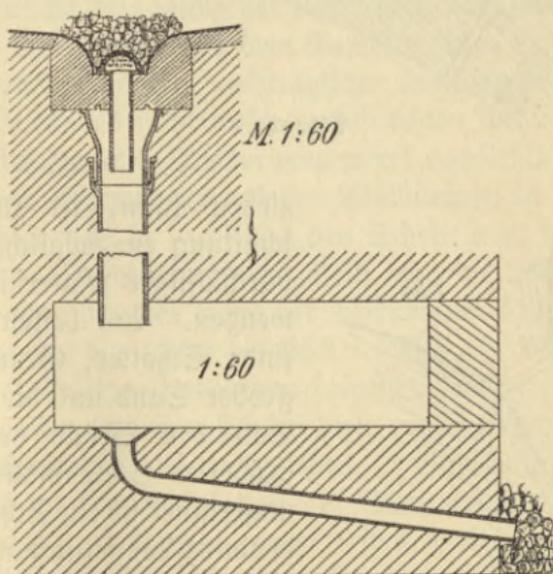


Abb. 329.

Bei einer Entwässerung durch die Scheitel oder Schenkel der Gewölbe hat man für eine besondere Abführung des Wassers in Zinkröhren zu sorgen, wenn sich unter dem Brückenbauwerk eine verkehrreiche Straße befindet.

§ 31. Überschüttung, Stirnmauern, Brüstungen (Geländer) und Brückenbahnen auf gewölbten Straßen- und Eisenbahnbrücken.

1. Überschüttung.

Zur Herstellung einer ebenen Brückenbahn wird das Brückengewölbe mit steinigen oder erdigen Massen überschüttet. Damit das einsickernde Wasser möglichst schnell ab-

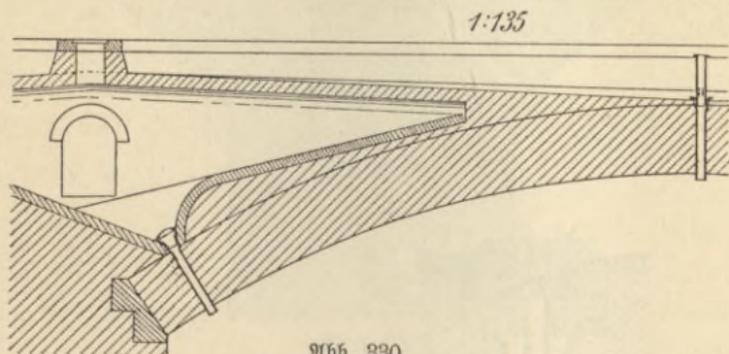


Abb. 330.

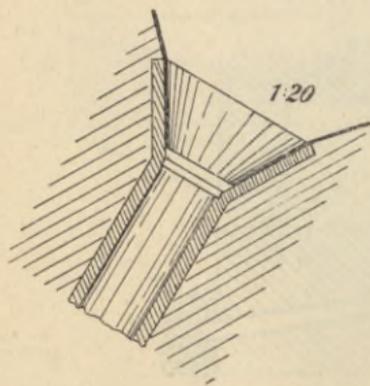


Abb. 331.

ziehen kann, ist zur Überschüttung ein möglichst wasser-durchlässiges Material zu verwenden. Am besten geeignet sind: Schotter, Grand, Kies, grober Sand und die sich beim Bau der Brücke ergebenden gröbereren Steinabfälle; völlig ungeeignet ist ein Schüttbodyen, der durch Wasseraufnahme weich oder gar breiartig wird. Sind bei großer Überschüttungshöhe nicht genügende Massen wasser-

durchlässigen Materiales vorhanden und verursacht deren Beschaffung zu große Kosten, dann schütete man die verfügbaren wasserdurchlässigen Massen auf das Gewölbe und seine Hintermauerung und stelle nur den oberen Teil der Über-

schüttung aus dem ungeeigneteren Materiale her, das in dünnen Lagen aufzubringen und zweckmäßig festzustampfen ist.

Um die durch den Verkehr auf der Brücke hervorgerufenen Erschütterungen des Gewölbes möglichst abzuschwächen, wird die Überschüttung bei Straßenbrücken einschließlich der Stärke der Fahrbahnbefestigung mindestens 30 cm hoch und bei Eisenbahnbrücken einschließlich der Stärke des Schwellenbettes mindestens 70 cm hoch über dem Gewölbescheitel hergestellt. Je höher die Überschüttung gewählt wird, desto günstiger wirkt sie für die Standfestigkeit des Gewölbes, und desto gleichmäßiger verteilt sie die Verkehrslast auf das Gewölbe, aber sie belastet das letztere auch desto stärker.

2. Stirnmauern.

Die seitliche Bewegung der Überschüttung bilden die Stirnmauern. Sie dürfen auf dem Gewölberücken erst dann aufgeführt werden, wenn nachträgliche Senkungen des ausgerichteten Gewölbes nicht mehr zu befürchten sind.

Bei Brücken aus Quadermauerwerk empfiehlt es sich, die Quader der Stirnmauer mit den Wölbsteinen in Verband zu bringen, um nicht in der Nähe des Scheitels zu spitze Steine zu erhalten. Zu diesem Zwecke stellt man die Wölbsteine mit Abtreppungen von der Höhe der Stirnmauer-Quaderschichten her (vergl. die Abb. 260 bis 262). Soll die Brücke Stirnflügel (Parallelfügel) erhalten, so gehen die Stirnmauern in diese über oder schließen sich an diese an; sind jedoch Winkel- flügel (Böschungsfügel) vorgesehen, so führt man diese zweckmäßig bis zu den Deckplatten der Stirnmauern hinauf, um letzteren an zwei Stellen einen festen Halt gegen ein Abschieben vom Gewölberücken zu geben (vergl. die Abb. 5 bis 17 auf Tafel III). Die Stirnmauern erhalten über dem Gewölbescheitel vielfach eine der Scheitelstärke gleiche Höhe und eine obere Breite von mindestens 0,60 m. Sind die Stirnmauern nur dem Drucke der aufgeschütteten und durch Brückenfahr- bahnen und Verkehr belasteten Erd- und Steinmasse ausgesetzt, so berechnet man ihre Stärke wie die der Stützmauern, sind

aber Zwischengewölbe vorhanden, dann hat die Berechnung der Stützmauerstärke unter Berücksichtigung des Schubes jener zu erfolgen, falls der Gewölbeschub nicht von schmiedeeisernen Ankern aufgenommen wird.

Die Stirnmauern erhalten in ganzer Länge die gleiche obere Breite und zur Ableitung des durchgesickerten Wassers in ihrem oberen Teile eine Abschrägung nach innen, die in sorgfältigster Weise mit einem der in § 29 näher beschriebenen Mittel wasserdicht abzudecken ist. Nach den Kämpfern hin werden in Stirnmauern in ihrem unteren Teile meist durch Bankette nach innen verbreitert (Abb. 332; vgl. auch Abb. 351).

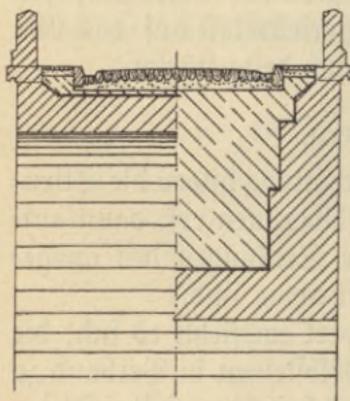


Abb. 332.

Den oberen Abschluß der Stirnmauern bilden bei kleineren Brücken und namentlich bei solchen aus Ziegelmauerwerk vielfach Klinkerrollschichten in Zementmörtel, bei größeren Brücken aber meistens 15 bis 25 cm dicke und 50 bis 80 cm breite, kräftig vortretende und mit Wasser- nase versehene Haussteinplatten aus

Granit, Basaltlava, wetterbeständigen und festen Sand- oder Kalksteinen usw., die man entweder nur in Zementmörtel verlegt oder mittels eiserner, mit Blei oder Schwefel vergossener Klammern miteinander verbindet.

Diese Steinplatten bilden den Hauptbestandteil der Gesimse; sie müssen mindestens bis zur Höhe der Brückenbahn (Fußwege) hinaufreichen und haben die Steinbrüstung oder eisernen Geländer zu tragen. Je nach der Bedeutung des Brückenbauwerkes und nach seiner örtlichen Lage werden die Gesimse mehr oder weniger reich gegliedert und bei höheren Stirnmauern unter den Gesimsen noch Frieße (glatte oder verzierte Streifen, Zahnschnitte, Konsolen oder auch Bänder aus Rund- oder Spitzbogen, je nach der gewählten Stilart des Bauwerkes) angebracht.

In den Abbildungen 333 u. 334 und 336 bis 343 sind verschiedene Stirnmauergesimse in Ansicht und Schnitt dargestellt. Abb. 342 u. 343 zeigen das Gesimse und die Brüstung der Elisabethbrücke in Wien (aus Heinzerling, Brücken der Gegenwart, Heft II, Texttafel B Abb. 1 bis 4).

Gesimse und Deckplatten werden auf die Stirnmauern meistens erst nach erfolgter Überschüttung der Gewölbe aufgebracht.

3. Steinbrüstungen und Geländer.

Zum Schutze der auf der Brücke verkehrenden Fußgänger und Fuhrwerke gegen Hinabstürzen werden auf die Deckplatten der Stirnmauern Brüstungen aufgesetzt, die bei gewölbten Brücken entweder aus Stein oder aus Eisen hergestellt und bei Eisenbahnbrücken gewöhnlich nur 0,75 bis 1,0 m, bei Straßenbrücken dagegen 1,0 bis 1,25 m hoch gewählt werden.

Die Steinbrüstungen bestehen aus Haussteinen, Bruchsteinen oder Ziegeln, bei Betonbrücken auch aus Beton, und werden voll oder durchbrochen und 25 bis 50 cm stark ausgeführt. Am Fuße werden die Haussteinbrüstungen gewöhnlich mit einer 2 bis 3 cm hohen Feder versehen, mit der sie in eine entsprechende Nut der Gesimsplatten eingreifen (vgl. Abb. 337), oder es erfolgt die Verbindung mittels steinerner Dübel (vergl. Abb. 344). Die Abdeckung geschieht meistens mit etwa 15 cm starken, überstehenden und abgewässerten Haussteinplatten, bei Backsteinbrüstungen auch mittels einer Klinkerrollschicht. Die Außenfläche der Brüstungen wird entweder mit der Gewölbefirnfläche bündig angeordnet, oder die Brüstungen werden auf stark ausladende Konsolgesimse gestellt, um eine möglichst große nutzbare Brückenbreite zu erhalten (vergl. Abb. 333).

In der Regel wird die Steinbrüstung durch stärkere, oft auch höhere Pfeiler unterbrochen, die an den Brückenenden, über den Mittelpfeilern und über den Gewölbescheiteln, bei längeren Brücken mit weit gespannten Gewölben auch noch zwischen diesen Teilpunkten, hier aber gewöhnlich etwas

schwächer bemessen, angeordnet und auch bei Bruchstein- und Backsteinbrüstungen meistens aus Hausteinen gebildet werden. Sie geben der Brüstung ein gefälligeres Aussehen und vergrößern ihre Standfestigkeit; sie gestatten daher, den zwischen ihnen liegenden Brüstungsteilen eine etwas geringere Stärke zu geben (Abb. 335 bis 343).

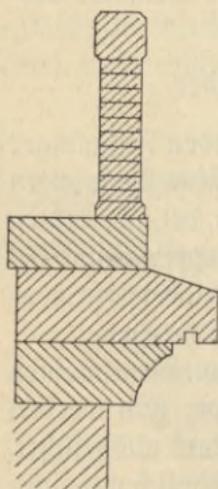


Abb. 333.

Mitunter wird der Zwischenpfeiler mit dem Brüstungspfeiler durch Eisen verbunden

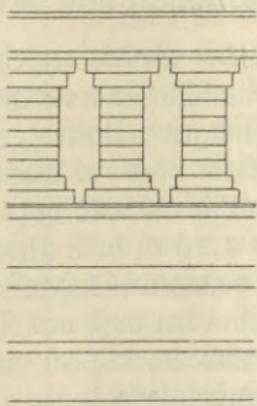


Abb. 334.

(vgl. Abb. 221), oder über dem Vorkopf der Pfeiler ein halbkreisförmiger oder halbachteckiger Aufbau hergestellt und auf ihn der Brüstungspfeiler so aufgesetzt, daß er kanzelartig vortritt (vgl. Abb. 222). Solche Brüstungspfeiler benutzt man dann häufig als Sockel für Rande-

lauer, Standbilder oder Figurengruppen, oder man gestaltet sie auf der Innenseite hohl und ordnet in diesen Nischen Sitzbänke an (vgl. Abb. 223). Bei der Neckarbrücke in Mannheim hat man über den Mittelpfeilern runde Nischen nur durch ausgefragte Steinplatten gebildet (Abb. 345).

Steinbrüstungen bieten einen sicheren Schutz gegen das Hinabstürzen und halten, wenn sie ohne Durchbrechungen hergestellt werden, den lästigen Wind von den Fußwegen ab, sie sind aber kostspielig und vermindern die nutzbare Breite der Brückenbahn um mindestens 50 cm. Bei knappen Geldmitteln und beschränkter Brückenbreite muß man sie daher durch eiserne Geländer ersetzen. Eiserne Geländer wählt man auch, wenn man eine alte, mit Steinbrüstungen versehene Brücke, die den Verkehrsverhältnissen nicht mehr genügt, ohne

Verlängerung der Pfeiler, Widerlager und Gewölbe und ohne Anordnung von eisernen Konsolen auf den Pfeilervorköpfen zum Tragen der Fußwege (vgl. Abb. 20 und 21) so viel als möglich verbreitern will.

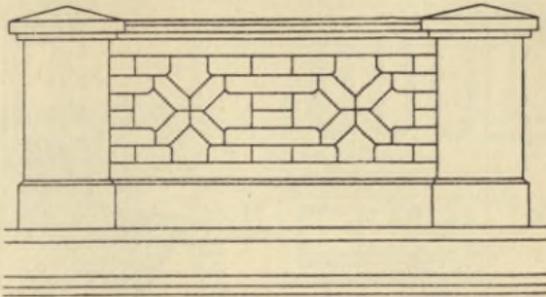


Abb. 335.

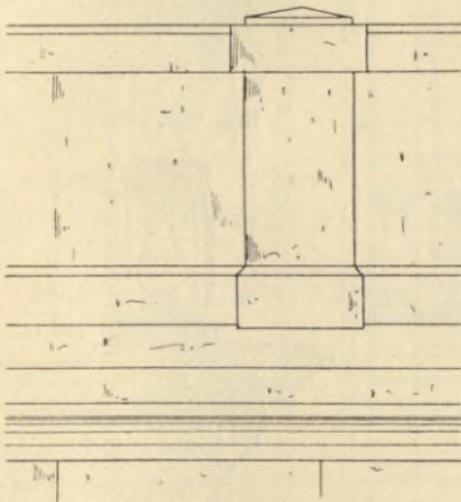


Abb. 336.

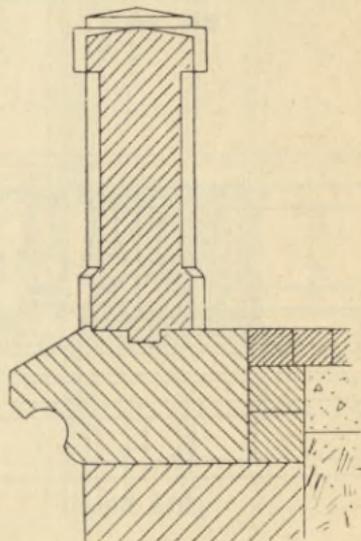


Abb. 337.

Über die Konstruktion der schmiede- und gußeisernen Geländer vgl. § 54.

Ein einfaches schmiedeeisernes Geländer einer Wegeüberführung zwischen Arnstadt und Ilmenau zeigen die Abb. 346 u. 347 (nach Ludwig, a. a. O. Tafel IV), während Abb. 348 ein Feld des Geländers der Kaiserbrücke zu Bremen darstellt,

dessen Pfosten und oberer Abschluß aus Gußeisen und dessen Füllungen aus Schmiedeeisen bestehen. Weitere Ausführungen zeigen die Abb. 28 bis 34 auf Tafel XVI.

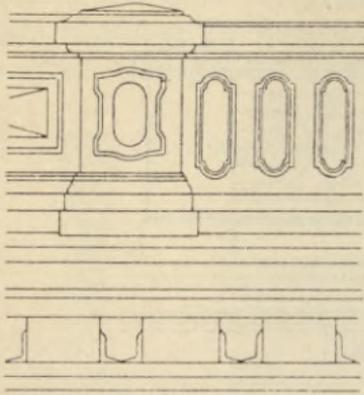


Abb. 338.

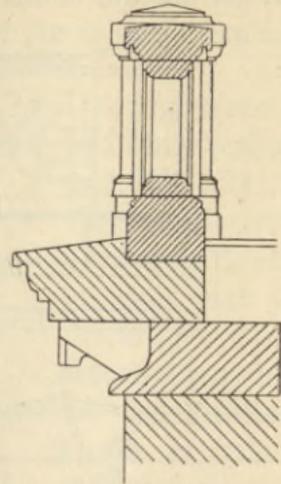


Abb. 339.

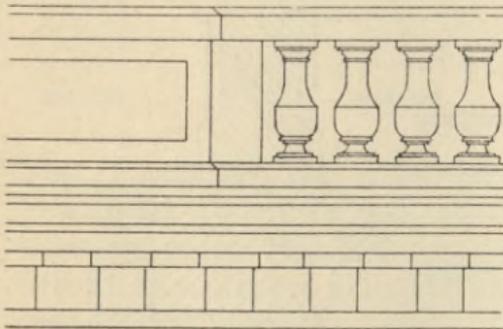


Abb. 340.

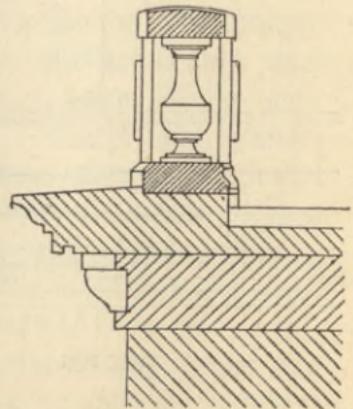


Abb. 341.

Bei längeren Brücken wird man zweckmäßig auch die eisernen Geländer durch eine Anzahl von Steinpfeilern trennen, weil dadurch die Standfestigkeit wesentlich erhöht wird. Damit die Brüstungspfeiler möglichst wenig in die Fußwege vortreten, sind sie auf genügend weit ausfragende Konsolen zu stellen.

Bei den Eisenbahnbrücken dürfen weder die Steinbrüstungen noch die Geländer in die „Umgrenzung des lichten Raumes“ (vgl. § 4) hineinragen.

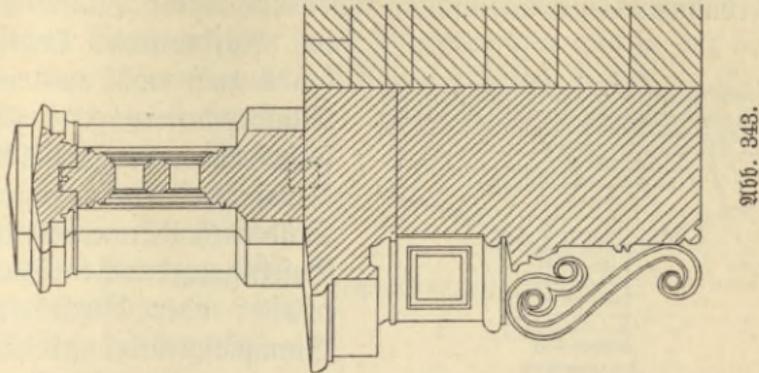


Fig. 343.

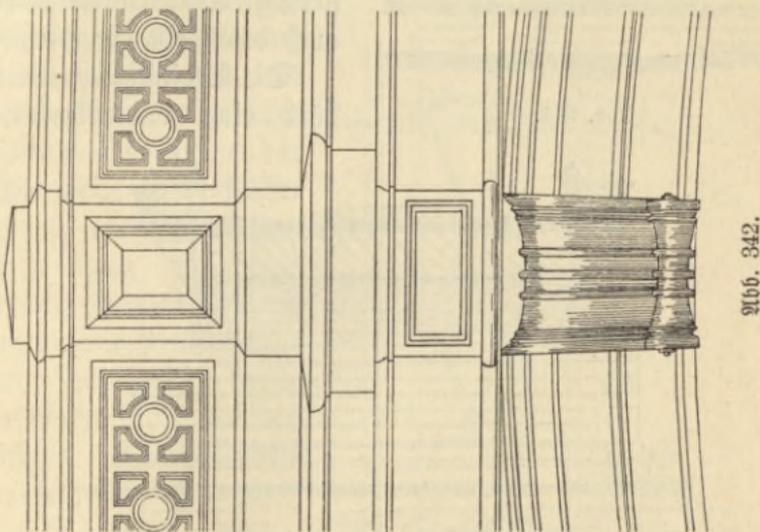


Fig. 342.

4. Brückenbahn.

Über die Breite sowie über das Längen- und Quergefälle der Brückenbahn ist bereits in den §§ 6 und 7 alles Wissenswerte mitgeteilt worden. Es erübrigt noch, die Befestigung der Fahrbahn und Fußwege der Straßenbrücken und die Herstellung des Oberbaues der Eisenbahnbrücken kurz zu besprechen.

Bei massiven Straßenbrücken wird die Fahrbahn in der Regel in gleicher Weise befestigt wie die der angrenzenden Straßenstrecken. Bei Landstraßenbrücken besteht daher die Fahrbahn aus einer Steinschlagbahn oder aus einer Pflasterung,

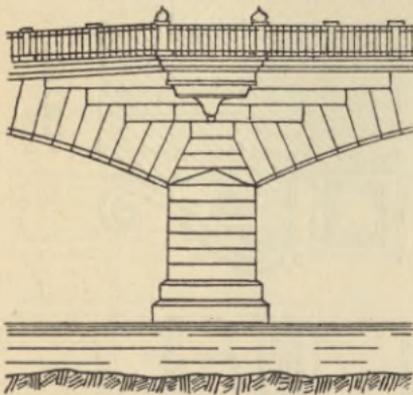


Abb. 344.

im Nordwesten Deutschlands auch wohl aus einer Klinkerpflasterung. Die Fahrbahnen der gewölbten Straßenbrücken größerer Städte erhalten meistens eine Befestigung durch ein Steinpflaster oder durch einen Stampfasphaltbelag, bei stark geneigten Brückenrampen auch durch ein Holzpflaster.

Die Steinschlagbahn erhält eine durchschnittliche

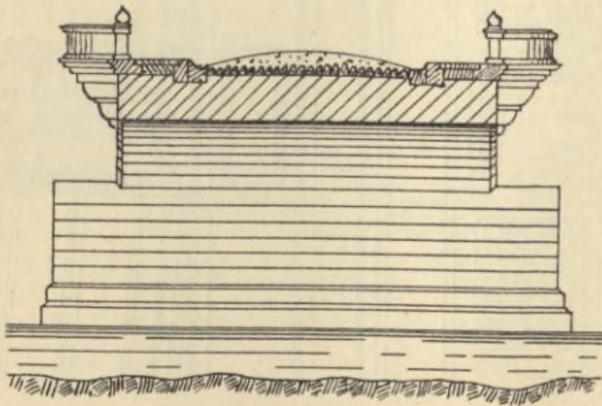


Abb. 345.

Stärke von 20 bis 25 cm; sie wird unmittelbar auf die festgestampfte Überschüttung des Bauwerkes aufgebracht und erlangt mit der Zeit eine so große Dichtigkeit, daß sie kein Wasser hindurchläßt. Bei einer Steinpflasterung werden die meist 16 bis 18 cm hohen Pflastersteine am besten in Querreihen (auch wohl in Diagonalreihen) in ein 15 bis 20 cm

hohes Sandbett verlegt und ihre Fugen mit Sand gefüllt; nur wenn eine vollkommen wasserdichte Decke verlangt wird, ordnet man eine Betonunterbettung an und schließt die Fugen mit Asphalt oder Zementmörtel. Bahnen aus 4 bis 6 cm starkem Stampfasphalt sowie Pflasterungen aus in der Regel 10 oder 13 cm hohen Holzklößen erhalten stets eine Betonunterbettung von etwa 20 bis 25 cm Stärke.

Laißle empfiehlt, auf sehr verkehrsreichen Brücken für den Lastwagenverkehr in der Pflasterung oder Stein Schlagbahn neben den Fußwegen 40 bis 70 cm breite Laufbahnen aus Quadrern oder starken Steinplatten in einer der Spurweite entsprechenden Entfernung und etwas vertieft herzustellen, so daß in der Brückenmitte eine genügend breite Fahrbahnfläche für den leichten Wagenverkehr verbleibt (Abb. 349, Brücke bei Glasgow).

Die Fußwege läßt man in neuerer Zeit nur

bei untergeordneten Landstraßenbrücken fehlen. Landstraßenbrücken mit stärkerem Verkehre sowie alle städtischen Straßenbrücken erhalten erhöhte, auf der Außenseite durch die Gesimsplatten der Stirnmauern und auf der Innenseite durch 15 bis 25 cm breite und im Lichten etwa 15 cm hohe Bordsteine aus Granit, Basaltlava, Grauwacke usw. begrenzte Fußwege von

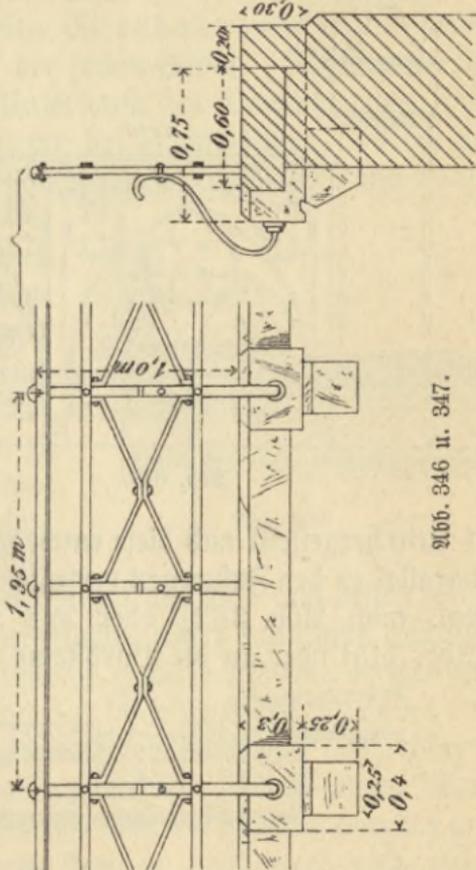


Abb. 346 u. 347.

0,75 m bis 3,0 m (auch mehr) Breite, je nach der Größe des Fußgängerverkehrs. Die Befestigung der Fußwege geschieht entweder durch ein gewöhnliches Schichtenpflaster oder durch ein sog. Mosaikpflaster, auch wohl durch ein Klinkerpflaster oder durch einen Granit-, Sandstein-, Zement- oder Tonplatten-

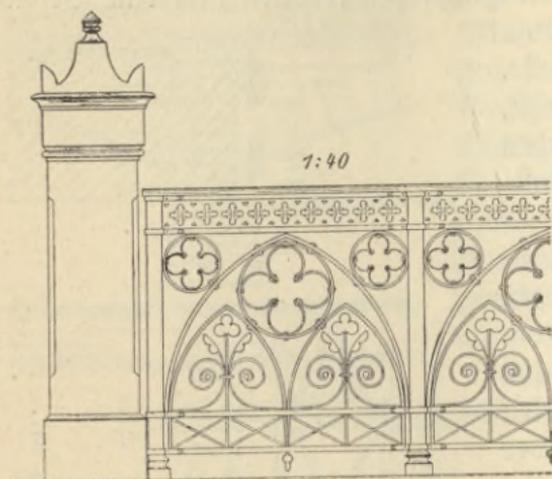


Abb. 348.

Gußasphalt- oder Zementbetonbelag mit einem Gefälle von etwa 1,5 bis 2 ‰ nach den Bordsteinen hin*).

Zwischen Fahrbahn und Bordsteinen wird zur Ableitung des Wassers der Brückenbahn eine Rinne mit einem Längengefälle von mindestens

1:200 hergestellt und diese entweder aus einer oder aus zwei parallel zu den Fußwegen verlegten Pflasterreihen (Abb. 350; vgl. auch Abb. 332) oder aus Haussteinen gebildet (vgl. Abb. 345) oder an die Bordsteine angearbeitet.

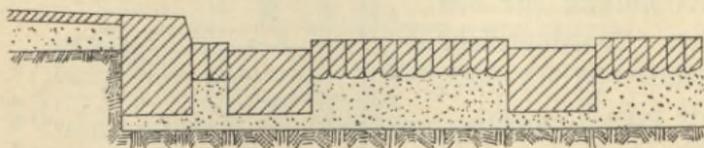


Abb. 349.

Gas- und Wasserleitungsröhren, Telegraphen- und Fernsprechkabel u. dergl. sind zweckmäßig unter den Fußwegen zu verlegen (vergl. Abb. 3 auf Tafel VII). Damit diese Ver-

*) Ausführliches über die Befestigungen der Fahrbahnen und Fußwege findet man in dem, im gleichen Verlage 1904 erschienenen und vom Verfasser dieses Werkes bearbeiteten „Leitfaden des Erd- und Straßenbaues“.

versorgungslleitungen leicht zugänglich sind, empfiehlt es sich, die Fußwege mit Stein- oder Zementplatten zu belegen. Um einen genügend hohen Raum zwischen Fußweg und Gewölbscheitel zur Unterbringung der Versorgungsleitungen zu erhalten, gibt man dem Gewölbe unter den Fußwegen zuweilen eine geringere Stärke; dies ist zulässig, weil das Gewölbe hier schwächer belastet ist als unter der Fahrbahn.

Die Bahn der massiven Eisenbahnbrücken entspricht gewöhnlich dem Oberbau der freien Strecke. Die Stärke der Bettung soll unter der Unterkante der Querschwellen nicht weniger betragen als 20 cm bei Hauptbahnen, 15 cm bei Nebenbahnen, 13 cm bei vollspurigen Lokalbahnen und 10 cm bei Schmalspurbahnen; unter Langschwellen ist sie etwas größer zu wählen (bei Hauptbahnen nicht unter 30 cm). Vielfach wird eine etwa 50 cm hohe Bettung hergestellt. Die Breite der Bettung ist so zu bemessen, daß vor dem Kopf der Querschwellen noch etwa 50 cm Bettung vorhanden ist.

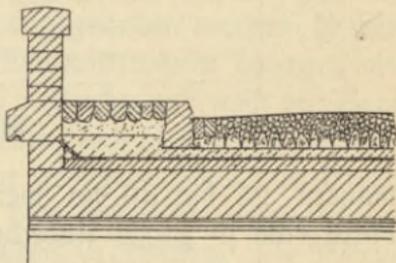


Abb. 350.

Die Bettung wird in der Regel aus Kies (am besten Flußkies) oder aus Schotter hergestellt, jedoch kann man auch genügend feste und frostbeständige Hochofenschlacken verwenden. Zur Ersparung an Kies und zur schnelleren Ableitung des eingesickerten Wassers wird mitunter ein Packlager aus größeren Steinen unter dem Kiesbett angeordnet. In einzelnen Fällen (namentlich auf Talbrücken) hat man die Flächen zwischen und neben den Schwellen mit Steinen gepflastert und dieser Pflasterung ein Quergefälle nach Kinnsteinen gegeben, um möglichst wenig Wasser in die Bettung einsickern zu lassen.

Die Bettung wird beiderseits von den Stirnmauern eingefasst. Besondere (erhöhte) Fußwege werden meistens nur auf größeren Eisenbahnbrücken hergestellt; bei kleineren begnügt man sich gewöhnlich damit, die Deckplatten der Stirn-

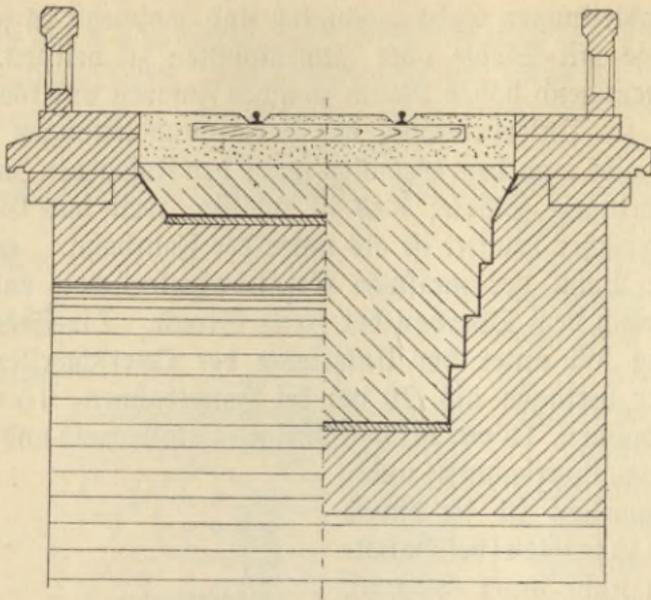


Abb. 351.

mauern 25 bis 30 cm weit auszuladen, und erhält dadurch eine so große Abdeckungsbreite, daß auf der Stirnmauer neben der Brüstung bzw. dem Geländer noch ein schmaler Fußweg verbleibt (Abb. 351).

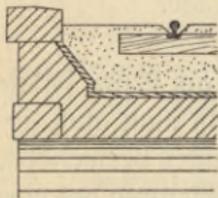


Abb. 352.

Bei kürzeren Eisenbahnbrücken läßt man häufig die Brüstung fehlen und ordnet statt ihrer größere Saumsteine an (Abb. 352, Orleansbahn).

§ 32. Wegeüber- und -unterführungen.

Die erforderliche Lichtweite und Lichthöhe der Über- und Unterführungen haben wir bereits im § 4 angegeben. Über die Ausführung dieser Bauwerke ist noch folgendes zu bemerken.

Soll ein Landweg oder eine Straße über einen Bahneinschnitt geführt werden, so empfiehlt es sich, das Bauwerk möglichst ohne jeden Zwischenpfeiler herzustellen. Schon früher wurde mitgeteilt, daß man bei einer aus festem Felsen

bestehenden Einschnittswand das Gewölbe unmittelbar auf den Felsen aufsetzt (vergl. Abb. 223), während man bei anderen tragfähigen Bodenarten (z. B. bei gut gelagertem Tonboden) zweckmäßig ein sogen. verlorenes Widerlager anordnet, weil man dadurch nicht nur eine namhafte Mauerwerkserparnis erzielt, sondern auch bei hinreichend flachem Gewölbe eine später notwendig werdende Verbreiterung des Einschnittes leicht vornehmen kann (vergl. Abb. 227 u. 228).

Bei Anordnung eines gewöhnlichen Widerlagers (mit senkrechter Vorderfläche und abgetreppter Hinterfläche) empfiehlt sich die Weglassung der Zwischenpfeiler in der Regel nur dann, wenn die Böschungen steil angelegt werden dürfen und ihr Boden so viel Tragfähigkeit besitzt, daß die Stirnflügel, den Böschungen folgend, abgetrepppt gegründet werden können (vergl. Abb. 12). Müssen die Einschnittswände dagegen mit einer flachen Böschung angelegt, vielleicht auch noch mit Banfetten (Bermen) ausgestattet werden, und ergibt sich die Notwendigkeit, die Seitengräben in größerer Tiefe und Breite herzustellen, so ist die Anlage von Nebenöffnungen vorzuziehen, um nicht zu lange Stirnflügel zu erhalten. Die Nebenöffnungen sind des besseren Aussehens wegen symmetrisch anzuordnen und nicht breiter zu wählen als die Hauptöffnung (vergl. Abb. 13).

In den Abb. 1 bis 5 auf Tafel XII ist eine Wegeüberführung mit drei Öffnungen dargestellt, durch deren Mittelöffnung eine zweigleisige Vollbahn führt.

Auch wenn ein Landweg oder eine Straße unter einem Eisenbahndamm hindurchzuführen ist, wird das Bauwerk gewöhnlich ohne jeden Zwischenpfeiler ausgeführt. Auch hier ist die Anordnung eines „verlorenen“ bzw. eines „verkleideten“ oder „blinden Widerlagers“ (siehe § 23) bei genügend tragfähigem Boden zu empfehlen.

Die in Abb. 8 in Ansicht und in Abb. 230 im halben Längenschnitt dargestellte Unterführung der Königstraße zu Hannover ist mit einem „verkleideten“ Widerlager ausgeführt. In den Abb. 6 bis 9 auf Tafel XII bringen wir noch die

Konstruktion einer an der Orleansbahn erbauten Wegeunterführung (nach dem „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ Bd. II Tafel V Abb. 5 bis 7).

Ist außer einem Wege noch ein kleiner, ihn begrenzender Wasserlauf unter dem Bahndamm hindurchzuleiten, so kann man verschiedene Anordnungen treffen; man kann nämlich

1. für Weg und Bach ganz getrennte Bauwerke anlegen;
2. das Bauwerk mit zwei Öffnungen herstellen und durch die eine den Weg, durch die andere den Wasserlauf führen;

3. die Unterführung mit nur einer Öffnung ausführen und neben dem Wege einen offenen Kanal für den Wasserlauf anlegen (Abb. 16 bis 19 auf Tafel XII, Wege- und Bachunterführung der Ensdorfer Kohlenhalde in der Bahn Saarbrücken-Trier; nach Heinzerling, a. a. O. Heft I Tafel I, Abb. 62 bis 65);

4. den Bach unter dem Wege in einem geschlossenen Kanal

(Durchlaß) hindurchführen, wenn der Wasserlauf eine entsprechend tiefe Sohlenlage besitzt oder ihm eine solche gegeben werden kann (Abb. 10 bis 13 auf Tafel XII, Unterführung an der Bahn Hannover-Altenbeken; nach „Handbuch der Baukunde“, Bd. III S. 354, Abb. 513 bis 516);

5. den Wasserlauf durch einen im Widerlagermauerwerk der Wegeunterführung hergestellten Kanal (Durchlaß) hindurchleiten (Abb. 14 u. 15 auf Tafel XII; nach „Handbuch der Baukunde“, Bd. III S. 355, Abb. 522 u. 523).

In Abb. 353 ist ein interessantes Bauwerk der Lemberg-Czernowitzer Eisenbahn im Schnitt dargestellt (nach Rziha, Eisenbahn-Unter- und Oberbau, Bd. II S. 209), durch das ein Weg, darunter ein Mühlengraben und unter diesem ein Bach unter einem Bahndamm hindurchgeführt werden.

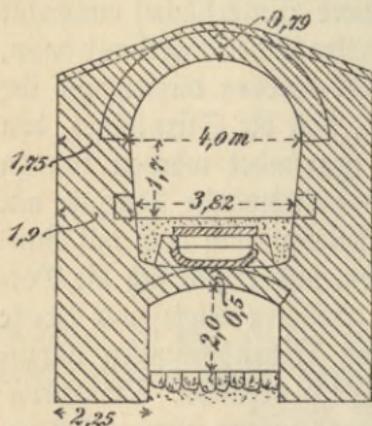


Abb. 353.

§ 33. Talbrücken (Viadukte).

Talbrücken oder Viadukte, d. h. Bauwerke, die eine Straße oder eine Eisenbahn über ein Tal führen, werden an Stelle von Dämmen hergestellt

1. aus ästhetischen Rücksichten;
2. wenn ihre Ausführung geringere Kosten verursacht;
3. wenn man aus der Beschaffenheit der Oberfläche des Auftragsgeländes oder aus dem Ergebnis sorgfältiger Bodenuntersuchungen oder aus in früherer Zeit stattgefundenen Rutschungen mit Sicherheit vorher erkennen kann, daß die bei Herstellung eines hohen Dammes zu erwartenden Gefahren sehr groß und die zur Verhütung einer Dammrutschung zu treffenden Maßregeln sehr kostspielig oder sehr schwierig auszuführen sind;
4. wenn zur Dammbildung geeignete Bodenmassen nicht in genügender Menge vorhanden sind und deren Beschaffung schwierig oder zu kostspielig ist.

Eine Talbrücke stellt sich bei mittleren Grunderwerbpreisen und mittleren Einheitspreisen der Dammschüttung in der Regel billiger als ein Damm bei einer Höhe des Verkehrsweges von etwa 18 bis 20 m über der Talsohle. Durchströmt das Tal ein Gebirgsbach oder ein Fluß, wäre also unter dem Damm ein größerer Durchlaß oder eine Brücke notwendig, so wird durch die Wahl einer Talbrücke meistens schon bei einer geringeren Höhe des Bauwerkes eine Kostenersparnis erzielt.

Die Talbrücken werden in ähnlicher Weise konstruiert wie die Strombrücken und gewöhnlich ganz aus lagerhaftem Bruchsteinmauerwerk aufgeführt (vergl. § 22 u. 26); nur bei Stadtbahnviadukten kommen auch andere Baustoffe (häufig Ziegel) zur Verwendung.

Man stellt die Talbrücken meistens mit Halbkreisgewölben, seltener mit überhöhten elliptischen oder Korbbogengewölben und sehr selten mit Segmentbogengewölben her.

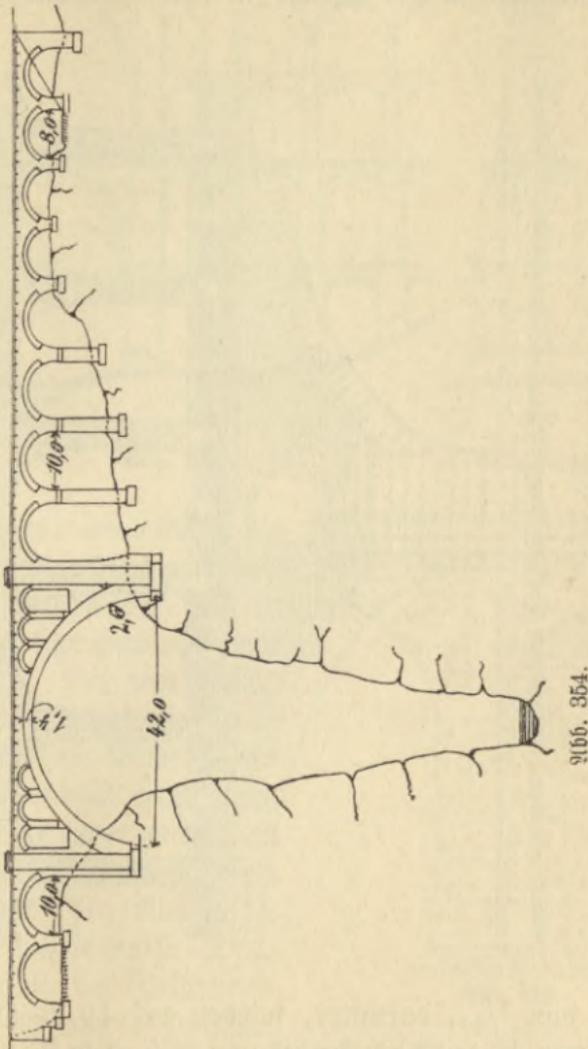
Besitzt das zu überschreitende Tal eine flache Sohle und mäßig steile Lehnen sowie einen trocknen und festen Boden,

so gibt man zweckmäßig allen Gewölben die gleiche Spannweite (vergl. Abb. 9, Pompadourviadukt der Orleansbahn, und Abb. 7 bis 9 auf Tafel VIII, Landwasserviadukt der Albulabahn), anderenfalls werden besser einzelne, durch stärkere Pfeiler (Gruppenpfeiler, siehe § 22) voneinander getrennte Gruppen aus gleichweit gespannten Gewölben gebildet und die Gewölbe der mittleren Gruppe mit einer größeren Spannweite hergestellt als die der Seitengruppen (vgl. Abb. 10, Reißeviadukt bei Görlitz), oder es wird, namentlich bei schmaler Talsohle und steilen Tallehnen, oder wenn ein größerer Wasserlauf das Tal durchströmt, eine große, manchmal mit einem Segmentbogen überdeckte Mittelöffnung angeordnet (Abb. 354, Solisbrücke der Albulabahn).

Über die günstigste Spannweite der Gewölbe vgl. § 5; die dort mitgeteilte Formel von Winkler wurde auch bei Talbrücken mit Halbkreisgewölben zur Ermittlung der Spannweite der letzteren mehrfach benutzt.

Sehr hohe Talbrücken wurden früher häufig in zwei bis vier Stockwerken von gleicher oder nach oben hin etwas niedrigerer Höhe hergestellt, indem man entweder zwei oder drei vollständige Brücken mit gleicher oder verschiedener Pfeilerzahl übereinander aufführte (Abb. 355, Point du jour-Brücke der Pariser Gürtelbahn), oder die durchgehenden hohen Pfeiler der Talbrücke zur Erhöhung ihrer Standfestigkeit durch ein bis drei Zwischengewölbe (Spannbögen) miteinander verband und über diesen in den Pfeilern Durchgänge anlegte, wenn die Zwischengewölbe zur Überführung eines Fuß- oder Fahrweges benutzt werden sollten (Abb. 356 u. 357, Göltzschtalviadukt der sächsischen Staatseisenbahn, vierstöckig, 577 m lang, größte Bauhöhe 80,4 m). In neuerer Zeit werden aber solche Stockwerksbrücken (Stagenbrücken) nicht mehr gebaut, obwohl die einzelnen Teile des Bauwerkes durch die Anordnung von Zwischengewölben leichter zugänglich werden. Man zieht es jetzt vor, die Standicherheit der Pfeiler durch stärkere Abmessungen zu erreichen, weil die Spannbögen in Anlage und Unterhaltung teuer sind und den Winddruck auf das Bauwerk steigern.

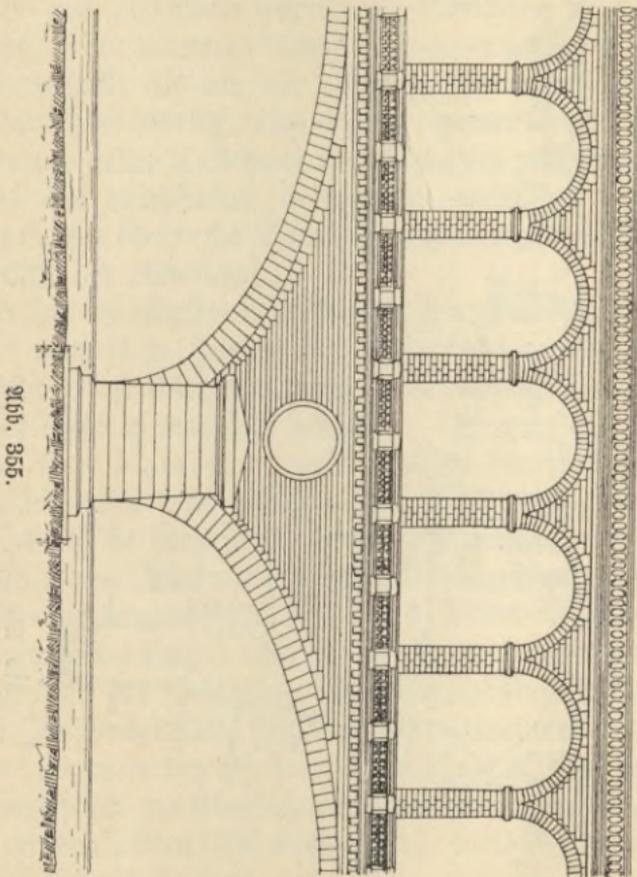
Sehr häufig werden bei Talbrücken mit Bogenzwickeln von größerer Höhe die im § 29 näher beschriebenen Hohlräume (Spandillräume) angeordnet, oder die Stirnmauer wird



nur mit fogen. Brückenaugen durchbrochen (vergl. Abb. 313 bis 318, auch Abb. 354 u. 359).

Die Pfeiler hoher Talbrücken hat man hier und da mit konkaven Seitenflächen (vgl. Abb. 359) oder auch mit einem

verschiedenen, nach unten stärker werdenden Anzug hergestellt. Bei den massiven Talbrücken der jüngst vollendeten Albulabahn von Thusis nach St. Moritz im Engadin erhielten die Stirn- und Seitenflächen der Pfeiler in den obersten 10 m einen



Anzug von $\frac{1}{40}$, darunter, wieder auf 10 m Höhe, einen Anzug von $\frac{1}{30}$ und von da bis zum Fuß einen Anzug von $\frac{1}{20}$.

Hohe Pfeiler werden entweder massiv oder mit überwölbten Durchbrechungen (Abb. 358, Viadukt der Südwaleisenbahn mit elliptischen Gewölben) oder auch mit schornsteinähnlichen Hohlräumen erbaut, die mit Gewölben überdeckt, oft auch noch

in mäßigen Höhenabständen von wagrechten Mauer-
schichten durchsetzt werden (Abb. 359 u. 360, Viadukt von Malaunah).

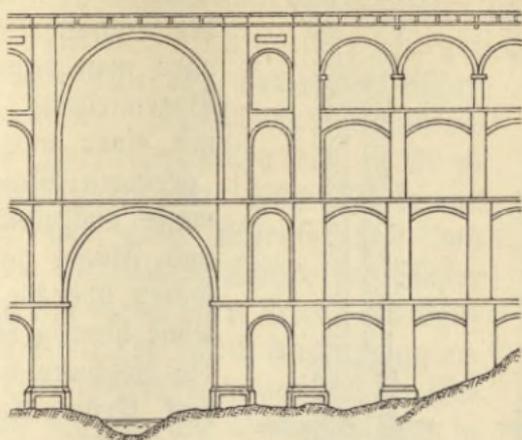


Abb. 356.

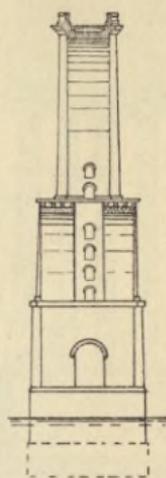


Abb. 357.

Die Pfeiler, namentlich die stärkeren Gruppenpfeiler, erhalten vielfach Nischen (vgl. Abb. 9) oder halbachteckige Vorbauten mit einem Aufsatz. Bei dem Reißviadukt zu Görlitz sind die Gruppenpfeiler bis zum Kämpfer mit einem im Grundriß rechteckigen Vorbau und darüber mit einem im Grundriß halbachteckigen Aufsatz versehen worden (Abb. 361).

Die obere Stärke der Gruppenpfeiler schwankt bei Talbrücken mit Halbkreisgewölben zwischen

$\frac{1}{6} l$ und $\frac{1}{3} l$ und beträgt im Mittel $\frac{1}{5} l$. Eine von Perronet aufgestellte Formel zur Berechnung dieser Stärke haben wir bereits im § 22 mitgeteilt. Bei den älteren Teilen der Berliner Stadtbahn beträgt die Kämpferstärke der Gruppenpfeiler $\frac{1}{5} l$ bis $\frac{1}{4} l$.

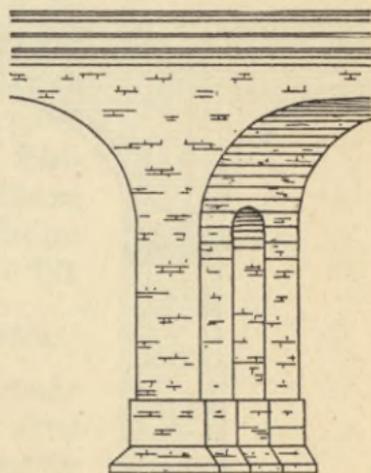


Abb. 358.

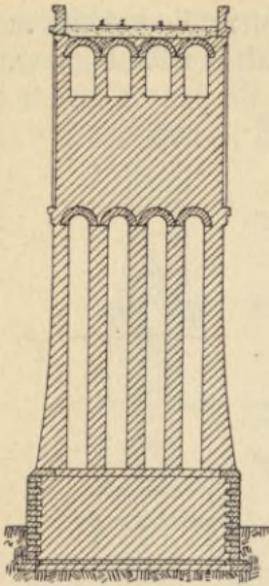


Abb. 359.

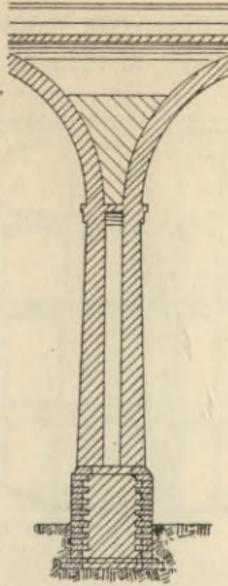


Abb. 360.

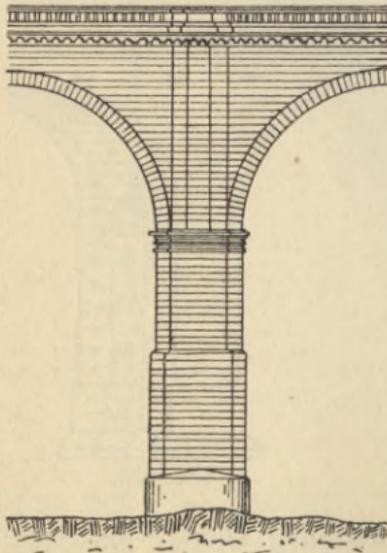


Abb. 361.

Das Endwiderlager ordnet man entweder am Fuße der Talböschung an oder man setzt die Bogenstellung, um mit einer möglichst geringen Mauer-
masse auszukommen und Flügel zu ersparen, über die Tal-
lehne hinweg bis in die Böschung hinein fort. Erstere Anord-
nung sollte man nur bei niedrigen Tal-
brücken treffen, weil

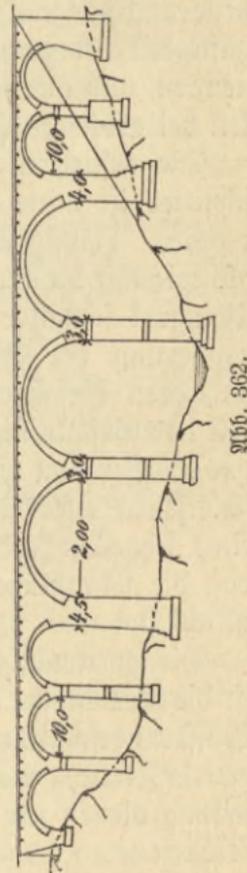
sie bei hohen Brücken zu lange und zu hohe Parallelfügel ergibt.

Parallelfügel von größerer Länge und Höhe werden zweckmäßig mit möglichst tiefen, von Kreis- oder Segment-

bogen überdeckten Nischen hergestellt, weil dadurch ein besseres Aussehen und eine namhafte Materialersparnis erzielt wird. Die Fundamente der Flügel bzw. Pfeiler werden bei tragfähigem Boden der Talböschung treppenförmig abgesetzt, bei ganz oder zum Teil aufgeschüttetem

Boden jedoch bis zum gewachsenen Boden hinabgeführt (Abb. 362, Abulaviadukt). In den Abb. 7 bis 9 auf

Tafel VIII bringen wir noch eine nach Skizzen und Photographien der „Deutschen Bauzeitung“ (1903, Nr. 75 u. 77) angefertigte Zeichnung der bedeutendsten Talbrücke der Albulabahn, nämlich des 65 m über der Talsohle hohen Landwasserviaduktes unterhalb Filisur. Diese in Bruchsteinmauerwerk ausgeführte Talbrücke besitzt 6 Halbkreisgewölbe von je 20 m Spannweite mit einer Scheitelstärke von 0,9 m und einer Kämpferstärke von 1,35 m. Die obere Stärke der Pfeiler beträgt 3,5 m, die obere Breite des Bauwerkes 3,6 m, die durch Auskrägung erzielte Brückenbahnbreite zwischen den Geländern 4,0 m. Die Talbrücke liegt in einer Krümmung von nur 100 m Halbmesser und verschwindet mit dem einen Ende in einem Tunnel. Die Pfeiler besitzen zur Erhöhung ihrer Standfestigkeit nach der Außenseite des Bogens einen stärkeren Anlauf, als oben angegeben wurde. Die Brückenbahn hat eine Steigung von 1:50. Die Kosten dieses kühnen, innerhalb zweier Jahre fertiggestellten Bauwerkes beliefen sich auf 208 000 Mk.



§ 34. Wasserleitungs- und Kanalbrücken.

Wasserleitungsbrücken (Aquadukte) dienen zur Überführung von Wasser über eine im Einschnitt liegende Straße oder Eisenbahn, über ein Tal oder einen Fluß zum Zwecke einer Wasserleitung mit natürlichem Druck, zur Bewässerung von Ländereien oder zum Betriebe industrieller Anlagen (z. B. Mühlen). Zu den Aquadukten rechnet man auch solche Bauwerke, die über einen Bahneinschnitt einen nicht schiffbaren Wasserlauf (z. B. einen Wildbach) führen, dessen Unterleitung mittels eines Dückers

wegen der Menge des mitgeführten Schlammes und Gerölles oder wegen zu großer Tiefe des Einschnittes untunlich ist.

Als Vorzüge der Wasserleitungsbrücken gegenüber den in der Erde verlegten Druckleitungen sind besonders die leichte Zugänglichkeit und die demgemäß jederzeit und an jeder beliebigen Stelle bequem vorzunehmende Reinigung und Ausbesserung der wasserführenden Rinne sowie die große Dauerhaftigkeit bei zweckmäßiger und sorgfältiger Ausführung zu nennen, und als Nachteil ist hauptsächlich nur die Kostspieligkeit bei größerer Höhe des Bauwerkes anzuführen.

Die erforderliche Größe des Rinnen- bzw. Röhrenquerschnittes ist mittels der im § 2 angeführten Formeln zu berechnen. Häufig wählt man einen kleineren Wasserquerschnitt, als wie ihn die angrenzenden Leitungstrecken besitzen, um das Bauwerk schmaler herstellen zu können und durch eine Vergrößerung der Wassergeschwindigkeit die durch Frost entstehenden Gefahren zu verringern. Bei offenen Leitungen soll das Gefälle nicht weniger als 1 : 10 000 betragen, damit das Wasser von guter Beschaffenheit bleibt, während bei geschlossenen eisernen Leitungen das Gefälle zur Vermeidung einer schnellen Inkrustation bzw. Drydation so zu bemessen ist, daß die sekundliche Geschwindigkeit des Wassers nicht kleiner ist als 0,4 m.

Die zweckmäßigste Querschnittsform für die Wasserleitung ist die Kreisfläche wegen des günstigen Verhältnisses zwischen Wasserquerschnitt und benutztem Umfange (Abb. 363, Aquadukt von la Frette). Bei dem Banne-Aquädukt der Pariser Wasserleitung dienen zur Überführung des Wassers zwei gußeiserne Röhren von 1,15 m Innendurchmesser, die über den Gewölben des talbrückenartigen Unterbaues auf starken Betonplatten ruhen. Auch eine hufeisenförmige Gestaltung des Wasserleitungsquerschnittes erscheint empfehlenswert, weil sich auch bei diesem Querschnitt die Beanspruchung des angrenzenden Materials günstig gestaltet (Wasserleitung für Glasgow).

Bei größeren Wasserleitungsbrücken mit rechteckiger oder trapezförmiger, an der Sohle muldenförmig abgerundeter

Rinne läßt man die Leitung in der Regel offen, während man sie bei kleineren Bauwerken entweder nur mit einem Bohlenbelage oder mit eisernen Trägern und dazwischengespannten Pappengewölben oder mit einem auf den Stirnmauern ruhenden und daher auf diese einen Seitenschub ausübenden Gewölbe überdeckt (Abb. 364, Wiener Franz-Joseph-Hochquellenwasserleitung), das mitunter, um das Wasser möglichst vor Erwärmung zu schützen, noch mit Erde überschüttet wird (Abb. 364, Aquädukt von Sing-Sing-Kill der Newyorker Wasserleitung).

Bei offener Leitung wird gewöhnlich zu beiden Seiten der Wasserrinne ein mindestens 60 cm breiter, oft von Geländern eingefasster Fußweg etwa 50 cm über dem Wasserspiegel angeordnet.

Die Ausführung des Unterbaues (der Pfeiler, Widerlager und Gewölbe) der

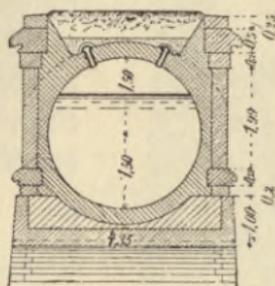


Abb. 363.

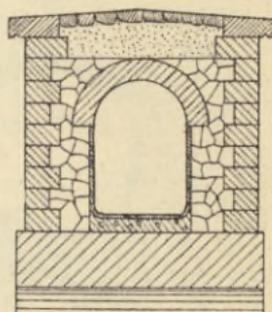


Abb. 364.

Wasserleitungsbrücken erfolgt in ähnlicher Weise wie bei den Talbrücken. Die Abdichtung der Wasserrinne geschieht mit einem der bei einem Kanalbett auf Brücken angewandten, weiter unten besprochenen Mittel, oder es wird eine vom Brückenmauerwerk durch Pappinlagen vollständig getrennte Betonrinne hergestellt oder ein gußeiserner, übermauerter Trog als Rinne benutzt (vergl. Abb. 365).

Den Querschnitt einer an der Brennerbahn zur Ausführung gekommenen Bachüberführung zeigt Abb. 366.

Kanalbrücken überführen Schiffahrtskanäle über Geländeeinschnitte usw. und unterscheiden sich in ihrer Konstruktion von Tal- und anderen Brücken hauptsächlich nur durch die Anordnung eines wasserdichten Kanalbettes an Stelle der Fahrbahn.

Die Gewölbe der Kanalbrücken sind aus wetterbeständigem, gleichmäßig gutem und gleichartigem Steinmaterial (bei Ziegel- und Bruchsteingewölben am besten also ohne Quaderverblendung) und mit bestem hydraulischen Mörtel in sorgfältigster Weise herzustellen, und es sind bei ihrer Ausführung die in § 26, 7 näher beschriebenen Vorsichtsmaßregeln zu treffen, durch die man die Entstehung offener Fugen am Rämpfer bzw. in seiner Nähe verhüten kann. Damit sich das Gewölbe bei Zunahme bzw. Abnahme der Luftwärme im

Scheitel möglichst wenig hebt bzw. senkt, hat man als Bogenform den Halbkreisbogen oder, wenn ein gedrückter Bogen angewendet werden muß, den elliptischen Bogen oder den Korbbogen zu wählen.

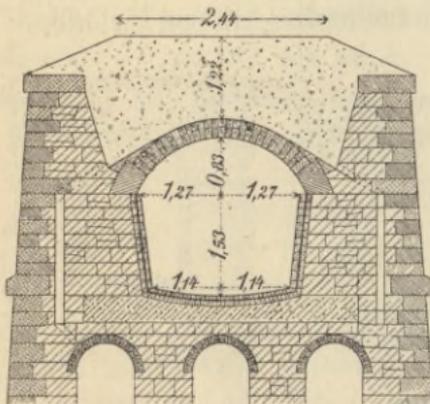


Abb. 365.

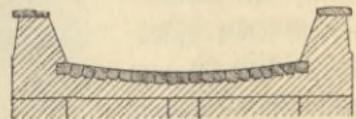


Abb. 366.

Es empfiehlt sich, den Gewölben keine zu große Spannweite zu geben, weil mit dieser die Weite der sich öffnenden Fugen wächst.

Die Gewölbezwickel sind mit Mauerwerk oder mit Beton auszufüllen und nach beendetem Setzen des ausgerüsteten Gewölbes bei wagrecht anzunehmender Kanalsole wagrecht, bei im Gefälle herzustellender Kanalsole aber in dieser Neigung abzugleichen.

Die Stirnmauern haben den Seitendruck des Kanalwassers auszuhalten und den Leinpfad aufzunehmen. Man stellt sie mit senkrechter, geneigter oder gekrümmter Innenwand und entweder ganz aus hartgebrannten Backsteinen oder aus Quadern oder aus Bruchsteinen her, oder man fertigt sie nur an den Außen- und Innenflächen aus Quadern

und im Innern aus Ziegeln oder Bruchsteinen oder auch nur an den Außenflächen aus Quadern, an den Innenflächen aus Ziegeln und im Innern aus Beton usw. (vergl. Abb. 369).

Die obere Stärke der Stirnmauern richtet sich nach der Breite des Leinpfades, die bei Verwendung von Pferden zum Ziehen der Schiffe nicht kleiner als etwa 2,0 m zur Verhütung von Unglücksfällen gewählt werden sollte, bei neueren Kanalbrücken aber in der Regel 2,5 bis 3,0 m (bei den Brücken des Dortmund-Ems-Kanals z. B. 2,8 m) beträgt.

Um an Stirnmauerwerk zu sparen und das Brückengewölbe zu entlasten, hat man bei breiten Leinpfaden die Stirnmauern mit weit ausladenden Hauptgesimsen versehen (vgl. Abb. 369) und dadurch die Breite der Kanalbrücke um durchschnittlich 1,0 m ermäßigt, oder man hat auf der Außenseite des Stirnmauerwerkes überwölbte Nischen hergestellt (vgl. Abb. 1 auf Tafel XIII) oder im Mauerwerk tiefere Hohlräume angeordnet und diese z. B. für einen Fußweg benutzt (Abb. 367 und 368, Kanalbrücke über den Orb, nach dem „Handbuch

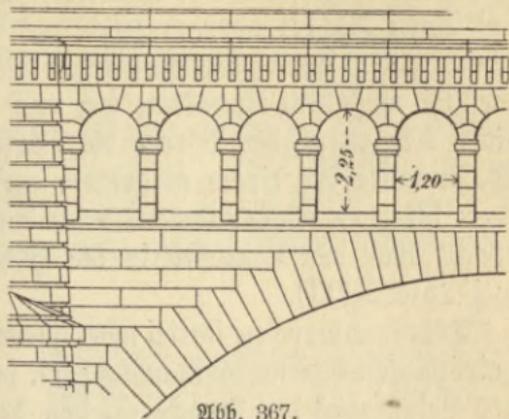


Abb. 367.

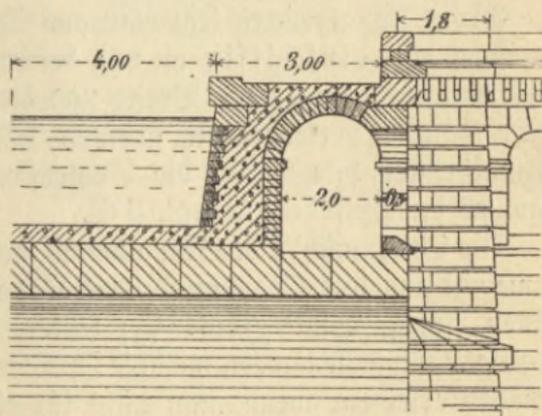


Abb. 368.

der Ingenieurwissenschaften“, Bd. II, Tafel XXVI) oder den Leinpfad auf besondere Gewölbe gesetzt usw.

Der Leinpfad erhält einen Plattenbelag oder eine von Quadern eingefasste Steinpflasterung (vergl. Abb. 7 und 9 auf Tafel XIII), oder er wird aus Stampfbeton hergestellt (Abb. 368). Man gibt ihm für den Wasserablauf ein schwaches Gefälle nach dem Kanalbett hin und versteht zur Verhütung eines Abgleitens der Pferde die Platten oder Quader an der Wasserkante mit einem niedrigen, meist wulstförmigen Rand oder läßt den abgerundeten Holm der hölzernen Schutzwand etwas über den Leinpfad in die Höhe ragen (vergl. Abb. 9 auf Tafel XIII).

Die Kanalbrücken stattet man zweckmäßig mit schrägen oder gekrümmten Stirnflügeln aus wegen des bequemen Anschlusses des Leinpfades der Brücke an den der angrenzenden Kanalstrecke (Abb. 3 auf Tafel XIII).

Große Kanalbrücken legt man aus Sparsamkeitsrücksichten meistens nur einschiffig an und bestimmt die Abmessungen des Kanalbettes nach der Breite und dem Tiefgange des auf dem Kanale verkehrenden größten Schiffes. Bei kleinen Kanalbrücken pflegt man die Sohlenbreite des Schiffahrtskanales durchzuführen (vergl. § 6).

Die Seitenwände des Kanalbettes werden innen entweder senkrecht angelegt (Dortmund-Ems-Kanal), oder sie erhalten einen Anzug von $\frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{10}$; letztere Anordnung ist aber weniger empfehlenswert, weil die schrägen Flächen leicht Frostschaden erleiden, wenn man nicht für eine schnelle und vollständige Beseitigung der sich bildenden Eisdecke Sorge trägt (Abb. 369, Kanalbrücke über die Garonne bei Agen). Seitenwände und Sohle des Kanalbettes sind wasserdicht herzustellen, um ein Durchsickern des Wassers und somit eine Durchnässung des Brückenmauerwerkes und eine Erweiterung der in ihm entstandenen Risse durch gefrierendes Wasser zu verhüten. Ein Zementputz allein gibt selbst bei größerer Stärke keine ganz sichere Abdichtung, weil er durch die Wärmeänderungen leicht Haarrisse bekommt, in die das Wasser ein-

dringt. Besser ist ein Tonschlag (Ton und Sand), sofern er vor Austrocknung und Frost geschützt ist, anderenfalls wird auch er rissig; man darf ihn daher nicht verwenden, wenn das Kanalbett zeitweilig entleert werden muß. Eine Dichtung der Sohle und Seitenwände mit einer etwa 25 cm starken Asphalt-schicht (z. B. aus einer Mischung von Asphalt, Goudron und Kautschuk) ist zu empfehlen, weil die elastische Asphalt-masse den Bewegungen des Mauerwerkes zu folgen vermag und daher nicht so leicht rissig wird. Recht wirksam ist auch eine Bekleidung mit Asphaltplatten (vergl. § 29), wenn sie mit größter Sorgfalt hergestellt wird. Beide, Asphaltüber-

zug und Platten-abdeckung, sind gegen den Stoß der Schiffe zu schützen, z. B. durch eine Übermauerung mit Klinkern in Asphaltmörtel, die jedoch, namentlich bei einer Abdichtung mit Asphalt-platten, sehr vor-sichtig auszuführen

ist, damit die Platten nicht beschädigt werden. Eine Übermauerung besitzt den Nachteil, daß Undichtigkeiten der Asphaltplatten bzw. des Asphaltüberzuges schwer aufzu-finden sind.

Die wirksamste, freilich auch teuerste Abdichtung besteht in einer Bekleidung der Sohle und Seitenwände mit sorgfältig zusammengelöteten Bleiplatten. Diese Platten werden entweder in Zementmörtel eingebettet, wobei man das Blei vom Zement durch eine Zwischenschicht (z. B. Dachpappe) zu trennen hat (vergl. § 29), oder es wird auf die Bleiplatten eine Asphalt-schicht aufgebracht und diese durch eine Klinkerschicht in Asphaltmörtel geschützt.

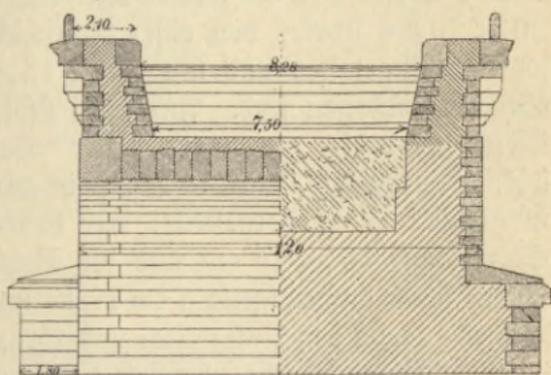


Abb. 369.

Bei der auf Tafel XIII dargestellten Kanalbrücke des Dortmund-Ems-Kanals über die Ems sind Sohle und Seitenwände des Kanalbettes mit einem 1,5 cm starken Zementputz versehen, und dieser ist mit Dachpappe bekleidet, die mit 3 mm starken Bleiplatten bedeckt ist, welche in einer Höhe von 20 cm über dem höchsten Wasserstande 30 cm tief in das Stirnmauerwerk hineinreichen und auf der Sohle durch eine halbsteinstarke Kollschicht auf 6 cm starker Sandbettung sowie an den Seitenwänden durch eine Bohlenwand gegen Beschädigungen durch die Stöße der Schiffe geschützt werden. Diese Schutzwand besteht in ihrem unteren, 2,30 m hohen Teile aus 15×15 cm starken Kiefernholzpfosten, die in eine 20×20 cm starke, von einer Kollschicht gehaltene Grundschwelle eingelassen und mit einem 15×15 cm starken Holme oben abgeschlossen sind. Auf diese Pfosten sind 7 cm starke Kiefernholzbohlen genagelt. Der obere, Beschädigungen leichter ausgesetzte Teil der Wand ist ganz aus Pitchpineholz in gleicher Weise hergestellt, nur besitzen die Pfosten eine Stärke von 15×20 cm und die Bohlen eine Stärke von 10 cm sowie aufgenagelte 5 cm breite und 3 mm starke Eisenbänder. Holm des Unterteiles und Grundschwelle des Obertheiles sind mittels Schraubenbolzen verbunden und die Pfosten des Obertheiles mit dem Mauerwerke verankert (Abb. 9 auf Tafel XIII).

In gleicher Weise sind auch die Flügelmauern gedichtet (Abb. 10 auf Tafel XIII). Hier ruht die Grundschwelle der Schutzwand auf Konsolsteinen, über welche die Bleiplatten hinweggehen. Die Platten reichen bis 1,10 m unter Kanalsohle. Letztere ist durch eine 70 cm hohe Tonschicht gedichtet, über der sich eine 20 cm hohe Steinpflasterung auf 20 cm starker Sandbettung befindet.

Einschiffige Kanalbrücken sind hinter ihren Widerlagern in die volle Kanalbreite überzuführen, und der Anschluß ist in sorgfältigster Weise herzustellen, damit sich keine Wasseradern bilden können. Meistens verbindet man das Brückenmauerwerk mit dem Erdbett des Kanales durch einen unten

und seitlich in das Mauerwerk eingreifenden, etwa 1,0 m starken, oft auch entsprechend profilierten Tonschlag (Abb. 2 auf Tafel XIII). Die Sohle des Kanalbettes der Brücke wird gewöhnlich wagrecht angelegt; nur wenn Flöße auf dem Kanal verkehren, wählt man die Wassergeschwindigkeit gleich der in den angrenzenden Kanalstrecken und berechnet hiernach das Gefälle der Kanalsohle auf der Brücke.

Zur Entleerung des Kanalbettes der Brücke behufs Vor- nahme von Aus- besserungen werden Grundablässe ange- ordnet und an den Brückenden Falze für die Dammbalken, auch wohl Stemm- tore zur Abhaltung

des Kanalwassers von der Brücke, hergestellt (Abb. 370 u. 371, Grundablaß am Steverbrückenkanal, Dortmund-Gms-Kanal).

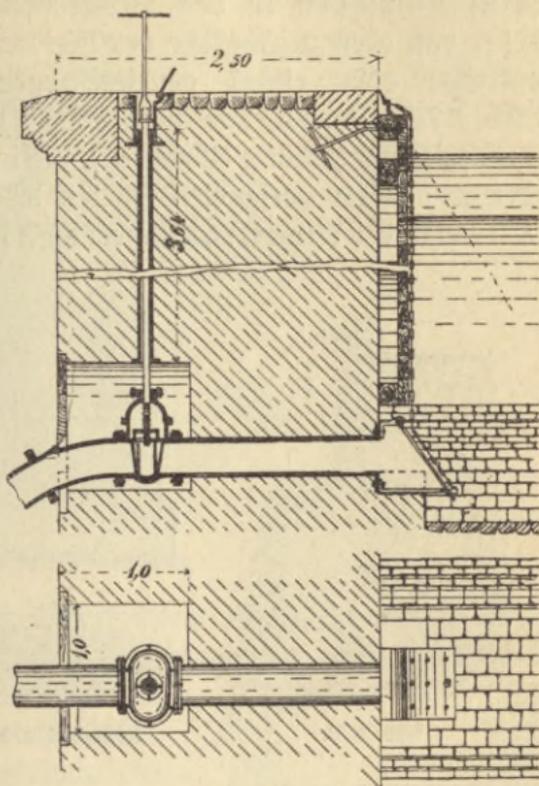


Abb. 370 u. 371.

§ 35. Verschiedenes.

(Minenkammern; Hochbauten in Verbindung mit Brücken; Brückenportale usw.)

Bei größeren, an der Landesgrenze oder bei Festungen gelegenen Brücken (namentlich Eisenbahnbrücken) werden seitens der Militärbehörden Vorrichtungen verlangt, durch

die wenigstens eine teilweise Zerstörung der Brücke im Kriegsfall leicht bewirkt werden kann.

In der Regel schreibt die Militärbehörde die Anlage von Minenkammern in den Brückenpfeilern vor, d. h. entweder von oben zugängliche und hier wasserdicht verschlossene, senkrechte oder etwas geneigte bohrlochförmige Röhren (Abb. 372, Donaubrücke in Budapest) oder an der Seite zugängliche Hohlräume (Galerien), die in der Nähe des Fußes oder an anderen geeigneten Stellen des Pfeilers angeordnet werden (Abb. 373 bis 375, Ruhrviadukt der Rheinischen Eisen-

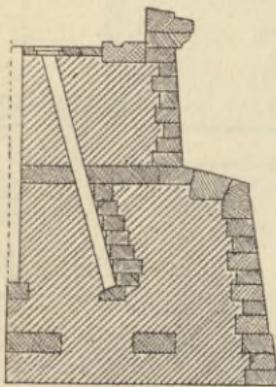


Abb. 372.

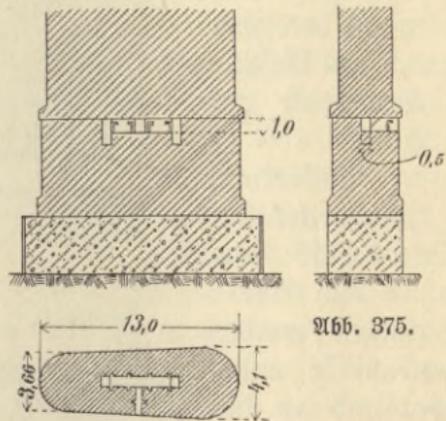


Abb. 375.

Abb. 373 u. 374.

bahn bei Herdecke, Galerie mit Dammsalzen zur Einlegung von Balken behufs Verstärkung der Sprengwirkung; als Ergänzung ein kleines Pulvermagazin in einem der Böschungsecken). Hier und da hat man an oder auf der Brücke Wachthäuser oder im mittleren Teile der Brückenwiderlager genügend große Hohlräume für die Soldaten hergestellt, denen die Vorbereitung und Ausführung der Sprengung und die Verteidigung der Brücke befohlen ist.

Bei Festungsbrücken werden häufig zum Zwecke der Brückenverteidigung starke eiserne, den Verkehrsweg sperrende Tore zwischen seitlich aufgeführten Wachthäusern angeordnet, oder es wird ein sogen. Brückenkopf, d. h. ein Festungs-

werk oder eine Verschanzung vor der Brücke, und zwar entweder nur an dem einen Ufer oder auch an beiden Ufern zum Schutze und zur Deckung des Brückenzuganges hergestellt.

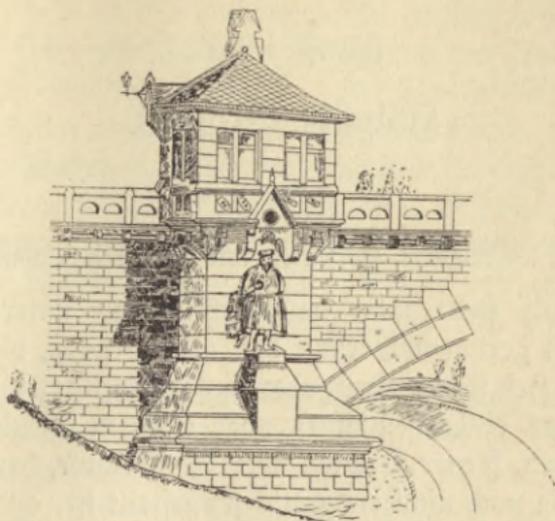


Abb. 376.

Straßen- und Eisenbahnbrücken erhalten vielfach an einem Ende oder an beiden Enden Gebäude mit nur einem Dienstraum oder auch mit einer vollständigen Wohnung für den Brückengeldeinnehmer bzw. Brückenwärter (Abb. 376).

Bei größeren Stadtbrücken pflegt man auf beiden Seiten und an beiden Enden höhere Steinpfeiler (Pylonen, Obelisken, Sockel für Kandelaber oder Bildsäulen usw.) anzuordnen oder einen architektonischen Abschluß durch Türme herzustellen, in denen man dann zweckmäßig die Diensträume für die genannten Beamten unterbringt. Mitunter werden diese Türme auch durch kräftige Bogen zu einem Portal vereinigt (Abb. 377).

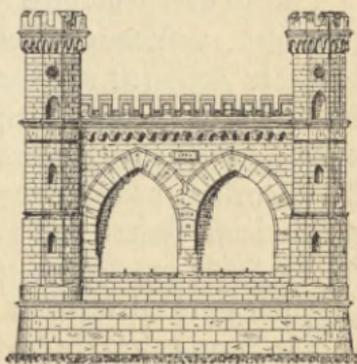


Abb. 377.

Fünfter Teil.

Hölzerne Brücken.

§ 36. Geeignete Holzarten und ihre Eigenschaften.

Aus Holz stellt man hauptsächlich nur untergeordnete Brücken mit geringem Verkehr her, auch Brücken, die in möglichst kurzer Zeit fertiggestellt oder nur zeitweilig (z. B. während des Umbaues einer gewölbten oder eisernen Brücke) benutzt werden sollen, ferner Brücken über Wasserläufe, deren Regulierungslinie noch nicht endgültig festgestellt ist, auch kleinere bewegliche Brücken (siehe Teil VII) und endlich Brücken bei Festungen, wenn eine möglichst schnelle Beseitigung der ganzen Brücke, ohne das zu ihrem Bau benutzte Material durch den Abbruch zu entwerthen, gefordert wird.

Das zu Brückenkonstruktionen bestimmte Holz muß gerade gewachsen, vollkommen gesund und fehlerfrei sowie von genügender Festigkeit und Dauerhaftigkeit sein; es darf namentlich weder Rot- noch Weißfäule, weder Brand noch Krebs, weder Hauschwamm noch Wurmfraß, weder starke Kern- und Strahlenrisse, noch Wind- und Gisklüfte usw. besitzen, auch dürfen seine Fasern nicht in schraubenförmigen Windungen um die Achse des Stammes verlaufen, weil „drehwüchsiges“ Holz sich stark wirft, leicht reißt und keine große Festigkeit hat.

Die Dauerhaftigkeit des Holzes ist vom Gefüge und dem Saftgehalte, vom spezifischen Gewichte und vom Standorte des Baumes, von der Fällzeit und vom Orte der Verwendung abhängig. Im nassen oder gleichmäßig feuchten Sand-, Lehm- und Tonboden hält sich Holz sehr lange, im trocknen Sandboden dagegen nur kürzere Zeit. Im Kalk-

boden, dessen Feuchtigkeitsgrad häufig wechselt und dessen Kalkbestandteil zerstörend auf die Holzfaser einwirkt, sowie in abwechselnder Nässe und Feuchtigkeit (z. B. der Ebbe und Flut ausgesetzt) geht es sehr bald zugrunde, während seine Dauerhaftigkeit unter Wasser oder in beständiger Feuchtigkeit im allgemeinen eine sehr große ist. Im Meereswasser stehende Hölzer werden äußerst leicht vom Wurmfraß und die im sumpfigen Wasser stehenden von Fäulnis befallen.

Im allgemeinen kann man annehmen, daß das zu Brückenkonstruktionen verarbeitete und keinen mechanischen Einflüssen ausgesetzte Nadelholz eine mittlere Dauer von etwa 15 bis 20 Jahren und Eichenholz eine solche von etwa 30 bis 40 Jahren besitzt.

Die Dauerhaftigkeit läßt sich durch geeignete Mittel, z. B. durch Tränkung mit säulniswidrigen Stoffen (Quecksilberchlorid, Kupfervitriol, Zinkchlorid, Kreosotöl usw.) oder durch periodisch zu erneuernde Anstriche mit Ölfarbe, Teer, Karbolineum (Ubenarius), Antinonin usw., sowie durch einen entsprechenden Schutz gegen Witterungseinflüsse (Trockenhaltung durch Bedachung usw.) wesentlich erhöhen.

Man verwendet im Brückenbau hauptsächlich Nadelholz, namentlich das Holz der Kiefer, Fichte und Tanne, in beschränkterem Maße auch das Holz der Lärche, und von den einheimischen Laubhölzern vorzugsweise das Holz der Eiche, Rotbuche und Erle.

Das spezifische Gewicht dieser Holzarten schwankt zwischen ziemlich weiten Grenzen, wie die Tabelle auf Seite 270 zeigt, in der das Grüngewicht, d. h. das Gewicht des etwa 45 % Wasser enthaltenden frischgefallten Holzes, und das Lufttrockengewicht, d. h. das Gewicht des Holzes nach der Austrocknung (bei einem Wassergehalte von 10 bis 15 %) angegeben ist.

Vielfach wird bei statischen Berechnungen von Brückenkonstruktionen das spezifische Gewicht des Nadel- und Laubholzes zu 1,00 angenommen, weil das Holz durch andauernden starken Regen völlig durchnäßt werden kann.

Tabelle XI.

Holzart	Grüingewicht	Mittelwert	Lufttrockengewicht	Mittelwert
Eiche	0,93 bis 1,28	1,10	0,69 bis 1,07	0,88
Rotbuche . .	0,85 „ 1,12	0,98	0,66 „ 0,83	0,75
Erle	0,63 „ 1,01	0,82	0,42 „ 0,68	0,55
Kiefer	0,38 „ 1,08	0,73	0,31 „ 0,76	0,54
Fichte	0,40 „ 1,07	0,74	0,35 „ 0,60	0,48
Tanne	0,77 „ 1,23	1,00	0,37 „ 0,75	0,56
Lärche . . .	0,81	0,81	0,47 „ 0,56	0,52

Das schwere, harte, feste, zähe, unter Wasser fast unverwüßliche, im Trocknen ungemein haltbare, aber auch im Wechsel von Trockenheit und Nässe recht dauerhafte Holz der Winter- oder Steineiche (Höhe bis zu 60 m, unterer Stammdurchmesser bis 1,8 m) sowie das ungefähr dieselben Eigenschaften besitzende Holz der Sommer- oder Stieleiche (Höhe bis zu 40 m, unterer Stammdurchmesser bis zu 3,0 m) wird namentlich zu Trägern, Stützen, Grundbauten und Belägen verwendet.

Das Holz der gemeinen Erle oder Schwarzerle (Höhe bis zu 25 m, unterer Stammdurchmesser bis zu 0,7 m), das sehr geschmeidig, leicht und gut zu bearbeiten ist, eignet sich vorzugsweise zur Herstellung von Grundbauten, weil es in beständig feuchtem Boden und unter Wasser eine sehr große Haltbarkeit besitzt. In der Trockenheit ist es leicht dem Wurmfraß unterworfen und im Wechsel von Trockenheit und Nässe wenig dauerhaft.

Das Holz der Rotbuche (Höhe bis zu 33 m, unterer Stammdurchmesser bis zu 1,1 m) besitzt im Trocknen und unter Wasser eine große, im Wechsel von Trockenheit und Nässe eine geringe Haltbarkeit und wird im Freien leicht stockig (Erkennungszeichen: gelbe Flecke); es schwindet stark, quillt, wirft sich und ist sehr dem Wurmfraß unterworfen. Rotbuchenholz ist daher nur zu Grundbauten gut verwendbar, kann aber auch zu Brückenbelägen benutzt werden, wenn man

die Bohlen mit einem der oben genannten fäulniswidrigen Stoffe tränkt.

Kiefern (Föhren-)holz ist zwar schwierig zu bearbeiten, bleibt auch nach dem Abhobeln noch rauh und reißt leicht unter dem Hobel, hat aber selbst im Freien eine lange Dauer. Die Kiefer (Höhe bis zu 50 m, unterer Stammdurchmesser bis zu 1,0 m) wird wegen ihres geraden Wuchses und ihres sehr harzreichen und verhältnismäßig wenig Äste besitzenden Holzes von allen Nadelhölzern wohl am meisten zu Brückenbauten verwendet, und zwar sowohl zu Grundbauten als auch zu Trägern und zu Belägen.

Fast ebenso oft benutzt man für Brückenkonstruktionen das im Trocknen sehr haltbare und unter Wasser außerordentlich dauerhafte, weit leichter als Kiefernholz bearbeitbare, elastische und harzreiche Holz der Fichte (Höhe bis zu 50 m, unterer Stammdurchmesser bis zu 1,80 m), das jedoch im Witterungswechsel leicht stockig wird.

Das Holz der Edeltanne oder Weißtanne (Höhe bis zu 65 m, unterer Stammdurchmesser bis zu 2,4 m) ist weich und harzarm, aber sehr elastisch und gut bearbeitbar und im Trocknen außerordentlich, unter Wasser ziemlich, im Wechsel von Trockenheit und Nässe jedoch wegen seines geringen Harzgehaltes wenig haltbar. Trotzdem wird auch Tannenholz im Brückenbau sehr viel verwendet, weil es von allen einheimischen Nadelhölzern im Preise am niedrigsten steht.

Hauptsächlich nur zu Grundbauten findet das gleichmäßig von Harz durchdrungene, harte, sehr zähe, elastische Holz der Lärche (Höhe bis zu 50 m, unterer Stammdurchmesser bis zu 1,20 m) Verwendung. Das Lärchenholz wird im Wasser steinhart, ist unter Wasser und in der Erde fast unverwüstlich, aber auch im Witterungswechsel sehr dauerhaft und dem Wurmfraße nicht unterworfen; es wirft sich wenig, läßt sich leicht bearbeiten, gut und scharfkantig behauen und gilt als das wertvollste unserer Nadelhölzer.

Die Festigkeit des Holzes ist vom Gefüge und dem spezifischen Gewichte abhängig, d. h. von der Masse der Fasern

und ihrer mehr oder minder innigen Verflechtung und Verbindung. Die Festigkeit ist im allgemeinen beim Kernholz größer als beim Splintholz, beim trocknen Holz größer als beim feuchten, beim langsam gewachsenen größer als beim schnell gewachsenen, bei schwerem Holz größer als bei leichtem, bei unbeschlagenem Holz größer als beim beschlagenen usw.

In nachfolgender Tabelle sind Mittelwerte der Festigkeit der vorbesprochenen Laub- und Nadelhölzer angegeben.

Tabelle XII.

Beanspruchung bis zum Bruch	in Kilogramm für 1 qcm		
	Laubholz	Nadelholz	
Zugfestigkeit	900	700	
Druckfestigkeit {	zur Faser . . .	300	250
	⊥ " " . . .	120	60
Biegungsfestigkeit	625	450	
Schubfestigkeit zur Faser . . .	70	55	

Die zulässige Inanspruchnahme für bleibende und zeitweilige Bauwerke ist zweckmäßig nicht größer zu wählen, als Tabelle XIII angibt.

Tabelle XIII.

Beanspruchungsweise	Bleibende		Zeitweilige	
	B r ü c k e n			
	Laubholz	Nadelholz	Laubholz	Nadelholz
Zugfestigkeit	120	100	140	120
Druckfestigkeit	80	70	90	80
Biegungsfestigkeit . . .	100	90	120	100
Schubfestigkeit zur Faser	10	6	12	7

in Kilogramm für 1 qcm

Das Bauholz, soweit es zu Brückenbauten Verwendung findet, teilt man ein in

1. Rundholz (Langholz, unbeschlagenes Ganzholz). Nach der Stärke und Länge unterscheidet man:

außergewöhnlich starkes Holz mit einem Zapfdurchmesser von 35 cm und darüber und einer Länge von 14 m und darüber;

starkes Holz mit einem Zapfdurchmesser von 25 bis 35 cm und einer Länge von 12 bis 14 m;

mittelstarkes Holz (Riegelholz) mit einem Zapfdurchmesser von 20 bis 25 cm und einer Länge von 9 bis 12 m.

Die Zunahme der Stärke eines Baumstammes vom Zapfende an kann man für 1 m Länge bei Nadelhölzern zu durchschnittlich 1 cm und bei Laubhölzern zu durchschnittlich 1,5 cm annehmen. Häufig benutzt man zu Brückenbauten, um an Material zu sparen,



Abb. 378.



Abb. 379.



Abb. 380.



Abb. 381.

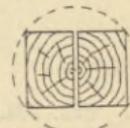


Abb. 382.



Abb. 383.

waldkantiges (baumkantiges) Holz (Abb. 378 bis 380).

2. Kantholz (bearbeitetes Holz), das mit der Art bearbeitet oder besser mit der Säge zugeschnitten ist und einen quadratischen oder rechteckigen Querschnitt besitzt. Man unterscheidet Ganzholz (Abb. 381), Halbholz (Abb. 382) und Kreuzholz (Abb. 383).

Die aus einem Stamme zu gewinnenden Ganzholzbalken besitzen die größte Tragfähigkeit, wenn sich ihre Breite zur Höhe verhält wie 5 : 7 (genauer $b : h = 1 : \sqrt{2}$).

3. Schnittholz, das durch Teilung der Sägeblöcke oder Sägebäume auf den Sägemühlen oder mittels der sog. Schrot-
säge erhalten wird. Man teilt es ein in

Bohlen von 5 bis 15 cm Dicke, 20 bis 25 cm Breite und 3 bis 8 m Länge,

Bretter von 1,5 bis 4,5 cm Dicke, 20 bis 30 cm Breite und 3 bis 8 m Länge,

Latten von 2 bis 5 cm Dicke, 5 bis 10 cm Breite und 3 bis 5 m Länge*).

§ 37. Knüppelbrücken und Leiterbrücken.

Zur Herstellung von kleinen Fußgängerbrücken (z. B. Parkbrücken) oder von nur zeitweilig zu benutzenden Fußgängerbrücken kleiner oder mittlerer Spannweite (Notbrücken, Arbeitsbrücken, Kriegsbrücken) kann eine vom Baurat Mothes (Illustriertes Baulexikon, 4. Aufl., Bd. I S. 533) nach dem Knotensystem ausgebildete Konstruktion benutzt werden, die

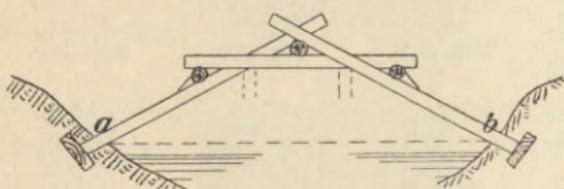


Abb. 384.

aus Längs- und Querbalken besteht, die entweder gar nicht oder nur durch eiserne Klammern aneinander befestigt

sind. Die in Abb. 384 dargestellte Knüppelbrücke läßt sich bis zu 5 m Spannweite (auf Linie ab) ausführen; zu ihrer Herstellung sind 6 etwa 3 m lange Längsbalken und 3 Querbalken erforderlich. Die aus 10 etwa 5 m langen Längsbalken und 5 Querbalken gebildete Brücke in Abb. 385 kann eine Spannweite bis zu 10 m erhalten. Die beiden untersten Querbalken stützen sich hier gegen aufgenagelte Holzknaggen. Während der nur kurze Zeit beanspruchenden Aufstellung sind an den durch punktierte Linien bezeichneten Stellen Stützen (z. B. Böcke oder Pfähle) erforderlich.

Die Fußbahn wird aus Querbohlen gebildet, die auf Längsbalken genagelt werden; letztere werden in gleicher Weise auf

*) Ausführliches über Hölzer findet man in dem Werke des Verfassers „Handbuch der Baustofflehre“, Wien 1899 Bd. I S. 267 bis 437.

die Querbalken und am Ufer aufgelagert, wie dies bei der folgenden Brückenkonstruktion angegeben ist.

Eine von Prof. E. Dietrich in der „Deutschen Bauzeitung“ (1903 Nr. 104) veröffentlichte kleine Fußgängerbrücke ähn-

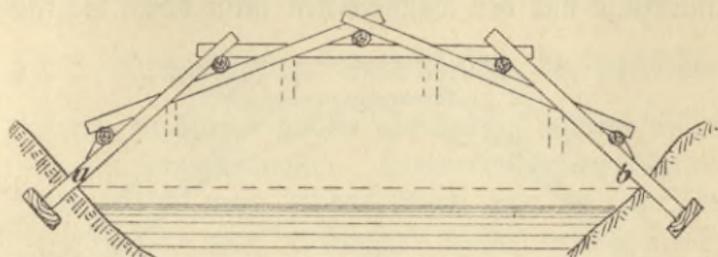


Abb. 385.

lichen Systemes stellen die Abb. 386 und 387 in Ansicht und Grundriß dar. Das Bauwerk wird aus je zwei Baumstämmen gebildet, die strebenartig einander genähert und durch

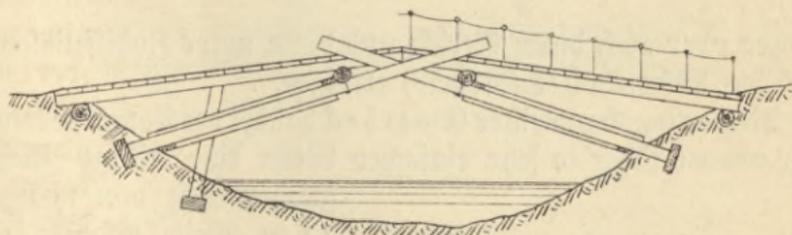


Abb. 386.

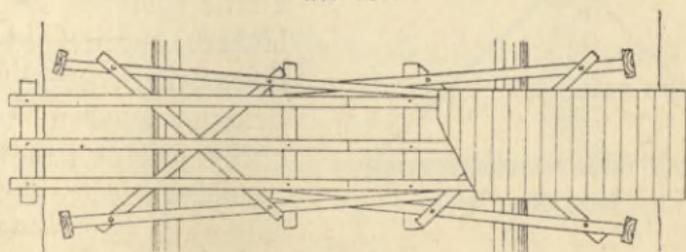


Abb. 387.

Diagonalhölzer gegen seitliche Verschiebung gesichert sind. Auf den von diesen Klemmhölzern getragenen und den am Uferrande verlegten Querbalken (Unterzügen) ruhen drei Längsbalken, auf die der Bohlenbelag (bzw. eine aus Knüppeln

gebildete Fußbahn) befestigt ist. Bei größerer Länge der Längsbalken ordnet man in ihrer Mitte zweckmäßig noch eine schräggestellte Stütze an (wie die linke Seite der Abb. 386 zeigt). Der Verband der Klemmhölzer sowie die Verbindung der Unterzüge mit den Längsbalken kann durch Schrauben-

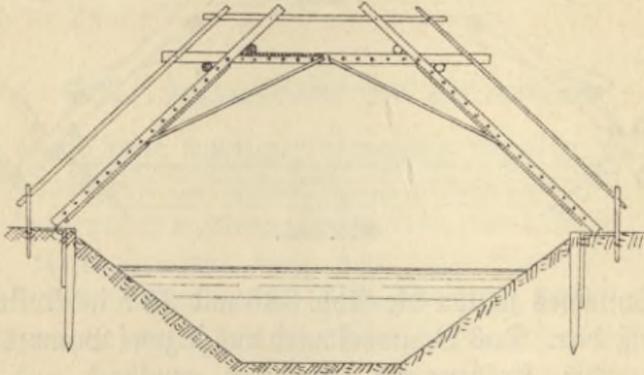


Abb. 388.

bolzen oder auch durch Stricke und dann unter Zuhilfenahme des sog. Würgeholzes (Ködels) erfolgen.

Regierungsbaumeister *Erwerbeck* hat bei der Kanalisierung der oberen Oder in sehr einfacher Weise eine billige Fuß-

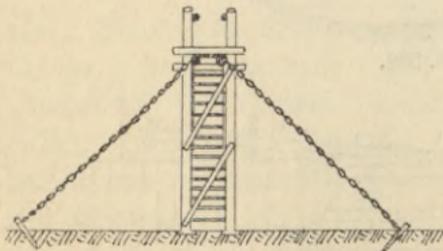


Abb. 389.

gängerbrücke von nahezu 11 m Weite und 0,5 m Breite (zwischen den Geländern) aus drei gewöhnlichen Leitern gebildet. Die Leitern wurden ineinander gesteckt und durch zwischengelegte Quer-

hölzer und Stricke miteinander verbunden. Gegen seitliche Verschiebung wurde diese kleine Leiterbrücke durch vier Ankerketten gesichert. Ihre Herstellung erfolgte im Zeitraum von etwa einer Viertelstunde durch gewöhnliche Arbeiter. In den Abb. 388 bis 390 ist diese interessante Brücke in Ansicht, Schnitten und Grundriß dargestellt (Deutsche Bauzeitung, 1903 Nr. 83). Bei der

Montage wurde eine Leiter auf zwei Holzböcke gelegt, dann wurden die beiden die schrägen Streben bildenden Leitern von oben hineingesteckt und mittels Stricken und Würgeholz in der gewünschten Lage festgeknebelt, und schließlich wurde die ganze Konstruktion umgefantet.

§ 38. Mittelpfeiler und Endwiderlager der Holzbrücken.

Hölzerne Brücken erhalten zweckmäßig massive Widerlager und massive Zwischenpfeiler. Hölzerne Pfeiler (Mittel- und Endjoche) wählt man in der Regel nur bei sehr kurz bemessener Bauzeit oder bei knappen Geldmitteln sowie bei nur

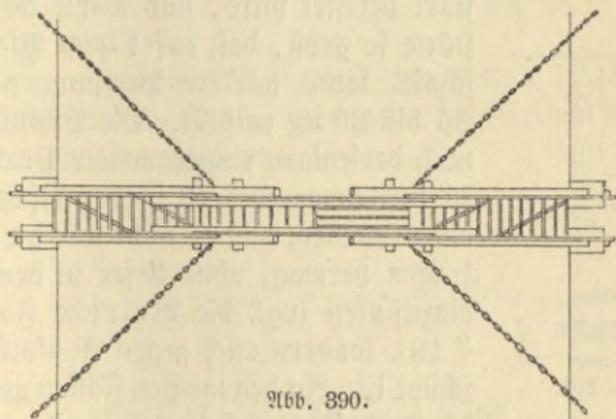


Abb. 390.

zeitweilig zu benutzenden Bauwerken und bei unzuverlässigem Baugrunde. Eiserner Pfeiler sind bei Holzbrücken nur höchst selten zur Ausführung gekommen.

Bei den hölzernen Pfeilern unterscheidet man durchgehende (einteilige) Joche, aufgesetzte (aufgesattelte, zweiteilige) Joche, Geschoßjoche und Fachwerkpfeiler.

1. Durchgehende Joche.

Bei Brücken von mäßiger Spannweite, Breite und Höhe kann man die End- und Mitteljoche aus einer senkrecht zur Brückenachse stehenden Reihe eingerammter, runder oder kantig

beschlagener Spitzpfähle (ohne oder mit eisernem Schuh, siehe § 19) bilden, die unmittelbar unter den Brückenträgern durch einen Holm (Kronschwelle, Fochschwelle, Kappholz) miteinander verbunden werden, in den sie entweder mit einem etwa 8 cm langen Zapfen oder, wenn ein Abheben des Holmes (z. B. bei Hochwasser) zu befürchten ist, mit einem durch die ganze Höhe des Holmes reichenden und oben verkeilten Zapfen (Abb. 391) eingreifen. Nötigenfalls sind Holm und Pfähle noch durch eiserne Klammern oder Bügel zu verbinden (vergl. Abb. 400 und 411). Man ordnet die Fochpfähle zweck-

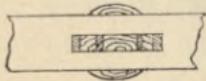
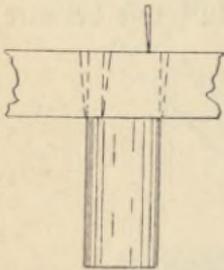


Abb. 391.

mäßig in einem solchen Abstände voneinander an, daß jeder Pfahl möglichst gleich stark belastet wird, und wählt die Pfahlstärke so groß, daß auf 1 qcm Pfahlquerschnitt keine stärkere Pressung als etwa 25 bis 30 kg entfällt. Die Pfahllänge ist nach derjenigen eingerammter Probepfähle zu bestimmen und es ist der Pfahl so tief einzurammen, daß er nicht nur die Last zu tragen vermag, ohne tiefer in den Boden einzusinken (vgl. die Brixsche Formel in § 19), sondern auch gegen Auskolkung geschützt ist. In den meisten Fällen genügt es, die Fochpfähle auf $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ ihrer ganzen Länge einzurammen. Zur Verhütung einer Unterspülung umpackt man die Pfähle in ihrem unteren Teile oft mit Steinen oder Faschinen, oder man umschließt sie mit Spundwänden.

Zur Ermittlung der Stärke von *Nadelholzpfählen* kann man die folgenden, von *Winkler* empfohlenen empirischen Formeln benutzen, in denen *l* die Gesamtlänge der Pfähle in Metern bedeutet:

a) Rundholzpfähle: $d = 0,15 + 0,0275 l$ Meter,

b) Quadratische Pfähle: $d = 0,106 + 0,0194 l$ Meter.

Pfähle aus *Eichenholz* können etwas schwächer bemessen werden.

Bei Stromjochen werden die mittleren Pfähle gewöhnlich senkrecht und nur die beiden äußeren zur Erhöhung der Standfestigkeit des Joches schräg, und zwar meistens mit einer Neigung von $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{15}$ ihrer freien Höhe eingerammt (Abb. 392). Mitunter hat man nur den mittelsten Pfahl senkrecht und alle übrigen in einer von der Mitte des Joches nach seinen Enden zu allmählich größer werdenden Neigung eingerammt (Abb. 393). Letztere Anordnung ist aber wegen der schwierigeren Ausführung weniger zu empfehlen.

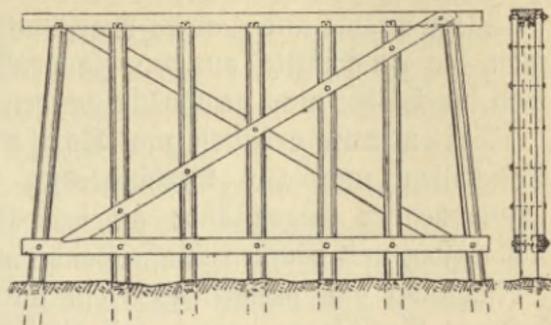


Abb. 392.

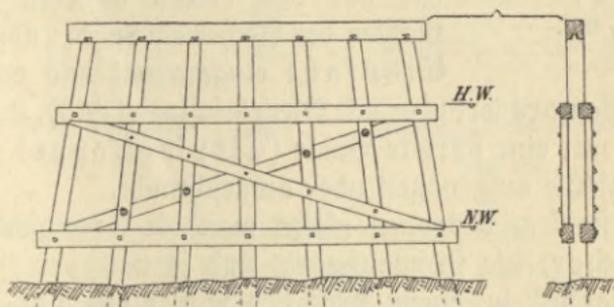


Abb. 393.

Bei End- und Mitteljochen von etwa 3 bis 5 m Höhe werden die Pfähle außer durch den Holm noch durch angeblattete und mittels Schraubenbolzen befestigte wagrechte Zangenhölzer (Gurthölzer) miteinander verbunden, die gewöhnlich in Höhe des Niedrigwassers angeordnet werden. Meistens werden zur weiteren Versteifung des Joches noch schräge Streben angebracht (Abb. 392). Vom Holm bis zu den wagerechten Zangen reichende Kreuzstreben sind an den Holm anzublatten

und anzubolzen; sie stemmen sich gegen die Zangenhölzer mit Verfassung (Abb. 392). Bei größerer Jochhöhe als etwa 5 m überbindet man die Pfähle mit einem zweiten Zangenpaar in Hochwasserhöhe (Abb. 393).

Wenn Pfähle und Zangen überschritten werden sollen, hat man die Ausschnitte an den Zangenhölzern vorzunehmen, weil die Pfähle nicht geschwächt werden dürfen.

Stromjoche erhalten zum Schutze gegen die Stöße der Eisschollen und zur Verhinderung des Hängenbleibens schwimmender Gegenstände an den Pfählen zwischen dem niedrigsten und höchsten Wasserstande auf beiden Seiten eine Verschalung aus mindestens 5 cm starken Bohlen, die der besseren Auslüftung wegen mit Zwischenräumen von etwa 3 cm an die Pfähle genagelt werden (vgl. Abb. 404 bis 406).

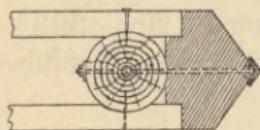


Abb. 394.

Bisweilen wird auch zur Bedeckung der beiderseitigen Verschalung unmittelbar vor den beiden äußeren Schrägpfählen des Joches ein runder oder eckiger Eispfahl eingerammt und mit einem Winkleisen armiert oder mit Blech beschlagen (Abb. 394) oder es wird nur eine stärkere Bohle (Eispfahlkappe) auf diese Schrägpfähle aufgenagelt oder aufgeschraubt.

Bei starkem Eisgange schützt man die Stromjoche durch Eisbrecher, die stromaufwärts und je nach der Höhe des Wasserstandes in einem Abstände von 1 bis 3 m vor den Jochen aufgestellt werden. Diese Eisbrecher bestehen in der Regel aus einfachen, senkrecht gestellten oder aus doppelten, schief eingerammten Pfählen, die durch ein wagerechtes Zangenpaar, bei größerer Höhe auch durch zwei oder mehrere Zangen und durch schräge Streben versteift und oben durch einen von der Höhe des niedrigsten Wasserstandes bis zu der des höchsten reichenden, gegen die Wasserfläche um etwa 30 bis 40° geneigten Holm (Eisbaum) abgedeckt werden, der aufgezapft und außerdem durch eiserne Bänder mit den Pfählen verbunden und gewöhnlich mit zwei Eisenschienen armiert wird

(Abb. 395). Auch diese Eisbrecher erhalten häufig auf beiden Seiten eine Verschalung (Abb. 396).

Die Pfähle der Landjoche werden zweckmäßig etwas stärker bemessen als die der Mitteljoche, weil sie dem Schube und der schädlichen Feuchtigkeit der Hinterfüllungsmasse ausgesetzt sind. Sie werden auf der Wasserseite mit einer Verschalung versehen, die in gleicher Weise wie die der Mitteljoche ausgeführt wird, und an ihrer Hinterseite zur Verhinderung eines Einsturzes des Hinterfüllungsbodens bzw. zur Aufnahme des Erddruckes mit starken wagerechten Bohlen oder Riegeln benagelt, die an den Pfählen abwechselnd gestossen und ohne Zwischenraum aufgebracht werden. Es

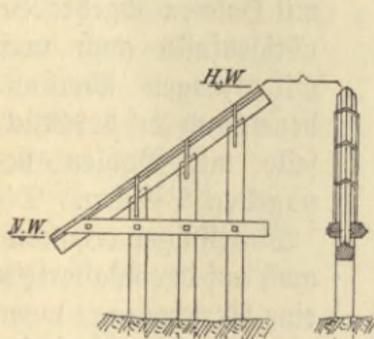


Abb. 395.

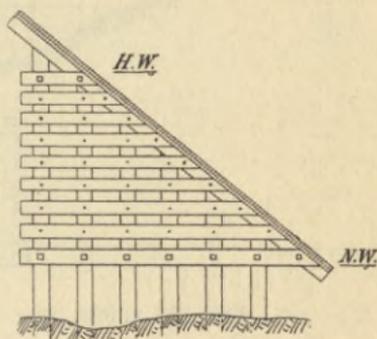


Abb. 396.

empfiehlt sich, diese Verschalung mit wasserdurchlässigem Materiale (Sand, Kies, Schotter usw.) zu hinterfüllen. Damit die Pfähle des Landjoches dem Erddrucke besser widerstehen können, rammt man sie oft schräg ein.

Bei Landjochen von größerer Höhe als etwa 3 m sind wegen des beträchtlichen Erddruckes entweder alle Pfähle oder nur einzelne im Erdkörper zu verankern. In einfachster Weise besteht dieser Anker aus einem in passender Entfernung vom Joch im Ufer senkrecht oder schräg eingerammten Pfahl (Ankerpfahl) und aus zwei wagerechten oder nach dem Ufer zu schwach geneigten Zangen, die an den Anker- und Jochpfahl mittels Schraubenbolzen befestigt sind (Abb. 397, siehe auch die Abb. 400 und 401).

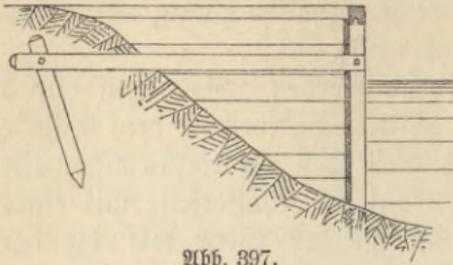


Abb. 397.

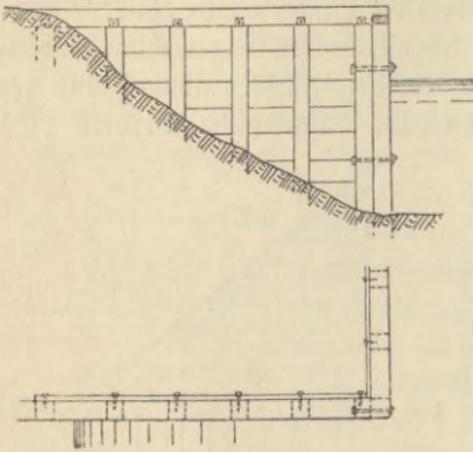


Abb. 398 u. 399.

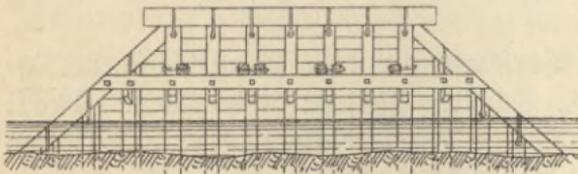


Abb. 400.

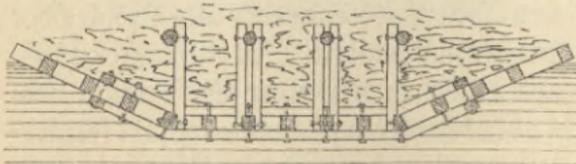


Abb. 401.

Der Anschluß des Landjoches an das Ufer erfolgt mittels Parallelfügel, die entweder senkrecht oder schräg zum Landjoch gerichtet sind (Abb. 398 u. 399). Beim Anschluß an einen Damm wählt man in der Regel Winkelfügel (Abb. 400 u. 401). Diese Flügel bestehen ebenfalls aus eingerammten, oben mit Holmen abgedeckten, nötigenfalls auch noch mit Zangen überbundenen und auf der Rückseite mit Bohlen bezagelten Pfählen. Die Winkelfügel erhalten auch auf der Wasserseite eine Verschalung, wenn

das Landjoch eine solche besitzt, und werden mit geneigt liegenden Holmen (Streichholmen, Streichbalken) abgedeckt.

Sind Mitteljoch im trocken Boden herzustellen (z. B. bei Wegeüberführungen über Bahneinschnitte), so führt man, weil eingerammte Pfähle leicht

abfaulen würden, einen Sockel aus Backstein- oder Bruch-

steinmauerwerk auf, deckt ihn mit einer Kollschicht oder besser mit abgewässerten Sandsteinplatten ab, legt auf diese Abdeckung eine eichene Grundschwelle, verankert sie mit dem Mauerwerke und zapft in sie die senkrecht aufzustellenden Jochpfähle ein (Abb. 402 und 403).

Mitunter wird auch die Grundschwelle bei zeitweiligen Holzbrücken unmittelbar auf den eingeebneten Erdboden gelegt, wenn dieser eine genügende Tragfähigkeit besitzt, oder die Jochpfähle werden nur mäßig tief in den Boden eingegraben. Bei nachgiebigem, wasserhaltigem, tief anstehendem, aber gleichmäßigem Boden kann man die Joche auch auf einen Schwellrost von genügender Ausdehnung stellen.

Ist die auf den einzelnen Pfahl einfachere Joche entfallende Belastung

zu groß, oder soll das Joch eine größere Standfestigkeit gegen die in der Längsrichtung der Brücke wirkenden Kräfte besitzen, so werden die Joche aus zwei Reihen lotrecht oder schräg gestellter Pfähle und bei stark belasteten Brücken von größerer Spannweite oder bei Sprengwerksbrücken, deren Joche einem größeren Seitenschube ausgesetzt sind, auch aus drei oder vier Pfahlreihen gebildet und dann die Pfähle der beiden äußeren Reihen schräg gestellt.

Sämtliche Pfähle solcher mehrreihigen Joche sind untereinander durch Längs- und Quierzangen, nötigenfalls auch noch durch Schrägstreben zu verbinden. In der Regel werden bei diesen Jochen zwei Holme (a) angeordnet und diese auf Kappschweller (k) gelegt, welche die gegenüberstehenden Jochpfähle miteinander verbinden und mit diesen

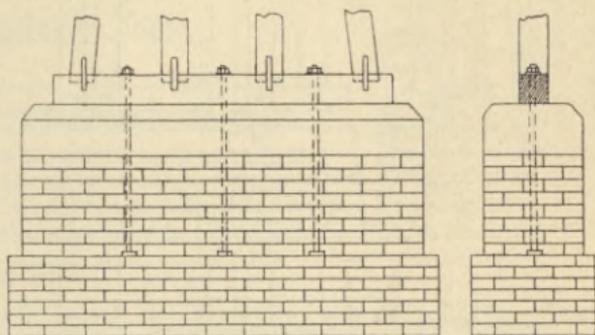


Abb. 402.

Abb. 403.

in gleicher Weise zu befestigen sind wie die Holme mit den Pfählen einfacher Soche (Abb. 404 bis 406).

Stehen zur Herstellung höherer Soche nicht genügend lange Pfähle zur Verfügung, so sind die Pfähle aufzu-

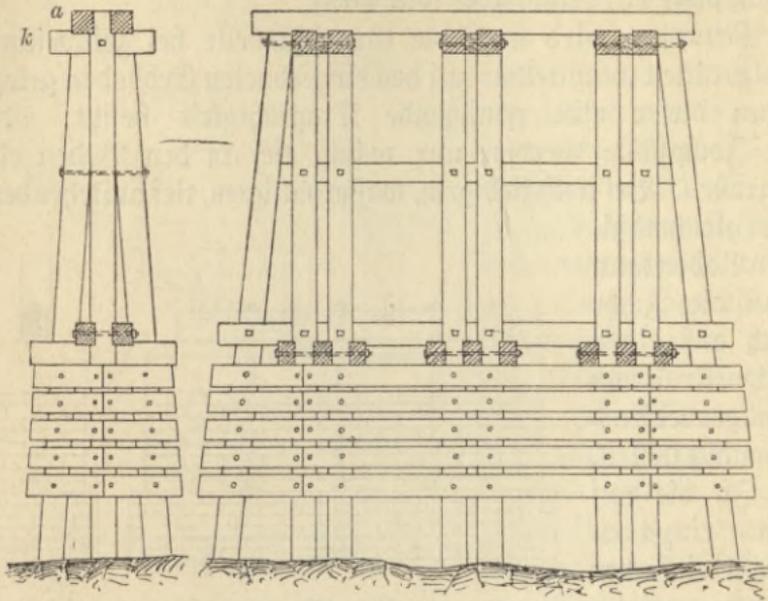


Abb. 404.

Abb. 405.

pfropfen und zu diesem Zweck die Pfahlstücke zunächst mit genau winkelrecht zur Achse stehenden, ebenen Hirnflächen zu

versehen. Die Verbindung der beiden Pfahlstücke erfolgt in einfachster Weise durch eiserne (möglichst lang zu wählende) Klammern

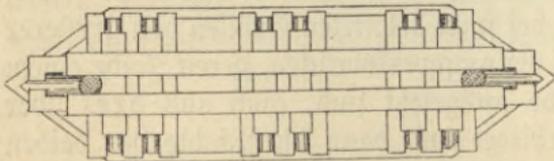


Abb. 406.

oder durch schmiedeeiserne Schienen, die über den Stoß genagelt werden, wobei man die Nagellöcher zur Verhütung einer Verbiegung der Pfähle bei Seitenschub zweckmäßig oval gestaltet. Besser ist die Umlegung eines 8 bis 12 cm breiten, nach seiner ganzen Dicke in die Pfahlstückenden ein-

zulassenden eisernen Ringes und die Verwendung eines hölzernen Dollens oder eines doppelten Spitznagels, die beide genau in die Mitte des Pfahles einzusetzen bzw. einzuschlagen sind (Abb. 407). Auch gußeiserne Zwischenstücke werden häufig zur Verbindung der Pfahlenden benutzt (Abb. 408).

Das aufgefropfte Pfahlstück muß noch genügend tief im Erdboden stecken. Müßten die Pfähle bei großer Jochhöhe auch noch über dem Erdboden aufgefropft werden, so wählt man besser statt des durchgehenden Joches ein aufgesetztes.

2. Aufgesetzte Joche.

Aufgesetzte, d. h. aus einem unter dem niedrigsten Wasserstande liegenden Grundjoch und einem auf diesem ruhenden Oberjoch bestehende Joche werden in der Regel bei einer größeren Jochhöhe als etwa 7 m hergestellt.

Beim durchgehenden (einteiligen) Joch hat der beständig unter Wasser liegende Teil eine lange Dauer, während der abwechselnder Nässe und Trockenheit ausgesetzte mittlere Teil leicht verfault. Bedarf dieser Teil einer Erneuerung, so muß das ganze Joch ausgewechselt werden. Beim aufgesetzten (mehrteiligen) Joch dagegen ist es möglich, den Oberteil unabhängig vom Unterteil zu erneuern. Dadurch werden die Unterhaltungskosten der Brücke wesentlich verringert. Gegenüber den durchgehenden Jochen haben die aufgesetzten jedoch den Nachteil der geringeren Widerstandsfähigkeit gegen Eisgang. Bei Flüssen mit starkem Eisgange sind daher vor aufgesetzte Joche Eisbrecher zu stellen.

Die Konstruktion des aufgesetzten Joches ist in der Hauptsache die gleiche wie die eines ein- oder mehrreihigen einteiligen Joches. Das Grundjoch, dessen Holm nicht über Niedrigwasserhöhe reichen darf, ist mit den Ständern des Oberjoches so fest zu verbinden, daß sich das Oberjoch nicht auf dem Grundjoch verschieben kann.

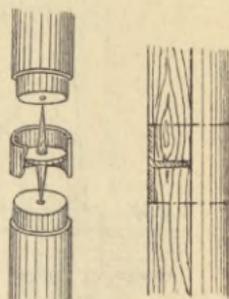


Abb. 407.

Abb. 408.

Bei der in Abb. 409 dargestellten Konstruktion ist auf den mit den eingezapften Pfählen des einreihigen Grundjoches noch durch Schraubenbolzen und Eisenschienen verbundenen Holm eine Grundschwelle aufgebolzt, in welche die Oberjochständer eingezapft sind. Gegen seitliche Verschiebung sind diese

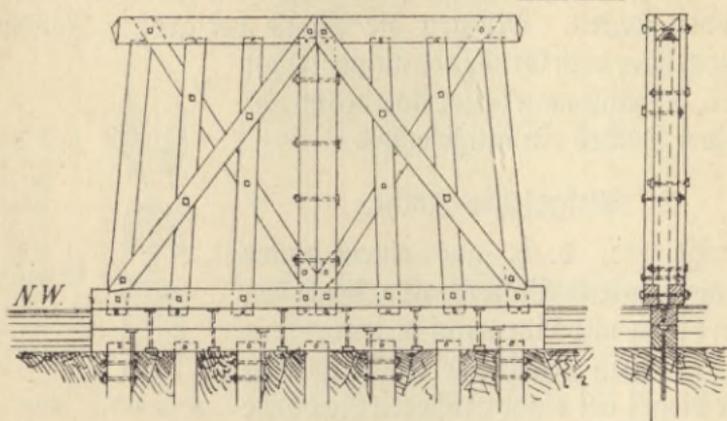


Abb. 409.

Ständer durch zwei aufgeschraubte Zangenhölzer gesichert. Die Ständer stehen hier nicht unmittelbar über den Pfählen des Grundjoches, was zulässig ist, und das Oberjoch ist aus zwei gleichen getrennten Teilen hergestellt, um bei seiner Erneuerung den Verkehr auf der einen Hälfte der Brücke aufrechterhalten zu können.

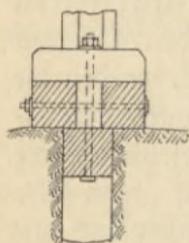


Abb. 410.

Bei der Konstruktion nach Abb. 410 sind die Zangenhölzer mit dem Holm des Grundjoches durch lotrechte Schraubenbolzen verbunden, die oben durch ein über die Zange gelegtes Sattelstück hindurchgehen.

Abb. 411 zeigt die Konstruktion eines aufgesetzten Joches mit zweireihigem Grundjoch und einreihigem Oberjoch. Über je zwei gegenüberstehende Grundjochpfähle sind Kappschwellen gelegt, die das untere Ende der Oberjochständer umfassende Zangenhölzer tragen. Die Zangenhölzer sind in die Kapp-

schwollen etwas eingelassen und mit diesen sowie mit den Ständern durch Schraubenbolzen verbunden.

Stehen die Oberjochständer unmittelbar über den Grundjochspfählen, so werden beide häufig noch durch Eisenklammern oder Eisenschienen miteinander in Verbindung gebracht.

Bei größerer Jochhöhe als etwa 10 m stellt man das Oberjoch zweckmäßig aus zwei Teilen her und läßt dann

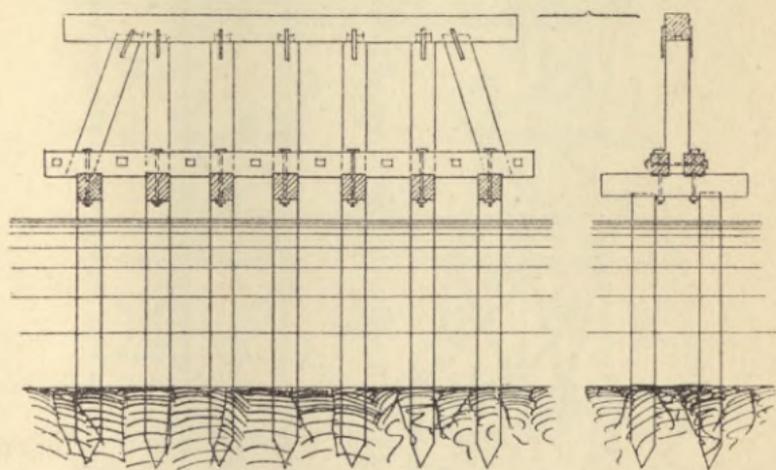


Abb. 411.

einige Ständer durchgehen, um beide Teile inniger miteinander zu verbinden.

Es empfiehlt sich, das Grundjoch mit Steinen auszupacken, weil hierdurch das ganze Joch standfester wird.

3. Geschößjoch.

Wird die Jochhöhe so groß, daß sich Pfähle aus einem Stück nicht mehr mit Vorteil verwenden lassen, so teilt man mehrreihige Joch in zwei oder mehrere Geschosse und trennt diese voneinander durch eine doppelte, übereinandergeschraubte und noch mit eisernen Bändern verbundene Balkenlage, während man die Ständer der einzelnen Geschosse durch Zangen, Kreuzstreben usw. versteift.

Ordnet man solche Joche in geringen Abständen (4 bis 8 m) an, und verbindet man sie in Höhe der einzelnen Geschosse durch wagerechte Längsbalken und in einzelnen oder allen

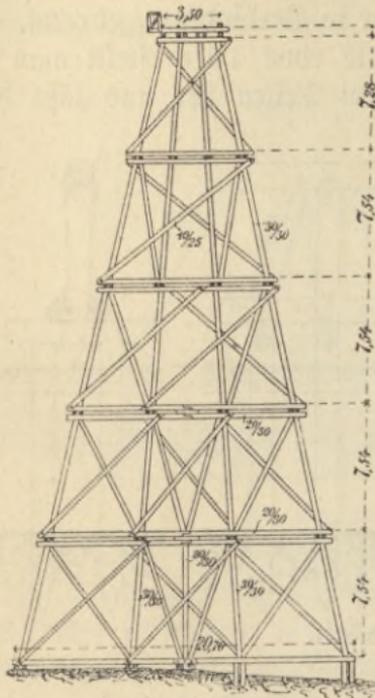


Abb. 412.

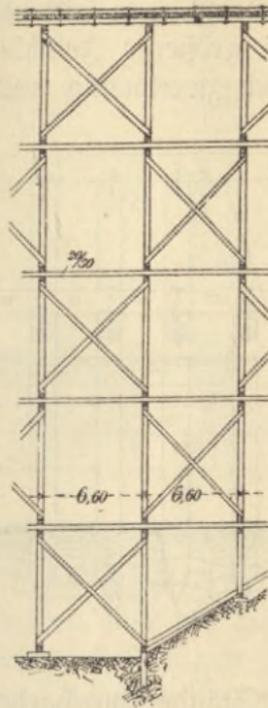


Abb. 413.

Feldern noch durch gekreuzte Streben, so nennt man das Bauwerk eine Gerüstbrücke.

Derartige Brücken sind namentlich in Amerika mehrfach zur Ausführung gekommen (Abb. 412 u. 413).

4. Fachwerkpfiler.

Sehr hohe Holzpfiler werden des besseren Zusammenhanges und der größeren Gleichartigkeit wegen aus Fachwerk in Form einer abgestumpften Pyramide hergestellt und dann zweckmäßig in größeren Entfernungen angeordnet. Die Ecken dieser Fachwerkpfiler bildet man aus zwei bis vier schräg-

gestellten Balken, die mit abwechselnden Stößen zusammen-
geschraubt und durch stehende und durch liegende gekreuzte
Streben sowie durch wagerechte eiserne Zugstangen unter-
einander verbunden und auf einen steinernen Unterbau ge-

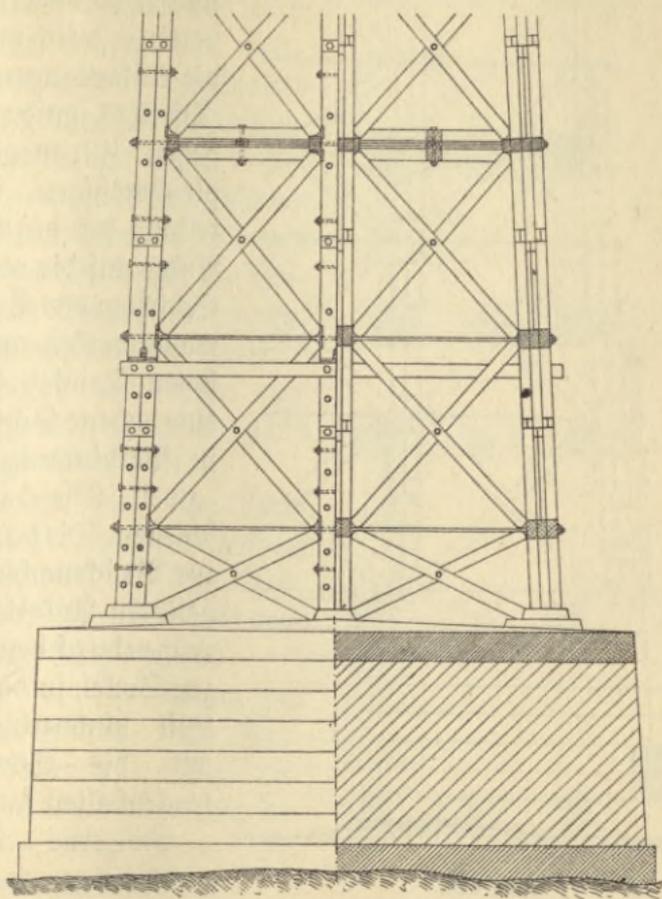
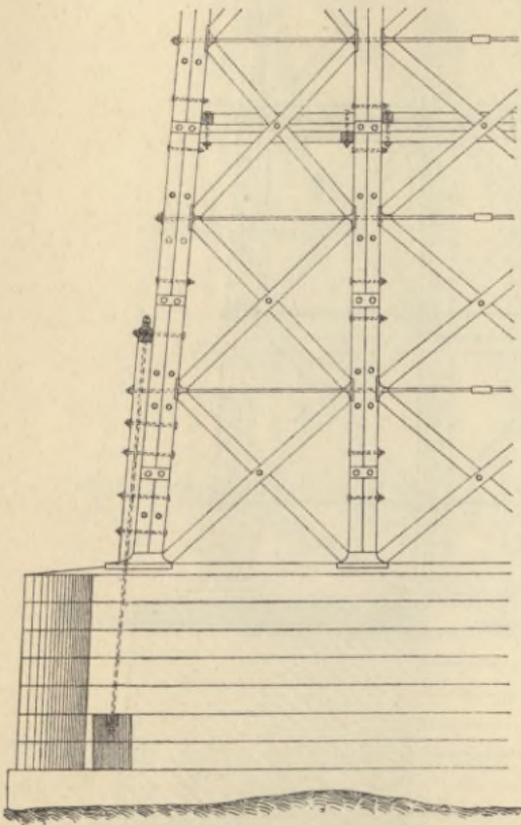


Abb. 414.

stellt werden. Fachwerkpfeiler von großer Breite erhalten
noch eine ähnlich konstruierte Zwischenwand.

Bei dem in den Abb. 414 bis 417 (nach Heinzerling,
Brücken der Gegenwart Heft III Tafel 5 Abb. 45 bis 52) in
seinem unteren Teile dargestellten Fachwerkpfeiler sind zur
Verhütung eines Einpressens der Hirnenden und einer daraus

entstehenden Sackung des Pfeilers gußeiserne Schuhe zwischen die einzelnen Ständerstücke eingesetzt. Auch die untersten Enden der Ständer stehen in gußeisernen, in das Sockelmauerwerk eingelassenen Schuhen und sind außen mit kurzen Balken-



Tab. 415.

stücken verübelt und verbolzt, durch welche die Ankerstangen des Pfeilers hindurchgehen. Zur möglichst gleichmäßigen Verteilung des durch die Anker auf die oberen Schichten des Sockelmauerwerkes ausgeübten Druckes dient eine eichene Schwelle in Verbindung mit zwei Eisenbahnschienen. Die parallel zur Brückenachse angelegten Ankerkanäle reichen durch den ganzen Sockel, so daß die Luft hindurchziehen und die Schwelle trockenhalten kann.

Hölzerne Fachwerkpfeiler werden heutzutage bei dauernden hölzernen Talbrücken kaum mehr ausgeführt, sondern durch eiserne Fachwerkpfeiler oder massive Pfeiler ersetzt.

5. Massive Zwischenpfeiler.

Die massiven Zwischenpfeiler der hölzernen Brücken unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Konstruktion und Ausführung nicht von denen der gewölbten Brücken (vgl. § 22). Sie

werden mit starken Steinplatten (auch wohl mit Quadrern) abgedeckt, die den eichenen Mauersthwellen des hölzernen Überbaues als Unterlage dienen. Damit das auf den Pfeilerkopf gelangende Niederschlagswasser von den Mauersthwellen abgehalten und zum schnellen Abfluß gebracht wird, hat man die Abdeckplatten unter den Schwellen an allen Stellen, an denen die Schwellen durch die Balken des Überbaues keinen Druck empfangen, vertieft herzustellen und ihnen eine Neigung nach der Leibung hin zu geben (Abb. 418).

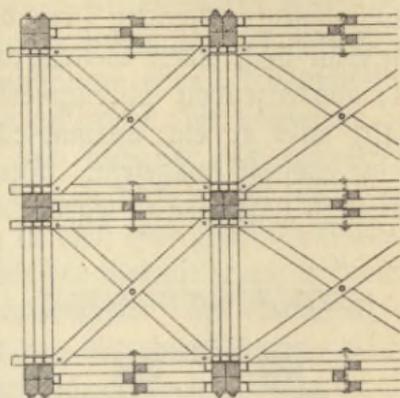


Abb. 416.

Pfeiler aus Backsteinmauerwerk werden vielfach mit einer Kollschicht abgedeckt, jedoch ist eine Steinplattenabdeckung vorzuziehen.

Für die Berechnung der oberen Stärke der Mittelpfeiler von Balkenbrücken kann man eine der folgenden empirischen Formeln benutzen:

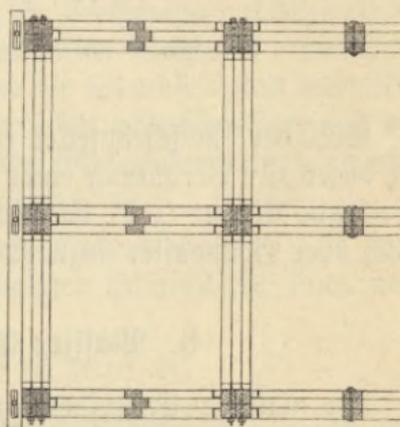


Abb. 417.

1. für Öffnungen bis $l = 50$ m Weite:

$$b = 1,5 + 0,0005 l;$$

2. für $l \leq 50$ m: $b = 1 + 0,03 l$,

für $l \geq 50$ m: $b = 2 + 0,01 l$.

Grenzen ungleiche Öffnungen aneinander, so ist für l die Weite der größeren Öffnung (von Pfeilermitte zu Pfeilermitte gerechnet) einzusetzen.

3. $b = 0,2 + 0,06 l + 0,04 h + 0,03 h_1 v$,

wenn h die Pfeilerhöhe, h_1 die Hochwasserhöhe über Flußsohle und v die Hochwassergeschwindigkeit in m/sec bedeuten.

Der Mittelpfeiler von Sprengwerksbrücken erhält außer einem senkrechten Druck durch Eigengewicht und Brückenüberbau noch einen Seitendruck durch die schrägen Streben der angrenzenden Sprengwerke; er ist ferner dem Winddruck und, falls er ein Strompfeiler ist, dem Wasserdruck und dem Eisstoß ausgesetzt. Der größte der Berechnung des Pfeilers zugrunde zu legende einseitige Strebendruck entsteht, wenn das eine Sprengwerk voll belastet, das andere aber ohne Verkehrslast ist.

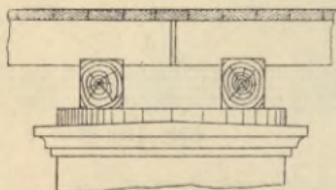


Abb. 418.

Die Pfeiler werden unterhalb der Streben breiter und die vorspringenden Kämpfer meistens aus Quadern hergestellt (siehe Abb. 507 bis 509 in § 45).

Soll der Zwischenpfeiler ein Kämpfergesims erhalten, so ist dieses zur Verhütung einer Beschädigung durch im Wasser treibende Körper (z. B. Eisschollen) mindestens 30 bis 50 cm hoch über Hochwasser anzuordnen.

6. Massive Endwiderlager.

Die massiven Endwiderlager und ihre Flügel werden bei den Holzbrücken im allgemeinen in gleicher Weise hergestellt wie die der gewölbten Brücken (siehe § 23) bzw. der Platten- oder Balkendurchlässe (siehe §§ 11 u. 12). Auf das Widerlager einer hölzernen Balkenbrücke wirken das nach unten hin zunehmende Eigengewicht der Mauer, die Last des Überbaues (Eigengewicht und Nutzlast), der Erddruck der Hinterfüllung und etwaigen Überschüttung und an Gewässern auch noch der Wasserdruck. Bei hohen Endwiderlagern ist von allen angreifenden Kräften hauptsächlich der Erddruck für die Bestimmung der Mauerstärke maßgebend. Der Widerstand gegen

Umkippen wird vergrößert, wenn man der Mauer eine geböschte Vorderfläche gibt, auch wird dadurch die Last des Überbaues mehr nach der Mauermitte und demnach gleichmäßiger auf die Mauer übertragen, andererseits wird aber, wenn man die Mauer nicht um ihr Böschungsmaß zurücksetzt, die untere Breite der Durchflußöffnung oder des Einschnittes verringert und, wenn man sie zurücksetzt, die Lichtweite der angrenzenden Brückenöffnung und dadurch auch die Stützweite der Balken vergrößert, so daß diese etwas stärker gewählt werden müssen. Endlich ist auch eine geböschte Vorderfläche leichter als eine senkrechte der Verwitterung ausgesetzt und ihre Bearbeitung eine schwierigere. Es empfiehlt sich daher, die Vorderfläche nur dann mit einem Anzug zu versehen, wenn dadurch ein wesentlicher Vorteil bezüglich der Standfestigkeit der Mauer oder der Druckfestigkeit erzielt werden kann. Beschränkt man die Abböschung auf den unteren Mauerteil, so werden die genannten Nachteile vermindert. Mitunter kann man auch, ohne die Standfestigkeit wesentlich zu beeinträchtigen, den Mauerrücken unterschneiden und dadurch eine nicht unbeträchtliche Materialersparnis erzielen (vgl. § 23).

Die mittlere Stärke der Widerlagsmauer mit senkrechter Vorderfläche und geneigter Hinterfläche kann man angenähert aus der Formel

$$b = (0,3 - 0,36n) \cdot h$$

berechnen, in der n das Böschungsverhältnis ($1/5$ bis $1/12$) und h die Mauerhöhe über dem Fundament bedeuten.

Auf das Endwiderlager einer Sprengwerksbrücke wirkt außer den genannten Kräften noch ein Seitendruck, der durch die Sprengwerkstreben erzeugt wird. Wie bei den Mittelpfeilern solcher Brücken wird auch beim Endwiderlager ein etwas vorspringender, am besten aus Quadern zu bildender Kämpfer zur Aufnahme der Strebenfüße hergestellt. Da bei starkem Strebendruck leicht eine Verschiebung der hinter dem Kämpfer liegenden Mauerschichten eintreten kann, wenn der

Mörtel im Innern der Mauer bei der Inbetriebsetzung der Brücke noch nicht vollständig erhärtet ist, so empfiehlt es sich, an dieser Stelle in Richtung des Strebendruckes lotrechte Binder im Innern der Widerlagsmauer anzuordnen (Abb. 419).

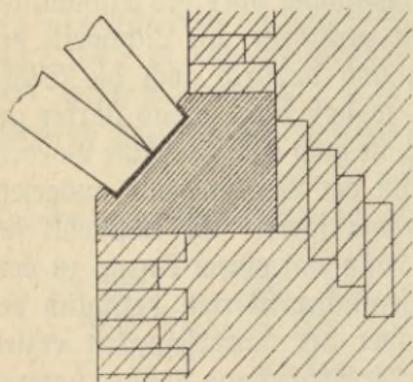


Abb. 419.

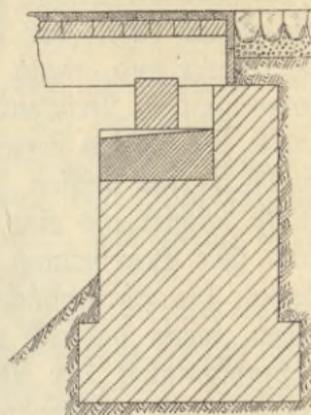


Abb. 420.

Die Abdeckung der Mauer erfolgt in gleicher Weise wie die der Mittelpfeiler. Die auf die Abdeckung gelegten Mauer-
schweller werden zweckmäßig durch Steinschrauben oder Anker
im Mauerwerk befestigt (vgl. Abb. 421). Hinter den Mauer-
schweller wird die Widerlagsmauer bis zur Unterkante der Hauptträger
der Brücke (Abb. 420), bei größerer
Stärke auch noch höher hinauf-
geführt (Abb. 421) und diese kleine
Mauer mit einer Zement- oder
Asphaltschicht abgedeckt. Man hat

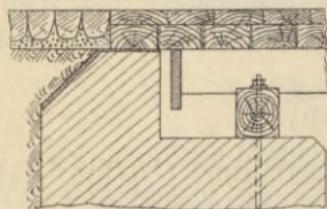


Abb. 421.

aber auch (z. B. in Württemberg) die Widerlagsmauer bis unter die Straßenbefestigung hinaufgeführt und die Mauer-
schweller auf Steinkonsolen vor der Mauerflucht gelagert
(Abb. 422).

Zur besseren Ableitung des eingefickerten Wassers wird die Widerlagsmauer oben abgeschragt und die geneigte Fläche

zweckmäßig mit einer einfachen oder doppelten Ziegelschicht (in Zementmörtel und mit Zementputz) abgedeckt.

§ 39. Brückenbahn.

Über die Breite und über das Längen- und Quergefälle der Brückenbahn siehe § 6 und 7.

Die Brückenbahn der Holzbrücken setzt sich im allgemeinen aus zwei Teilen zusammen: aus einer unmittelbar auf den Hauptträgern oder auch auf Quer- und Längsträgern liegenden Brückentafel und der auf dieser ruhenden Brückendecke.

a) Straßenbrücken.

Bei untergeordneten (schwach befahrenen) Straßenbrücken (Balkenbrücken) und bei Fußgängerbrücken bildet die Brückentafel zugleich auch die Brückendecke und besteht aus einem

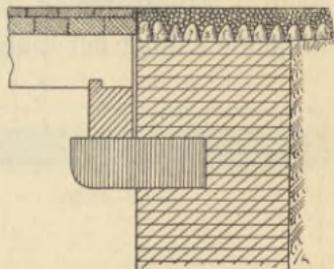


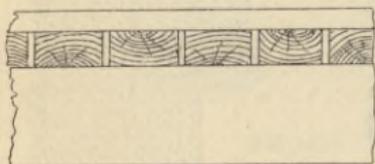
Abb. 422.

einfachen Belage von senkrecht zur Brückenachse, am besten mit der Kernseite nach oben und dicht nebeneinander oder des besseren Wasserabflusses wegen, mit kleinen Zwischenräumen verlegten eichenen, buchenen oder kiefernen Bohlen von etwa 10 bis 15 cm Stärke. Entweder wird jede Bohle auf die in Abständen von 0,8 bis 1,0 m von Mitte zu Mitte liegenden Brückenträger (Straßenbalken) durch 2 bis 4 Nägel oder (besser) Holzschrauben befestigt, oder auf die Enden der Bohlen wird eine Saumschwelle (Randschwelle) gelegt und nur diese mit den äußeren Brückenträgern (Ortbalken) verschraubt, während die Bohlen selbst entweder gar nicht oder nur an einzelnen Stellen auf die mittleren Balken festgenagelt werden (Abb. 423).

Verlegt man die Bohlen ohne Zwischenräume, so empfiehlt es sich, sie zum schnelleren Abflusse des Regenwassers schwach zu wölben oder in der Brückenmitte stumpf zu stoßen und

nach dieser geradlinig ansteigen zu lassen. Beides erreicht man leicht dadurch, daß man die mittleren Brückenträger etwas höher wählt oder etwas weniger tief mit dem Fochholm verkämmt. Die sattelförmige Anordnung der Bohlen besitzt bei Brücken mit zweispuriger Fahrbahn vor der Wölbung den Vorzug, daß der Bohlenbelag ohne Verkehrsunterbrechung erneuert werden kann.

Bei der Berechnung der Bohlenstärke ist anzunehmen, daß die Bohle auf zwei Trägern frei aufliegt und in der Mitte eine Einzellast (Radlast) trägt. Bezeichnet D den Raddruck in Kilogrammen, d die Dicke, b die Breite und l die freitragende Länge der Bohlen in Zentimetern und k die zulässige Beanspruchung des Holzes (bei Eichenholz 80 bis 100 kg/qcm, bei Nadelholz 60 bis 70 kg/qcm), dann ist



$$d = \sqrt{\frac{3}{2} \frac{l}{b} \frac{D}{k}} \text{ cm.}$$

Abb. 423.

Die sich aus dieser Berechnung ergebende Stärke ist wegen der starken Abnutzung je nach der Verkehrsgröße um 2 bis 5 cm zu erhöhen.

Brücken mit lebhafterem Verkehr erhalten einen doppelten Bohlenbelag.

Da die Seiten der Brückenbahn einer schwächeren Abnutzung durch den Verkehr unterworfen sind als der mittlere Teil, so begnügt man sich meistens damit, den Oberbelag nur auf Fahrbahnbreite herzustellen, und erhält dann beiderseits einen um die Stärke des Oberbelages tiefer liegenden Fußweg (Abb. 424 und 425). Damit vom Oberbelage abgelaufene Räder wieder auf diesen aufsteigen können, läßt man einzelne Bohlen etwa 10 cm vortreten.

Bei Anordnung eines Doppelbelages wird der Raddruck auf zwei Bohlen des Unterbelages verteilt, auch werden die durch die Stöße der Räder verursachten Schwankungen der Brücke vermindert und die unteren Bohlen durch die ohne

Zwischenräume verlegten oberen sowohl gegen den unmittelbaren Angriff der Räder und Pferdehufe als auch gegen Nässe geschützt und dadurch weniger oft ausbesserungsbedürftig, dagegen wird die Eigenlast der Brücke vergrößert.

Der Oberbelag wird zweckmäßig aus hartem Holz (z. B. Eichenholz) hergestellt, etwa 5 bis 7 cm stark angenommen und aus Querböhlen gebildet. Die Fahrbahn aus Längsböhlen herzustellen, empfiehlt sich nicht; solche Böhlen werden schneller durch den Verkehr zerstört, auch finden auf ihnen die Zugtiere keinen Halt, wenn die Böhlen naß und damit schlüpfrig werden. Durch eine schräge Verlegung der Böhlen (unter 45°) wird zwar eine größere Versteifung der Brücke erzielt und den Zugtieren ein besserer Halt gewährt, aber die Herstellung des Belages wegen des größeren Querschnittes verteuert.

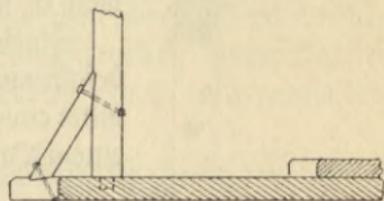


Abb. 424.

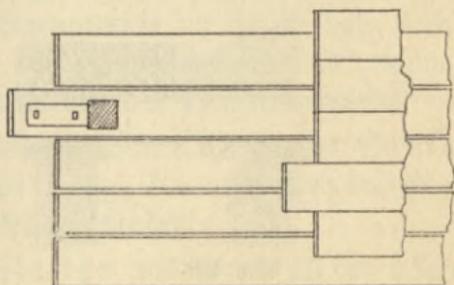


Abb. 425.

Der Unterbelag wird meistens ebenso stark gewählt wie beim einfachen Belag, weil die oberen Böhlen kurz vor ihrer Erneuerung fast ganz abgenutzt sein werden und daher auf ihre Tragfähigkeit nicht gerechnet werden kann. Man verlegt die unteren Böhlen entweder senkrecht zur Brückenachse und versetzt dann die Jugen beider Beläge, oder man verlegt sie in Richtung der Brücke. In beiden Fällen sind der Entwässerung wegen Zwischenräume von 1 bis 2 cm zu lassen. Zum größeren Schutz gegen Fäulnis hat man empfohlen, Asphaltpappe zwischen den Ober- und Unterbelag zu legen; es genügt aber eine Tränkung der Böhlen mit fäulniswidrigen Stoffen oder ein doppelter Anstrich mit leichtflüssigem heißem Teer.

Um bei angrenzender Steinschlagbahn zu verhindern, daß Schotter auf die Bohlen gelangt, wodurch die Abnutzung des Belages wesentlich vergrößert werden würde, ist es ratsam, zwischen Brücke und Steinschlagbahn eine etwa 10 m lange Steinpflasterung anzuordnen.

Fußgängerbrücken erhalten in der Regel nur einen einfachen Bohlenbelag; wählt man aber einen doppelten Belag, so bilde man den unteren aus Querbohlen, den oberen aber aus Längsbohlen (Laufdielen), weil es sich auf diesen besser geht.

Statt des Oberbelages wird bei stärker befahrenen Brücken vielfach eine in Brückenmitte etwa 20 cm hohe Beschotterung mit einem Quergefälle von etwa 1:50 gewählt,

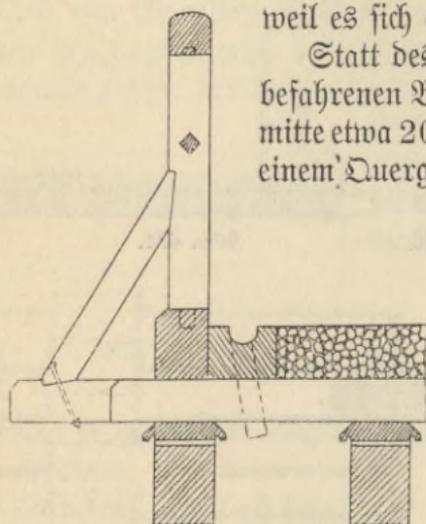


Abb. 426.

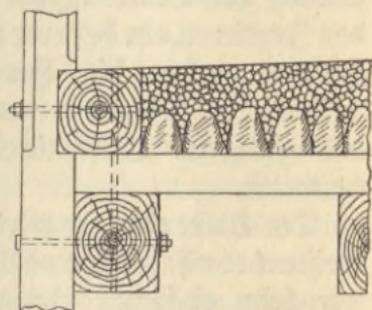


Abb. 427.

die entweder nur aus grobem, reinem Kies oder Schotter (Abb. 426) oder aus einer Packlage aus etwa 12 cm hohen pyramidenförmigen Steinen und einer 9 bis 12 cm hohen Steinschlagdecke besteht (Abb. 427). Die Brückentafel wird im ersten Falle zweckmäßig aus raufkantig beschlagenen Hölzern statt aus Bohlen hergestellt, weil sich die Schotterlage dann besser festlagern kann, auch werden die Hölzer zu diesem Zwecke und der Entwässerung wegen mit kleinen Zwischenräumen verlegt. Bei den gleichen, in obiger Formel gewählten Bezeichnungen, und wenn z die mittlere Dicke der Beschotterung (Steinschlagbahn) in Zentimetern bedeutet,

berechnet sich die Bohlenstärke unter der Annahme, daß sich der Raddruck in der Längsrichtung der Bohle auf 2z cm gleichmäßig verteilt, zu

$$d = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \left(\frac{c - z}{b} \right) \cdot \frac{D}{k}} \text{ cm.}$$

Zur seitlichen Begrenzung der Kies- und Steinschlagbahn dienen Saumschwellen. Häufig höhlt man in diesen Schwellen Rinnen aus, in denen das von der gewölbten Fahrbahn abfließende Wasser nach den Brückenden oder nach Blechröhren geleitet wird, die durch die Saumschwellen hindurchgesteckt sind (Abb. 426). Mitunter werden jedoch auch gepflasterte Rinnen hergestellt.

Eine Kies- oder Steinschlagbahn ist zwar leichter und billiger instandzuhalten als ein Bohlenbelag und verteilt den Raddruck auf eine größere Fläche der Brückentafel, sie erhöht aber wesentlich das Eigengewicht der Brücke, vergrößert, bevor sie festgefahren ist, den Zugwiderstand und erschwert die Kontrolle und die Erneuerung des Brückenbelages.

Noch ungünstiger in diesem Sinne wirkt eine Steinpflasterung auf Sandbettung, die auch noch das Austrocknen der hölzernen Unterlage hindert.

Besser ist ein Holzpflaster aus 8 bis 15 cm hohen, 8 bis 10 cm breiten und 15 bis 25 cm langen, mit Kreosotöl oder reinem, auch karbolsäurehaltigem Zinkchlorid getränkten Klößen aus Kiefern- oder Eichenholz (auch aus ausländischen Holzarten), die mit dem Hirnende nach oben in senkrechten oder unter 45° zur Brückenrichtung geneigten Reihen entweder unmittelbar auf den Bohlenbelag oder auf eine etwa 5 cm hohe Sandschicht verlegt, in ihren Fugen mit Zementmörtel oder einer künstlichen Asphaltmasse gedichtet und mit einer 1 bis 2 cm hohen Sand- oder Kiesschicht überdeckt werden. Ein Holzpflaster ist leichter und elastischer als eine Steinpflasterung oder Beschotterung, hat aber den Übelstand, daß durch ein Schwinden des Holzes bei trockenem Wetter und ein

Aufquellen bei nassem Wetter der Verband der Holzklöße gelockert wird (Abb. 428).

Nicht zu empfehlen ist die Aufbringung von Beton auf den Bohlenbelag (z. B. zum Zweck der Herstellung einer Stampfasphaltbahn), weil der Beton durch die unvermeidlichen Bewegungen der hölzernen Unterlage bei Witterungswechsel Risse und Sprünge bekommt, in die das Wasser eindringt; bei einem Gefrieren des Wassers würde der Beton zerstört werden.

Auch eine Holzpflasterung ist der leichteren Entwässerung wegen mit einem Quergefälle von etwa 1 : 40 zu versehen.

Bei vorhandener Sandunterbettung ist dieses Gefälle leicht herzustellen, bei fehlender wird es dadurch erhalten, daß man die Querböhlen der Brückentafel in gleicher Weise wölbt oder

fattelförmig verlegt, wie dies oben beschrieben wurde, bzw. die mittlere Längsbohlen auf keilförmige Unterlagstücke aufnagelt.

b) Eisenbahnbrücken.

Die Bahnschienen werden bei Holzbrücken entweder durch hölzerne Querschwellen oder durch hölzerne Längschwellen unterstützt. Es empfiehlt sich, das Fahrbahngerippe der Brücke so anzuordnen, daß die Schienen auf Querschwellen gelagert werden können, weil sich diese weniger leicht als die Längschwellen werfen und verdrehen, und weil sich bei ihnen die Spurweite der Schienen ohne besondere Vorkehrungen gut einhalten läßt.

Die Entfernung der Querschwellen beträgt auf Hauptbahnen 73 bis 85 cm und am schwebenden Schienenstoß

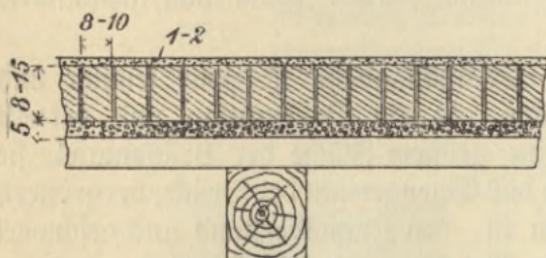


Abb. 428.

50 bis 53 cm, auf Nebenbahnen 90 bis 100 cm bzw. 53 cm von Mitte zu Mitte, die Schwellenlänge bei Hauptbahnen 2,70 m und bei Nebenbahnen 2,50 m. Der Querschnitt richtet sich nach der Art der Unterstützung. Werden die Querschwellen unmittelbar unter den Schienen durch einen oder mehrere Träger unterstützt, so wählt man sie ebenso stark wie die Querschwellen der angrenzenden Bahnstrecke (auf preussischen Staatsbahnen 16 cm hoch und 26 cm breit), anderenfalls sind sie auf Biegefestigkeit zu berechnen.

Die Querschwellen werden mit den Trägern durch je zwei Schraubenbolzen von 20 bis 25 mm Durchmesser verbunden, die je nach der Schienenstärke in Abständen von 70 bis 85 cm eingezogen werden, und bei Brücken mit Schnellzugsverkehr etwa 2 bis 2,5 cm tief mit den Trägern verkämmt.

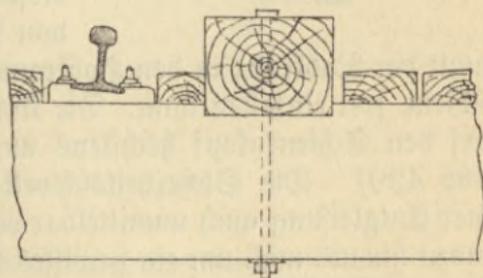


Abb. 429.

Eine der Schienenneigung 1:20 bis 1:16

entsprechende Kappung der Querschwellen ist in Preußen und anderwärts nicht mehr gebräuchlich; man legt jetzt die Schienen auf keilförmige, meistens flußeiserne Unterlagsplatten und befestigt Schiene und Platte durch drei gegeneinander versetzte Hakennägeln oder Schwellenschrauben. (Auf preussischen Staatsbahnen werden Hakennägeln jetzt nur noch bei Nebenbahnen mit 115 mm hohen Schienen verwendet.) Abb. 429.

Auf die Querschwellen wird zwischen und neben den Schienen ein Belag aus Längsbohlen aufgenagelt, die je nach dem Schwellenabstande eine Stärke von 3 bis 5 cm erhalten und mit etwa 2 cm weiten Zwischenräumen verlegt, sowie mit abgechrägten Kanten versehen werden. Zur Verhütung einer Entzündung der zwischen den Schienen gelegenen Bohlen durch glühende, aus dem Aschenkasten der Lokomotive fallende Kohlen bedeckt man die Bohlen wohl mit einer Kies- oder

Schotter-schicht (vergl. Abb. 420); jedenfalls läßt man sie aber ohne Teer-anstrich, weil ein solcher die Entzündbarkeit des Holzes erhöht.

Einen Schutz gegen das Hinabstürzen der Eisenbahnfahrzeuge bei Entgleisungen gewährt ein erhöht angelegter Fußweg (Abb. 430) oder eine neben den Schienen innerhalb des Gleises angeordnete Langschwelle, die mit den Querschwellen

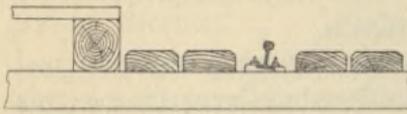


Abb. 430.

durch Schraubenbolzen verbunden wird. Diese Langschwelle (Sicherheitsschwelle) sind in einem Abstände von etwa 16 cm von der Schiene zu verlegen,

damit der Radkranz in den Hohlraum zwischen Schwelle und Schiene frei einfallen kann. Die Kopffläche dieser Schwelle darf den Schienenkopf höchstens um 3 bis 5 cm überragen (Abb. 429). Die Sicherheitsschwelle sind zur Verhütung einer Entgleisung auch unmittelbar vor der Brücke über deren Enden hinaus noch um ein gewisses Stück zu verlängern.

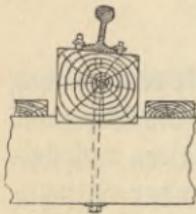


Abb. 431.

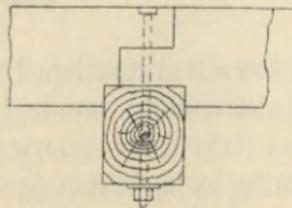


Abb. 432.

Die Langschwelle werden entweder unmittelbar auf die Hauptträger oder auf besondere Querträger gelegt und mit diesen verkämmt und ver-

bolzt. Ihre Kopffläche wird der Schienenneigung entsprechend abgeschragt, weil die Schienen auf sie ohne Unterlagsplatten gelagert werden. Die Befestigung der Schienen erfolgt auch hier durch Hafennägeln oder Schwellenschrauben (Abb. 431). Der Stoß der Langschwelle wird zweckmäßig mit kurzer, gerader Unterblattung ausgeführt und durch Schraubenbolzen gesichert. Liegen die Langschwelle auf Querträgern, so ist der Stoß über einem Träger anzuordnen und es sind die Langschwelleenden mit diesem zu verbolzen (Abb. 432).

Der Bohlenbelag kann entweder der Länge nach auf den Querträgern oder außerhalb des Gleises auch der Quere nach auf besonderen niedrigen Längsbalken und mit Gefälle nach außen verlegt werden (Abb. 433).

Liegt die Brücke in einer gekrümmten Eisenbahnstrecke, so kann man die Überhöhung des äußeren Schienenstranges dadurch erreichen, daß man bei Verwendung von Querschwellen diese mit den inneren Trägern stärker verkämmt als mit den äußeren, so daß die Querschwellen schief liegen, oder bei stärkeren Krümmungen unter die Außenschiene eine Längschwelle legt und sie mit den Querschwellen verkämmt, oder

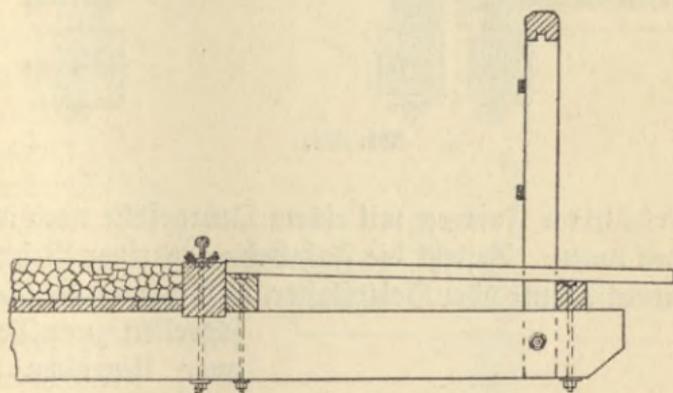


Abb. 433.

den äußeren Brückenträgern eine höhere Lage gibt als den inneren usw. Liegen die Schienen aber auf Längsschwellen, so kann man die äußeren Schwellen etwas höher wählen als die inneren, oder erstere weniger tief mit den Querträgern verkämmen, oder die Querträger in die inneren Hauptträger weniger tief als in die äußeren einlassen, oder auf die äußeren Hauptträger Futterhölzer auflegen.

§ 40. Fußwege und Geländer.

Untergeordnete Holzbrücken erhalten gewöhnlich keine besonderen Fußwege. Bei Brücken mit schwachem Fußgängerverkehr kann man auf beiden Seiten der Brückenbahn durch

aufgeschraubte Saumschwellen einen schmalen Fußweg von der Fahrbahn abtrennen und, wenn ein doppelter Bohlenbelag für letztere gewählt wird, den Oberbelag um 1 bis 2 m schmaler als die Brückenbreite herstellen (vergl. Abb. 424 und 425). Verkehrreichere Holzbrücken erhalten beiderseits

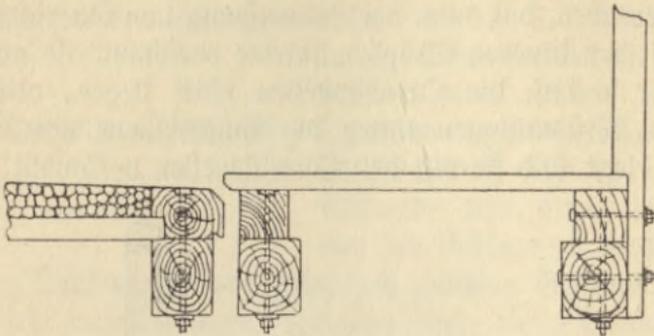


Abb. 434.

einen erhöhten Fußweg mit einem Quergefälle nach außen oder nach innen. Besteht die Fahrbahn aus einer Beschotterung, einem Stein- oder Holzpflaster, so kann man die Saumschwellen zum Tragen

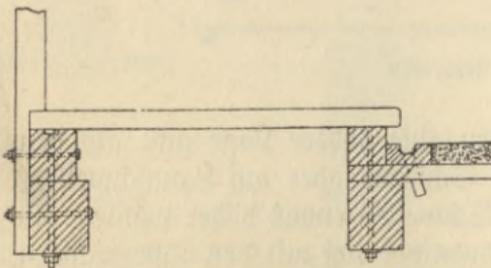


Abb. 435.

quer liegender Fußwegbohlen benutzen; meistens legt man aber die Fußwegbohlen auf besondere Langschwellen und läßt entweder zwischen diesen und den Saumschwellen der Fahrbahn einen Zwi-

schenraum zur Ableitung des Niederschlagswassers (Abb. 434) oder höhlt in der Saumschwelle eine Rinne aus (Abb. 435).

Die Geländer der Holzbrücken fertigt man in der Regel ganz aus Holz, seltener aus Schmiedeeisen. In einfachster Weise besteht ein Holzgeländer aus Pfosten, Holmen, Niegeln und Fußstreben.

Die Pfosten (Säulen, Ständer) werden je nach der Größe des Verkehrs auf der Brücke in Entfernungen von 1,6 bis 2,5 m angeordnet und erhalten meistens einen quadratischen Querschnitt von 14 bis 16 cm Seitenlänge. Ihre freie Höhe wird zu 90 bis 100 cm gewählt. Sie werden entweder auf die Bohlen der Brückendecke, auf Saumschwellen oder Querschwellen aufgezapft oder seitlich an die Längsträger von außen und bei Fachwerkbrücken mit oben liegender Fahrbahn auch an die Querschwellen angeblattet und durch Schraubenbolzen befestigt. Um die Widerstandsfähigkeit gegen Seiten-

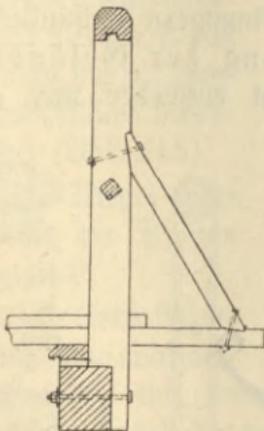


Abb. 436.

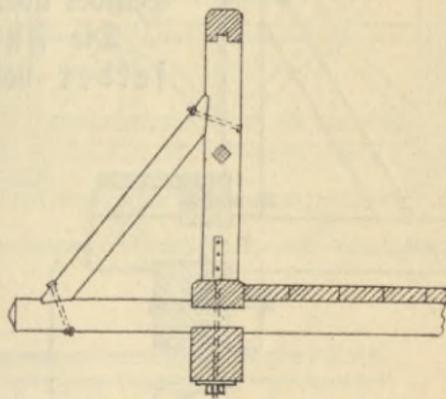


Abb. 437.

druck zu erhöhen, werden die eingezapften Pfosten immer, die angeblatteten vielfach noch mit Fußstreben versehen, die außen anzubringen sind, weil sie innen angeordnet die Fußgänger leicht zum Stolpern bringen und die Brückenbahn einengen. Der Querschnitt der hölzernen Streben ist gewöhnlich ein Rechteck von 10 bis 14 cm Breite und 12 bis 16 cm Höhe. Die Strebe wird mit dem Pfosten und mit einer bzw. zwei vorgestreckten Bohlen (Abb. 436) oder mit den Fußwegquerschwellen (Abb. 437) durch Versatz und Schraubenbolzen verbunden, oder sie wird an diese seitlich angeblattet (Abb. 438). Statt der hölzernen Streben kommen auch schmiedeeiserne zur Verwendung, die mittels Bolzen befestigt werden (Abb. 439).

Den oberen Geländerabluß bildet ein Holm (Brustriegel, Brustlehne), der entweder ebenso breit oder breiter als der Pfosten und 16 bis 18 cm hoch gewählt wird, so daß das Geländer über der Fußwegoberfläche eine Höhe von etwa 1,0 bis 1,2 m erreicht. Der Holm wird oben abgerundet oder abgekantet (abgeschrägt) und bei Parkbrücken und anderen reicher auszustattenden Brücken besonders profiliert (Abb. 440 und 441). Die Pfosten werden mit dem Holm durch einen kurzen halben Zapfen und Eichenholznagel oder Schraubenbolzen, mitunter auch noch durch eiserne Bänder oder Klammern verbunden.

Die Füllung der Geländerfelder besteht entweder nur aus

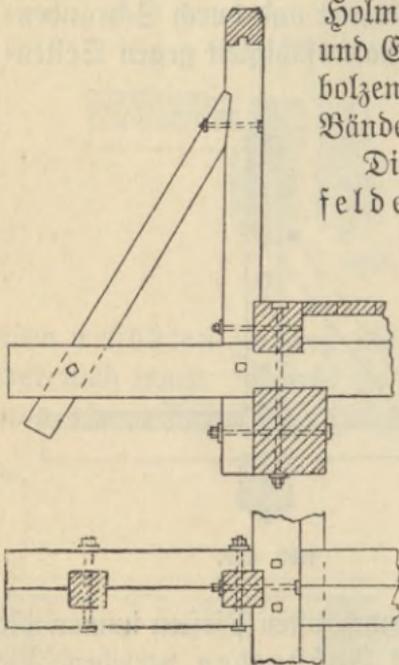


Abb. 438.

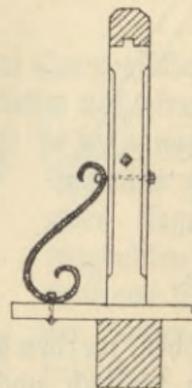


Abb. 439.

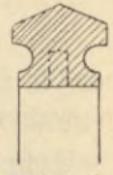


Abb. 440.



Abb. 441.

einem über Eck gestellten Riegel von 8 bis 12 cm Stärke (Abb. 442) oder aus zwei übereinander angeordneten Riegeln oder aus kreuzförmig (Abb. 443) oder sternförmig zusammengesetzten Riegeln (Abb. 444) oder, wenn eine dichtere Füllung notwendig ist (z. B. bei städtischen Brücken), aus einem Gitterwerk von dünneren Stäben oder bei besserer Ausstattung aus lotrecht gehobelten Brettern, die nach einfachen oder reicheren Mustern ausgeschnitten, oben in den Holm eingemutet

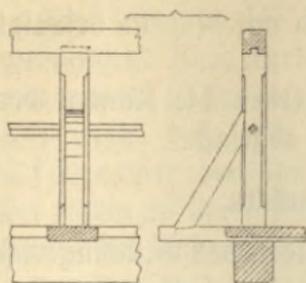


Abb. 442.

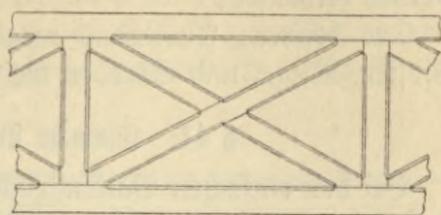


Abb. 443.

und unten an einen Geländerriegel ange-nagelt werden, so daß sie nicht bis zur Fuß-wegoberfläche hinab-reichen (Abb. 445).

Die Riegel wer-den in die Pfosten eingezapft.

Sehr kleine Eisen-bahnbrücken und Fach-werkbrücken mit unten liegender Fahrbahn er-halten in der Regel kein Geländer; bei letzteren bieten die Tragwände meistens selbst einen ge-nügenden Schutz gegen ein Hinabstürzen der Fußgänger oder Fuhr-werke. Bei Hängewerk-brücken dagegen sind dem

Tragwerk noch Riegel und wenn nötig Pfosten hinzuzufügen (siehe § 44). Die einfacher zu gestaltenden Geländer der Eisen-bahnbrücken, auf denen nur Bahnbeamte und Streckenarbeiter verkehren, erhalten an Stelle der Riegel häufig Latten, die

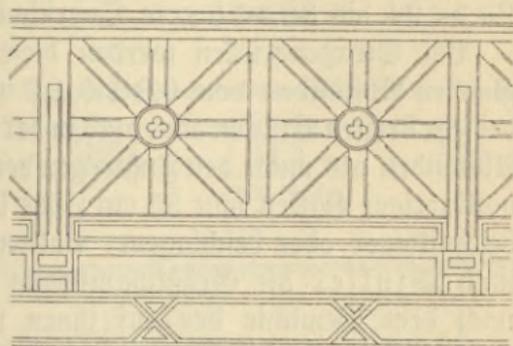


Abb. 444.

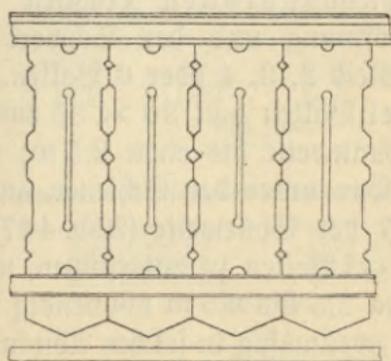


Abb. 445.

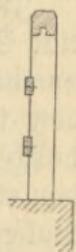


Abb. 446.

in die Pfosten seitlich eingelassen und mit Nägeln befestigt werden (Abb. 446).

Des besseren Aussehens wegen werden die Ranten der Pfosten, Riegel und Streben meistens abgefaßt.

§ 41. Einfache Balkenbrücken.

Bei den einfachen Balkenbrücken bilden das Brückengerüst parallel nebeneinander liegende Balken (Tragbalken, Brückenbalken, Straßenbalken, Streck- oder Enzbäume) von etwa 20×24 bis 30×36 cm Querschnitt.

Bei Straßenbrücken werden diese Balken gewöhnlich in gleichen Abständen von 0,8 bis 1,2 m von Mitte zu Mitte, bei sehr breiten Brücken aber auch in der Fahrbahn in geringeren Abständen als unter den Fußwegen verlegt. Bei Verwendung vollkantiger Balken von 35 cm Höhe bzw. nur oben und unten beschrittener oder beschlagener Balken von 45 cm Höhe kann nach Winkler die Größtspannweite der Straßenbrücken je nach dem Gewichte der auf ihnen verkehrenden schwersten Fuhrwerke zu 4,2 bis 6,5 m bzw. zu 6,6 bis 8,5 m angenommen werden.

Eisenbahnbrücken erhalten je nach der Weite der Brückenöffnung und der Schwere der Lokomotiven unter jedem Gleis 2, 3, 4 oder 6 Balken.

Zwei Balken von 30×36 cm Querschnitt genügen für eine Spannweite bis etwa 2,5 m; man ordnet sie entweder unmittelbar unter den Schienen an oder in einem Abstände von 1,5 der Spurweite (Abb. 447). Ist die Querschwelle durch drei Balken zu unterstützen, was bei einer Spannweite von etwa 2,5 bis 3,5 m notwendig wird, so verlegt man die Balken zweckmäßig in solchen Abständen, daß jeder gleich stark belastet ist. Tschertou empfiehlt, den mittleren Abstand der Außenträger von Mitte zu Mitte zu

$$e = 1,292 s - 0,4 \frac{c^2}{s}$$

anzunehmen; in dieser Formel bedeutet s die Spurweite des Gleises und c die halbe Balkenbreite ($= 15$ cm) (Abb. 448).

Bei 4 Balken, die für Spannweiten von etwa 3,5 bis 4,0 m ausreichend sind, werden entweder je zwei unter jeder Schiene angeordnet (Abb. 447), oder die 4 Balken werden wieder so verteilt, daß jeder eine gleiche Last erhält. Dies ist nach Tschertou der Fall bei einem mittleren Ab-

$$e = 1,532 s - 0,6 \frac{c^2}{s}$$

wenn $c = 0,5$ ist

(Abb. 450). Bei 6 Balken (für Spannweiten von etwa 4,5 bis 5,0 m) verlegt man unter jede Schiene je drei

Die Balken werden zur Vermeidung einer seitlichen Verschiebung auf die Holme der End- und Mitteljoche aufgekämmt (am besten mittels Kreuzkammes) und bei massiven Widerlagern und Zwischenpfeilern in eine gemeinschaftliche, bei größerer Spannweite auch in zwei eichene Mauer-
schwellen 2 bis 2,5 cm tief eingelassen. Die Mauer-
schwellen erhalten zweckmäßig einen quadratischen Querschnitt mit einer Seitenlänge von etwa 0,7 der Brückenbalkenhöhe. Durch die Mauer-
schwellen wird eine gute Querverbindung ge-
schaffen und eine bessere Druckverteilung auf das Mauerwerk erzielt.

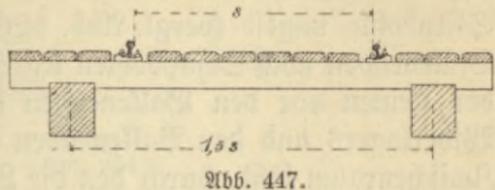


Abb. 447.

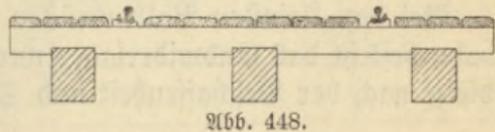


Abb. 448.

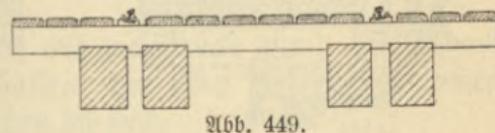


Abb. 449.

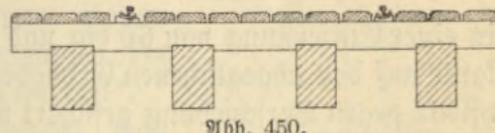


Abb. 450.

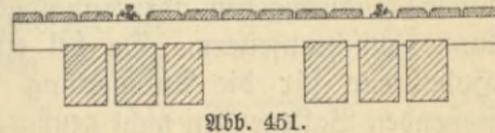


Abb. 451.

Die Balken müssen über Endjoch oder Mauer Schwelle noch mindestens 30 cm hinausreichen, und ihre Stirnflächen sind gegen Masse dadurch zu schützen, daß man die Balkenenden in Kies verlegt (Abb. 452) oder gegen sie ein mit Karbolinenum oder einem anderen fäulniswidrigen Mittel getränkte Stirnbohle nagelt (vergl. Abb. 420), auch wohl unter die Balkenenden noch Schutzbohlen legt (Abb. 453), oder zwischen der kleinen vor den Balkenenden aufgeführten Mauer des Widerlagers und den Balkenenden einen 2 bis 5 cm breiten Zwischenraum läßt, durch den die Luft streichen kann (vergl. Abb. 421).

Bei den kleinsten Balkenbrücken der österreichischen Südbahn besteht das Endwiderlager nur aus einer Querschwelle, die je nach der Beschaffenheit und Steilheit der Uferböschung

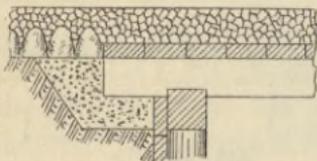


Abb. 452.

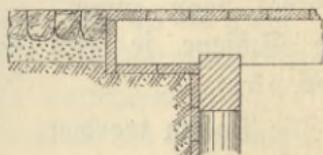


Abb. 453.

in einer Entfernung von 60 cm und mehr von der Böschungskante auf den abgeglichenen Erdboden gelegt und durch Holzpflocke gegen Verschiebung gesichert wird (Abb. 454 und 455).

Die Balken läßt man entweder in der ganzen Länge der Brücke hindurchgehen, oder man stößt sie über den Mitteljochen bzw. Zwischenpfeilern. Da bei einfachen Mitteljochen die Holmbreite für die Auflagerung der beiden aneinandertreffenden Balkenenden nicht genügt, werden die Balken entweder nebeneinander und mit über den Holm hinausragenden Enden verlegt und zweckmäßig durch Schraubenbolzen oder Klammern verbunden (Abb. 456), oder die Balkenenden werden, weil bei jener Anordnung die Bohlen der Brückendecke unregelmäßig unterstützt werden, besser durch eine schräge und durch Schraubenbolzen oder seitliche Klammern bzw. Schienen gesicherte Überblattung verbunden (Abb. 457).

Ein Hakenblatt mit Verschraubung und Verdübelung (Abb. 458) hält Houselle (a. a. D. S. 394) im allgemeinen

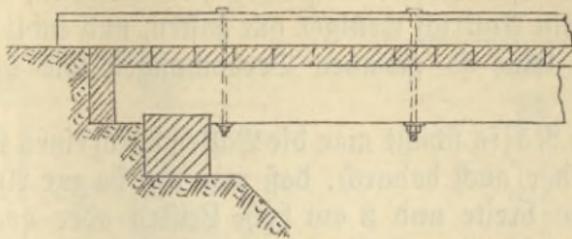


Abb. 454.

nicht für erforderlich, „da zur Aufnahme der geringen wagenrechten Kräfte, die in der Längsrichtung der Brücke auftreten können (Angriff der

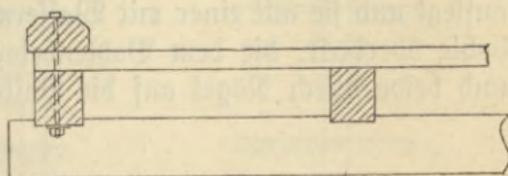


Abb. 455.

Zugtiere beim Auffahren auf die Brücke usw.), die Endauflagerung der Straßenbalken, der über die Stöße hinweggestreckte Bohlenbelag sowie die senkrechten, durch die einfachen schrägen Überblattungen gezogenen Bolzen oder seitlichen Verklammerungen oder Verschienungen genügen werden“.

Zu den Trägern nimmt man gewöhnlich Balken mit rechteckigem Querschnitt. Bei Holzbrücken, die nur vorübergehend dem Verkehr

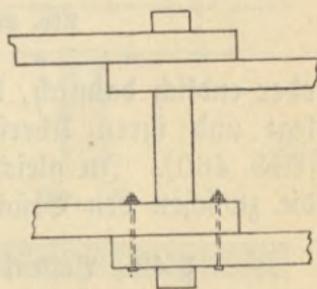


Abb. 456.

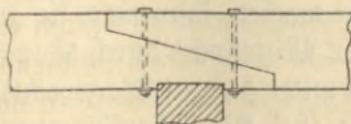


Abb. 457.

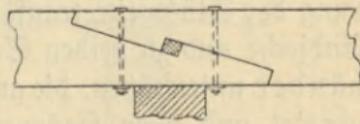


Abb. 458.

dienen sollen, werden aber zweckmäßig nur waldfantige Balken (mit rundem Querschnitt) verwendet, weil sie billiger sind und eine größere Tragfähigkeit besitzen als vollkantige

Balken von gleicher Höhe. Für dauernde Brücken eignen sie sich weniger; sie sehen schlechter aus, erschweren den Wasserabfluß und lassen Fehler im Holze schwer erkennen, auch bleibt an ihnen ein Anstrich weniger gut haften, und endlich ermöglichen sie keine so genauen Verbindungen wie vollkantige Balken.

Gegen Rässe schützt man die Balken durch einen Ölfarb-anstrich oder auch dadurch, daß man auf sie zur Auslüftung etwa 5 cm breite und 3 cm hohe Leisten oder quadratische Klöße von einer der Balkenbreite entsprechenden Länge quer auflegt und sie mit einer mit Wassernasen versehenen Längsbohle überdeckt, die dem Bohlenbelage als Unterlage dient, und beide durch Nägel auf die Balken befestigt (Abb. 459),

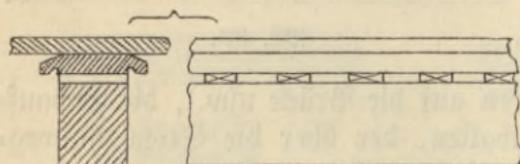


Abb. 459.

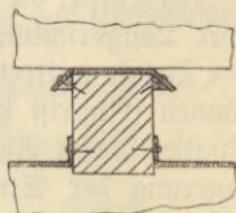


Abb. 460.

oder endlich dadurch, daß man über die Balken Steinpappe legt und ihren Überstand an dreikantige Leisten nagelt (Abb. 460). In gleicher Weise schützt man zweckmäßig auch die zwischen den Brückenbalken freiliegenden Zochholmteile.

§ 42. Balkenbrücken mit verstärkten Trägern.

Um die einfachen Balken der Zochbrücken durch Verminderung der Stützweite tragfähiger zu machen, kann man sie am Endjoch und zu beiden Seiten der Mitteljoch durch Kopfbänder unterstützen, die am besten unter 45° zur Wagerechten geneigt und über Hochwasserhöhe (bei Wegeüberführungen außerhalb der Umgrenzung des lichten Raumes der Eisenbahnwagen) anzuordnen und mit den Brückenbalken und Zochpfählen durch Versatz und Zapfen zu verbinden (Abb. 462 a) oder an diese anzublatten sind (Abb. 462 b).

Eine bessere Verstärkung der Träger von Jochbrücken mit steinernen End- und Zwischenauflagern erzielt man durch ein-

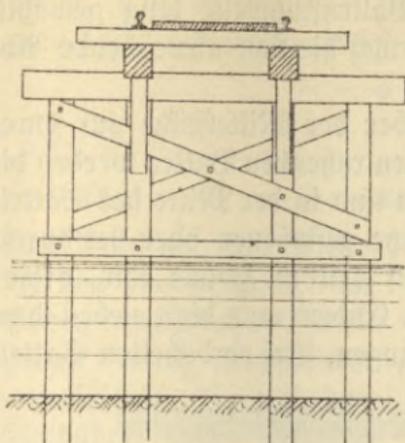


Abb. 461.

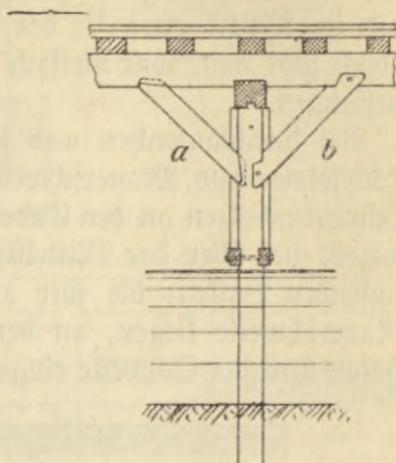


Abb. 462.

fache oder doppelte Sattel-
hölzer, die mit den Trä-
gern entweder nur durch
Schraubenbolzen (Abb. 463)
oder besser durch Verzäh-
nung und Verschraubung
(Abb. 464) oder durch Ver-
dübelung und Verschrau-
bung (Abb. 465) fest ver-
bunden werden, so daß sich
die Enden der sich unter der
Last durchbiegenden Träger
nicht vom Sattelholze ab-
heben und auch nicht seitliche
Verschiebungen eintreten
können. Die Sattelhölzer

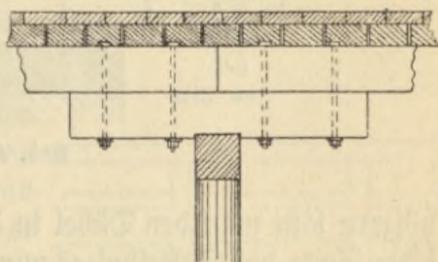


Abb. 463.

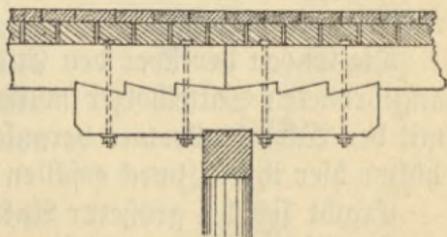


Abb. 464.

verringern nicht nur die freitragende Länge der Brücken-
balken, sondern sie gewähren diesen auch eine günstigere Auf-
lagerung. Sie werden mit den Holmen der End- und Mittel-

joche bzw. mit den Maueranschwellen der massiven Widerlager und Zwischenpfeiler etwa 2 cm tief verkrämmt. In der Regel wird das Sattelholz ebenso breit und hoch wie der Tragbalken und im Mittel etwa $\frac{1}{5}$ der Balkenstützweite lang gewählt, jedoch gibt man ihm vielfach auch hiervon abweichende Abmessungen.

Bei durchlaufenden und über der Mittelstütze auf zwei Jochholmen bzw. Maueranschwellen ruhenden Balken werden die Schraubenbolzen an den Enden und in der Mitte des Sattelholzes, bei über der Mittelstütze gestoßenen oder bei durchlaufenden Balken, die nur auf einem Holme bzw. einer Maueranschwellen liegen, an den Enden und dicht neben dem Holme bzw. der Schwelle eingezogen. Bei verdübelten Sattel-

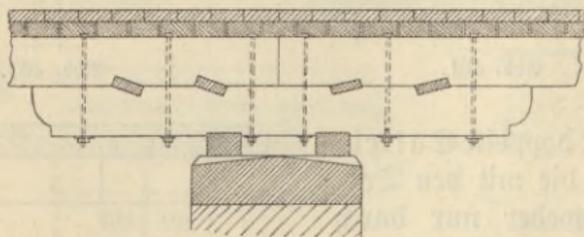


Abb. 465.

hölzern läßt man den Dübel in der Mitte fehlen und zieht auf jeder Seite des Sattelholzes mindestens zwei Schraubenbolzen ein, um ein Nachtreiben der Dübel ohne Hebung der Trägerenden zu ermöglichen.

Die Enden der über den Endauflagern der Brückenbalken angeordneten Sattelhölzer müssen mit den Jochpfeilern bzw. mit der Widerlagsmauer verankert werden, wenn die Sattelhölzer hier ihren Zweck erfüllen sollen.

Ergibt sich bei größerer Ausladung des Sattelholzes aus der statischen Berechnung eine zu große Stärke für ein Holz, so kann man zwei Sattelhölzer übereinander anordnen und unter sich und mit den Brückenbalken durch Dübel und Schraubenbolzen verbinden, wobei man dann zweckmäßig das untere Sattelholz kürzer wählt als das obere (Abb. 466), oder

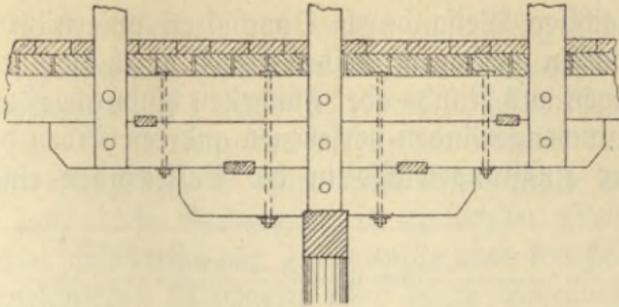


Abb. 466.

man kann, und dies ist entschieden vorzuziehen, die Enden des einfachen Sattelholzes durch Kopfbänder unterstützen, die mit dem Sattelholz und Jochpfahl entweder nur durch Versatz oder durch Versatz und Zapfen verbunden werden, oder die sich oben gegen ein unter die Sattelhölzer geschraubtes und zweckmäßig in diese etwas eingelassenes Querholz und unten gegen die Zangenhölzer der Jochpfähle (Abb. 467) bzw. gegen eine Mauerschwelle des massiven Endwiderlagers stemmen (Abb. 468). Auch hier wählt man die Neigung der Kopfbänder am besten unter 45° zur Wagerechten.

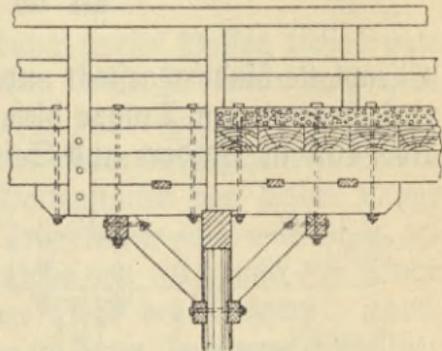


Abb. 467.

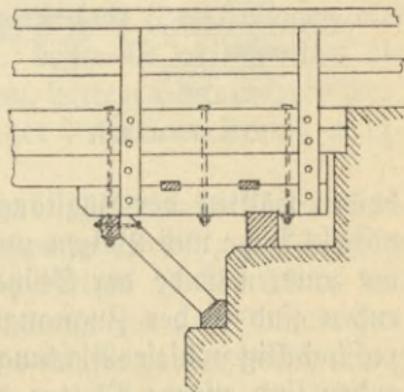


Abb. 468.

Noch zu erwähnen sind die sog. armierten Träger, die bei geringerer Spannweite (6 bis 8 m) nur einmal (in ihrer Mitte), bei größerer (8 bis 10 m) aber zweimal, und zwar entweder in gleichen Entfernungen oder in einem Abstände von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{5}$ der Trägerlänge von den Endwiderlagern und

in einfachster Weise durch Querbolzen unterstützt werden. Diese Bolzen werden an beiden Enden durch die Eisen zweier Zugstangen aus Rund- oder Flacheisen hindurchgesteckt, deren mit Schraubengewinden versehenen anderen Enden durch eine quer zur Zugstangenachse in die Balkenenden eingelassene

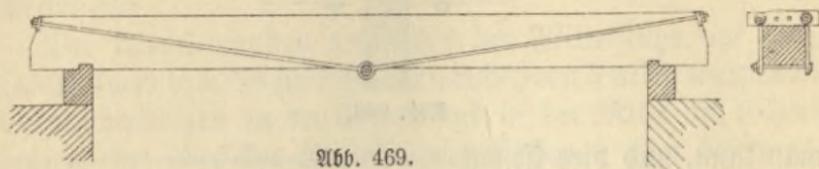


Abb. 469.

Eisenplatte hindurchgesteckt und festgeschraubt werden. Einen einfach armierten Träger dieser Konstruktion veranschaulicht Abb. 469 in Vorder- und Seitenansicht (Handbuch der Ingenieurwissenschaften Bd. II S. 378, Abb. 26).

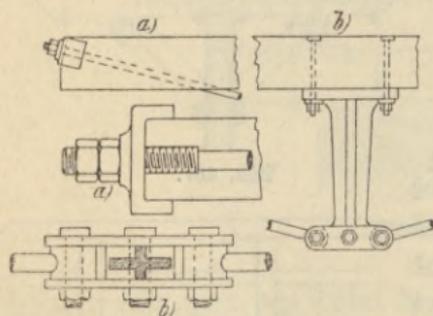


Abb. 470 u. 471.

Statt der Querbolzen kann man auch Holzflöße oder gußeiserne Stützen anordnen. In den Abb. 470 und 471 ruht der Balken in seiner Mitte auf einer kreuzförmigen Stütze, deren Flansch durch Schrauben am Balken befestigt ist. Die

beiden Hälften der Zugstange sind hier ganz getrennt und mittels Auge und Bolzen zwischen zwei Laschen befestigt, die am unteren Ende der Stütze angebracht sind. Die Balkenenden sind in der Zugstangenrichtung durchbohrt und oben rechtwinklig zu dieser Richtung abgeschritten. Vor diese Balkenenden sind eiserne Platten gelegt, die durch eine oder zwei Muttern der Zugstangen fest gegen das Holz gepreßt werden.

§ 43. Balkenbrücken mit zusammengesetzten Trägern.

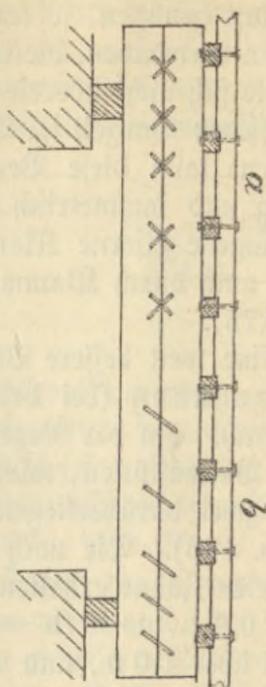
Ist die Spannweite der Brücke so groß, daß einfache Balken, in den üblichen Abständen voneinander verlegt, selbst

bei starken Abmessungen nicht mehr zum Tragen der Verkehrslast genügen, so kann man mehrere übereinandergelegte Balken verwenden, die unter sich jedoch so zu verbinden sind, daß sie sich nicht übereinander verschieben können. Bei knapp bemessener Bauzeit (z. B. beim Bau von Kriegs- und Notbrücken) kann diese Verbindung in einfachster Weise durch schräg und symmetrisch zur Trägermitte oder kreuzweise eingeschlagene eiserne Klammern oder durch Schraubenbolzen oder auch durch Klammern und Bolzen erfolgen (Abb. 472 bis 475).

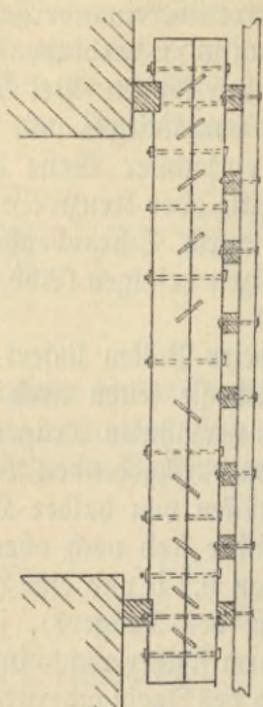
Eine weit bessere Verbindung zweier Balken liefert eine Verzahnung (bei drei Balken wird sie selten noch ausgeführt). In der Regel bestehen die verzahnten Träger aus drei Balkenstücken, nämlich aus einem durchgehenden Balken und zwei darüberliegenden Balkenstücken von halber Länge (Abb. 476). Die nach der Trägermitte und nach oben gerichteten Zähne erhalten eine Höhe von $0,1 h$ und eine Länge von $0,8 h$ bis h ($h =$ ganze Höhe des Trägers), jedoch nicht über $1,0 m$, und werden in Form flacher rechtwinkliger Dreiecke hergestellt. Zur Vermeidung des Ineinanderpressens der Hirnholzflächen wählt man vielfach Zwischenlagen aus dünnem Eisen- oder Zinkblech; besser ist es, zwischen die Zähne schwache Keile aus trockenem, hartem Holze einzutreiben, weil hierdurch auch bei ungenauer Arbeit ein Schluß zu erreichen ist.

Die verzahnten Balken werden durch Schraubenbolzen miteinander verbunden, deren Durchmesser etwa $\frac{1}{10}$ der Trägerbreite beträgt. Man pflegt die Bolzen in der Mitte des Trägers gewöhnlich in einem Abstände von zwei Zahnweiten, an den Trägerenden jedoch, wo die Neigung einer Verschiebung der Trägerstücke eine größere ist, durch die Mitte eines jeden Zahnes einzuziehen. Von Zeit zu Zeit sind die Muttern von neuem fest anzuziehen und die Hartholzkeile nachzutreiben, erforderlichenfalls auch durch stärkere zu ersetzen (Abb. 477).

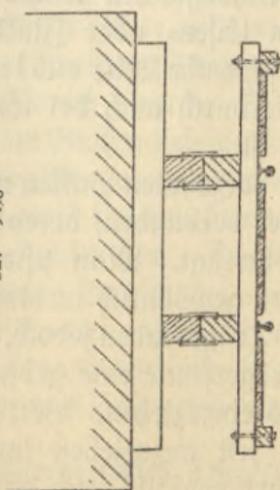
Zur Erhöhung der Tragfähigkeit und zur Erzielung eines dichteren Aneinanderschlusses der Zähne bei Belastung des



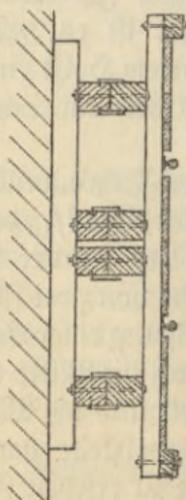
910b. 472.



910b. 474.



910b. 473.



910b. 475.

Trägers gibt man diesem eine Überhöhung (Sprengung), deren Pfeil nach Winkler

$$y \leq 0,0002 \frac{l^2}{h} \text{ bis } y \leq 0,00027 \frac{l^2}{h}$$

betragen soll.

Verzahnte Träger erfordern eine sehr genaue Bearbeitung der Zähne und sind daher schwierig herzustellen; außerdem geht durch den Zahneingriff an Trägerhöhe verloren, so daß

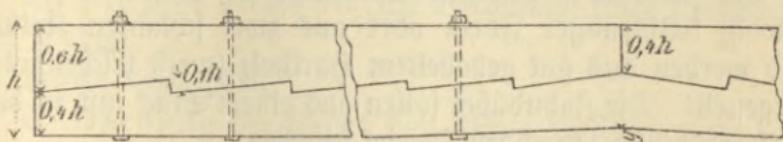


Abb. 476.

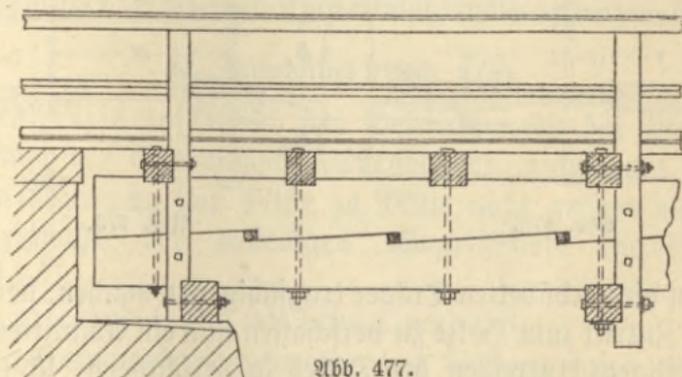


Abb. 477.

die Balken nicht mit ihrem vollen Querschnitt ausgenutzt werden können. Man darf daher bei verzahnten Trägern aus zwei Einzelbalken als Belastung nur etwa $\frac{3}{4}$ derjenigen Last rechnen, die ein gleich großer Balken von vollem Querschnitt tragen würde. Aus diesen Gründen wird von vielen eine Verdübelung der Verzahnung vorgezogen.

Die verdübelten Träger werden entweder mit geraden Dübeln (Querdübeln, Keildübeln, Abb. 478) oder mit nach der Trägermitte hin schräg gestellten Dübeln (Längsdübeln, Zahndübeln, Abb. 479) ausgeführt. Träger mit Querdübeln sind leichter herzustellen als solche mit Zahndübeln, da letztere wie die Verzahnung selbst eine sehr genaue Arbeit verlangen.

Querdübel können genau eingepaßt werden, auch läßt sich bei ungenauer Arbeit oder beim Zusammentrocknen der Hölzer durch Nachtreiben der Dübel ein Schluß erzielen, was bei Zahndübeln nicht möglich ist, weil man durch sie die zur festen Verbindung der Balken notwendigen Schraubenbolzen zu ziehen pflegt. Trotzdem werden Zahndübel vielfach vorgezogen, weil sie einer Verschiebung der Balken wirksamer begegnen.

Die Querdübel bestehen entweder aus einem Stück in schwach keilförmiger Form oder aus zwei schlanken Keilen und werden aus gut gehobeltem Hartholz (meist Eichenholz) hergestellt. Die Zahndübel sollen aus einem Stück mit in der Trägerrichtung laufenden Fasern bestehen.

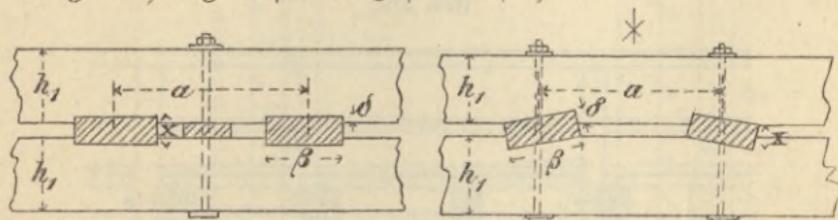


Abb. 478.

Abb. 479.

Um die verdübelten Träger tragfähiger zu machen, der Luft freien Zutritt zum Holze zu verschaffen und ein Absplittern bei zu kräftigem Antreiben der Dübel zu verhindern, läßt man zwischen den einzelnen Balken einen Zwischenraum von etwa $\frac{1}{10}$ der Höhe eines Balkens, so daß sich die oberen Balken von Dübel zu Dübel freitragen. Zweckmäßig legt man dann in der Mitte zwischen zwei Querdübeln kleine Brettstückchen (Futterhölzer) in die Zwischenräume ein und läßt durch sie die auch bei verdübelten Trägern stets notwendigen Schraubenbolzen hindurchgehen. Bei dieser Anordnung werden die Dübel nur auf Abscherung beansprucht; Reibung wird nur an diesen Zwischenlagern erzeugt und kommt der Abscherungsfestigkeit der Dübel zu Hilfe. Bei Verwendung von Zahndübeln dagegen werden die Bolzen durch sie gezogen, und dadurch wird die Reibung nur auf den Dübeln selbst erzeugt, so daß sie bei einer Abscherung der Dübel nicht zu überwinden ist.

Abmessungen der Dübel.

a) Querdübel (Abb. 478).

Eindringungstiefe entweder durchweg $\delta = 0,1 h_1$ bis $0,13 h_1$ oder an den Enden $\delta = 0,13 h_1$ bis $0,16 h_1$ und im mittleren Teile des Trägers $\delta = 0,03 h_1$ bis $0,06 h_1$ ($h_1 =$ Höhe der Einzelbalken).

Breite $\beta = 5 \delta$ bis 6δ (zur Verhütung eines Umkippens der Dübel).

Höhe $x = 0,3 h_1$.

Entfernung der Dübel von Mitte zu Mitte $a = 14 \delta$ bis 16δ (bei gleicher Eingriffstiefe der Dübel ist a von der Trägermitte nach den Enden hin allmählich kleiner anzunehmen).

b) Zahndübel (Abb. 479).

Eingriffstiefe (nach den Bestimmungen der Generalinspektion der österreichischen Eisenbahnen) nicht unter 4 cm.

Entfernung von Mitte zu Mitte nicht größer als das Zwanzigfache der jeweiligen Eingriffstiefe (gewöhnlich $a = 11 \delta$).

Breite und Höhe wie beim Querdübel.

Der Gewindeferdurchmesser des Bolzens wird an den Enden mindestens zu $0,13 b$ und im mittleren Teile des Trägers gewöhnlich zu $0,1 b$ angenommen ($b =$ Trägerbreite).

Sollen mehr als zwei Balken miteinander verdübelt werden, so sind die Dübel gegeneinander zu versetzen (Abb. 480 und 481).

Auch den verdübelten Trägern gibt man oft eine Sprengung, deren Pfeil meistens zu $1/150$ bis $1/200$ der Trägerlänge bemessen wird.

Bei Eisenbahnbrücken werden für jedes Gleis 2, 3 oder 4 Hauptträger gewählt und darüber Querschwellen gelegt, die mit den Trägern 3 bis 5 cm tief verlämmt werden. Diese Querschwellen tragen entweder unmittelbar die Bahnschienen oder Längschwellen, auf die die Schienen befestigt werden.

Die Träger werden entweder in gleicher Weise verteilt, wie dies bei den einfachen Balkenbrücken angegeben wurde, oder

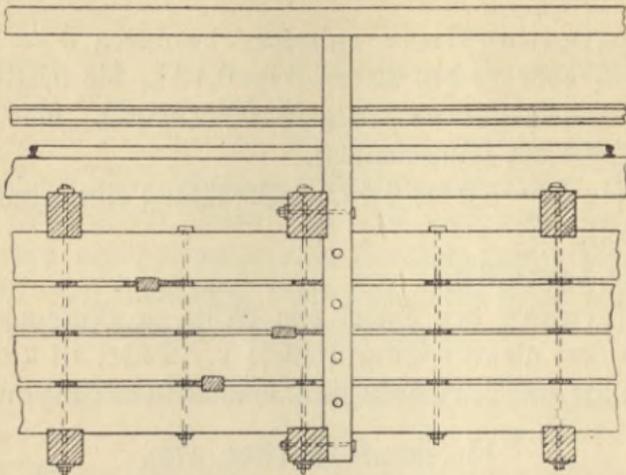


Abb. 480.

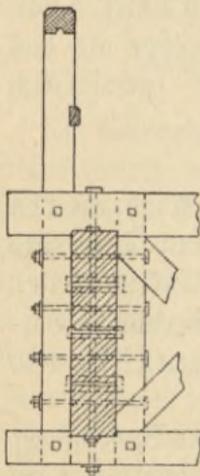


Abb. 481.

ihr Abstand wird etwas größer gewählt, um Platz für eine genügend starke Querverstrebung zu erhalten. Zur Vermeidung zu starker Querschwellen wählt man bei zwei außerhalb der Schienen angeordneten Trägern den Abstand von Mitte zu Mitte zweckmäßig nicht größer als etwa 3 m. Bei Anordnung eines Trägers oder zweier dicht nebeneinanderliegender Träger in der Gleismitte kann man den äußeren Trägern einen solchen Abstand geben, daß die Geländerpfosten an sie befestigt werden können (die Umgrenzung des lichten Raumes für Hauptbahnen erfordert einen lichten Abstand der Geländerholme von 4 m).

Zur Versteifung der Brückenbahn dienen Unterzüge, die mit den Trägern auf etwa 5 cm verblattet und mit den Querschwellen durch Schraubenbolzen verbunden werden. Bei einer größeren Spannweite als etwa 6 m werden wagerechte, aus 6 bis 10 cm starken übereinandergelegten Bohlen ge-

bildete Windkreuze angeordnet, die an die Unterzüge angenagelt oder angeschraubt werden. Bestehen die Träger aus vier und mehr verdübelten Balken, so sind außerdem zwischen Querschwellen und Unterzüge Andreaskreuze einzusetzen, deren Streben sich gegen die Träger stemmen und von zwei lotrechten Pfosten umschlossen werden, die mit jedem Balken des Trägers sowie mit dem außen angebrachten, mit Querschwelle und Unterzug verschraubten Geländerpfosten durch Schraubenbolzen zu verbinden sind (vgl. Abb. 480 und 481). Man kann die Streben der Andreaskreuze aber auch an einzelne Pfosten anschrauben, und zwar entweder auf derselben Seite oder auf beiden Seiten der Pfosten, so daß sie entweder voll oder nur teilweise oder auch gar nicht miteinander überblattet werden.

Haben die einzelnen Balken einen Querschnitt von 30×36 cm, so lassen sich mit ihnen je nach dem Gewicht der Lokomotiven Größtspannweiten von 4 bis 6 m bei 2 Trägern für jedes Gleis, von 5 bis 7,5 m bei 3 Trägern und von 6 bis 9,5 m bei 4 Trägern aus je zwei verdübelten Balken erreichen, ferner Größtspannweiten von 6,5 bis 10 m bei 2 Trägern für jedes Gleis, von 8 bis 12,5 m bei 3 Trägern und von 11 bis 16 m bei 4 Trägern aus je drei verdübelten Balken, sodann Größtspannweiten von 10,5 bis 16 m bei 2 Trägern für jedes Gleis, von 13 bis 19 m bei 3 Trägern und von 15 bis 22 m bei 4 Trägern aus je vier verdübelten Balken, endlich Größtspannweiten von 11,5 bis 17 m bei 2 Trägern für jedes Gleis und, von 14 bis 21 m bei 3 Trägern aus je fünf verdübelten Balken.

Bei Straßenbrücken genügen Träger aus je zwei verdübelten Balken von 30×36 cm Querschnitt für Spannweiten bis etwa 15 m, aus je drei verdübelten Balken für Spannweiten von etwa 15 bis 20 m und aus je vier verdübelten Balken für Spannweiten von etwa 20 bis 25 m, wenn die Träger in einem mittleren Abstände von 0,8 bis 1,2 m angeordnet werden.

Betreffs der Querverstrebungen gilt hier dasselbe wie bei Eisenbahnbrücken, nur werden Windkreuze erst bei größerer Spannweite der Straßenbrücke erforderlich.

Auch unter den zusammengesetzten Balken werden über der Mittelstütze zweckmäßig Sattelhölzer ohne Kopfbänder oder mit solchen angeordnet, um die Tragfähigkeit der Balken durch Verminderung ihrer freitragenden Länge zu erhöhen oder ein besseres Auflager zu erhalten. Die Sattelhölzer werden dann in derselben Weise mit dem untersten Balken des verzahnten oder verdübelten Trägers verbunden, wie dies im vorigen Paragraphen beschrieben wurde.

Noch zu erwähnen sind die namentlich in Oesterreich früher vielfach zur Ausführung gelangten, jetzt aber weniger angewendeten Klöbelholzträger aus zwei oder drei vollkantigen oder nur oben und unten beschnittenen bzw. beschlagenen Balken, die in ähnlicher Weise wie die verdübelten Träger hergestellt

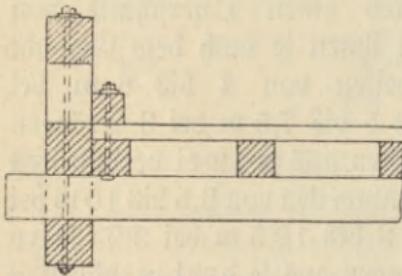


Abb. 482.

werden. Statt durch Querdübel werden die übereinander angeordneten Balken durch kurze Holzbalkenstücke (Klöbel) oder auch durch Querschwellen von etwa $0,9 h_1$ bis $1,2 h_1$ Höhe ($h_1 =$ Höhe der Einzelbalken des Trägers) voneinander getrennt, die in Abständen von etwa 1,5 bis 2 m in der Faserrichtung eingesetzt und in die Balken $0,07 h_1$ tief eingelassen werden. Die Verbindung der Balken und Klöbel geschieht auch hier in der Regel durch Schraubenbolzen, mitunter aber auch durch um den Träger gelegte Eisenbänder, die in Schrauben endigen, deren Muttern sich gegen eine schmiedeeiserne Unterlagsplatte legen. Wählt man statt der Klöbel Querschwellen, so dienen diese zugleich zum Tragen der Fahrbahnballen (Abb. 482). Ein Nachteil der Klöbelholzträger liegt in der leichter eintretenden Verschiebung der Balken übereinander, weil durch das Schwinden der großen Klöße ein Zwischenraum zwischen ihnen und den Balken entsteht.

Mit 92 cm hohen Klöbelholzträgern aus 2 Balken lassen sich bei Verwendung von 2 Trägern für ein Gleis endgültige

Eisenbahnbrücken von 5,4 bis 8,6 m (je nach dem Gewicht der Lokomotiven), bei Verwendung von 4 Trägern aber solche von 8,4 bis 13,1 m

Spannweite ausführen (Pressel, Normalien für hölzerne Brücken der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft, Wien 1867).

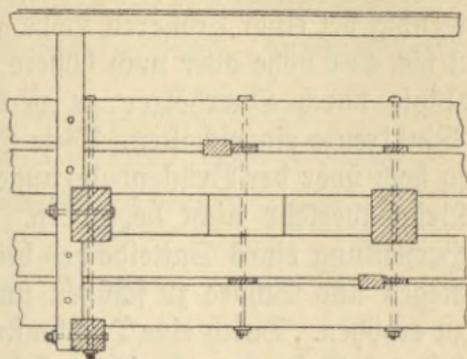


Abb. 483.

Stellt man die Klögelholzträger aus 4 Balken her, von denen je zwei als verzahnte oder verdübelte Träger ausgebildet und durch Klögel voneinander getrennt sind (Abb. 483), so kann die Spannweite etwa doppelt so groß gewählt werden wie bei der gewöhnlichen Konstruktion dieser Träger aus 4 verzahnten oder verdübelten Balken.

§ 44. Hängewerksbrücken.

Hängewerke verwendet man ihrer geringen Standfähigkeit wegen zweckmäßig nur bei Fußgängerbrücken und bei kleinen Landstraßenbrücken mit einspuriger Fahrbahn und schmalen Fußwegen, und zwar einfache Hängewerke bei Spannweiten von etwa 5 bis 7 m und doppelte bei Spannweiten von etwa 7 bis 12 m. Bei diesen Spannweiten erhalten die Hauptsäulen, wenn man die Streben unter der geringst zulässigen Neigung von 22° zur Wagerechten anordnet, eine Höhe von etwa 1,0 bis 1,5 m, so daß sie gleichzeitig als Geländerpfosten dienen können. Bei einer geringeren Neigung als etwa 22° würde die wagerechte Seitenkraft des Strebendruckes so groß werden, daß leicht eine Abscherung des vor dem Strebenfuße liegenden Holzes des Trägers, auch eine Zusammenpressung der Hölzer und dadurch eine nicht unbeträchtliche Einsenkung des Hängewerkes eintreten könnte. Sind die Streben aber unter einem größeren Winkel (z. B.

45°) zur Wagerechten geneigt, so erhalten die Hängesäulen bei den angegebenen Spannweiten eine so große Höhe, daß sie seitlich abgesteift werden müssen, und zwar wird dies notwendig bei einer größeren Höhe als etwa 2 m. Ergeben sich 3 bis 4 m hohe oder noch höhere Hängesäulen, so sind ihre Köpfe durch Querbalken zu verbinden und zwischen diese Windkreuze einzuschalten. Diese Querbalken müssen natürlich so hoch über der Brückenbahn angeordnet werden, daß sie den Brückenverkehr nicht behindern. Vielfach hat man sie zur Herstellung eines Satteldaches benutzt, um die Brücke gegen Regen und Schnee zu schützen und dadurch ihre Haltbarkeit zu erhöhen. Durch eine Dachkonstruktion werden aber Eigenlast und Kostensumme nicht unbedeutend vergrößert.

Ein Hängewerk belastet seine Stützen nur lotrecht und erfordert nur eine geringe Höhe zwischen Hochwasserspiegel und Brückenbahnoberfläche, besitzt aber den Nachteil der geringen Seitensteifigkeit und der ziemlich schwierigen, auch für die Haltbarkeit der Brücke wenig günstigen Verbindung der Konstruktionsteile.

Gewöhnlich werden nur die beiden äußeren Brückenbalken (Ortbalken) mit Hängewerken ausgestattet, bei breiten Brücken mitunter auch noch zwei innere Balken, so daß die Fahrbahn von den Fußwegen durch Hängewerke getrennt ist.

Die einfachen Hängewerke bestehen aus dem Hängewerksbalken (Träger, Streckbalken, Tramen), zwei meist quadratischen schrägen Streben und einer Hängesäule (oder Hängestange), an die ein Unterzug aufgehängt ist, auf dem die Straßenbalken (Zwischenbalken, Losbalken) mit der Brückentafel ruhen (Abb. 484 und 485). Damit der Unterzug keine zu großen Abmessungen erfordert, selbst wenn man ihn armiert, ist die Breite der Straßenbrücken, wenn nur die beiden äußersten Balken mit Hängewerken versehen sind, zweckmäßig nicht größer als etwa 5 m zu wählen, auch sind die Zwischenbalken möglichst so zu verlegen, daß nicht ein Balken gerade auf der Mitte des Unterzuges ruht. Bei notwendig werdender seitlicher Absteifung der Hängesäule muß der Unterzug so weit

über den Streckbalken hinausragen, daß der Strebenfuß auf ihn aufgesetzt werden kann.

Der Streckbalken wird in der Regel ebenso hoch als die Zwischenbalken und ebenso breit wie die Strebe (also meist breiter als die Zwischenbalken) gewählt. Seine Verbindung

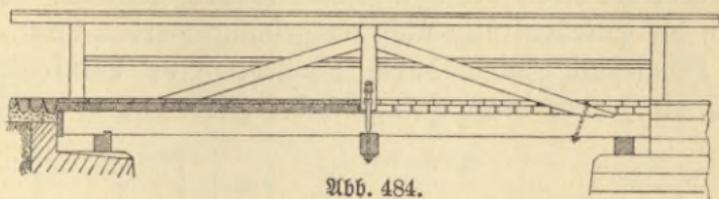


Abb. 484.

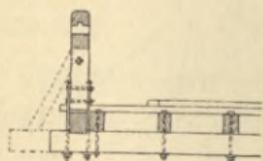


Abb. 485.

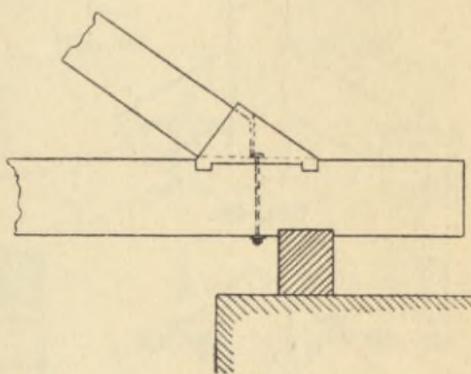


Abb. 486.

mit den Streben geschieht durch einfachen oder doppelten Versatz ohne oder mit Zapfen und durch einen bez. zwei Schraubenbolzen, die am zweckmäßigsten senkrecht zur Strebenneigung eingezogen werden. Die Versatzung hat in der Halbierungslinie des von Strebe und Streckbalken gebildeten äußeren Winkels zu erfolgen. Man kann aber auch zur Verbindung einen gußeisernen, in den Streckbalken mittels Rippen eingelassenen und mit ihm sorgfältig verholzten Schuh benutzen, in den das Strebenende gesteckt wird (Abb. 486). Ein Schuh gewährt den Vorteil, daß Strebe und Streckbalken nicht geschwächt werden. Unter dem Strebenfuß muß sich bereits das Auflager des Streckbalkens befinden. Sehr vorteilhaft ist hier die Anordnung eines Sattelholzes, das mit dem auf

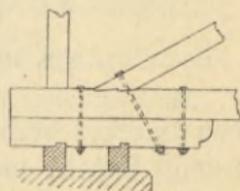


Abb. 487.

ihm liegenden Streckbalken und mit der Strebe durch schräge Bolzen verbunden wird.

In die hölzerne Hängesäule werden die Streben ebenfalls mit einfachem oder doppeltem Versatz (Abb. 488) ohne oder mit Zapfen (Abb. 489) eingelassen, und dann wird entweder der Kopf der Hängesäule so hoch gewählt, daß er durch die Strebenkräfte nicht ausgeschlitzt werden kann, oder die Hängesäule wird durch schmiedeeiserne Winkelbänder (Abb. 490) oder durch Hängebänder (Abb. 491 u. 492) mit

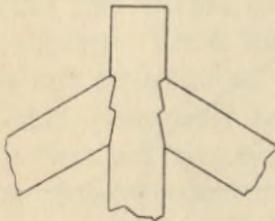


Abb. 488.

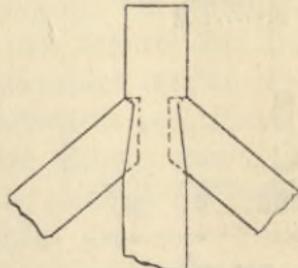


Abb. 489.

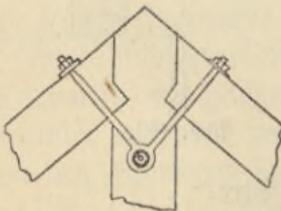


Abb. 490.

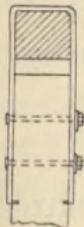


Abb. 491.

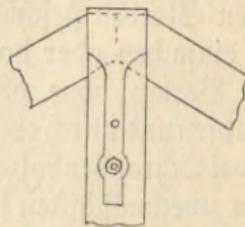


Abb. 492.

den Streben verbunden. Man kann die Streben jedoch auch stumpf stoßen, wenn man eine doppelte, oben hinreichend verlängerte und durch Schraubenbolzen verbundene Hängesäule anwendet (Abb. 493 u. 494), oder den Kopf der einfachen Hängesäule mit zwei nach oben verlängerten und zusammengeschraubten Hölzern durch Verschränkung verbindet (Abb. 495 u. 496).

Die Aufhängung des Unterzuges an die Hängesäule geschieht durch zwei Hängeeisen, gewöhnlich in der in den Abbildungen 484 und 485 angegebenen Weise. Zwischen

Hängesäule und Streckbalken ist ein genügend hoher Zwischenraum zu belassen, damit sich die Hängesäule bei Senkungen nicht auf den Streckbalken aufsetzt.

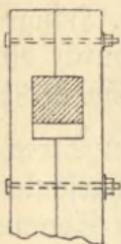


Abb. 493.

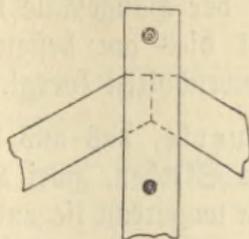


Abb. 494.

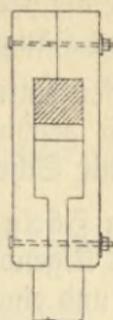


Abb. 495.

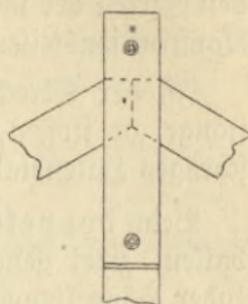


Abb. 496.

Wählt man statt der hölzernen Hängesäule eine runde oder vierkantige eiserne Hängestange, so legt man die beiden Strebenköpfe in einen mit Seitenwänden ausgestatteten guß-

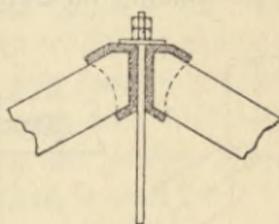


Abb. 497.

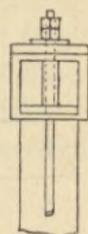


Abb. 498.

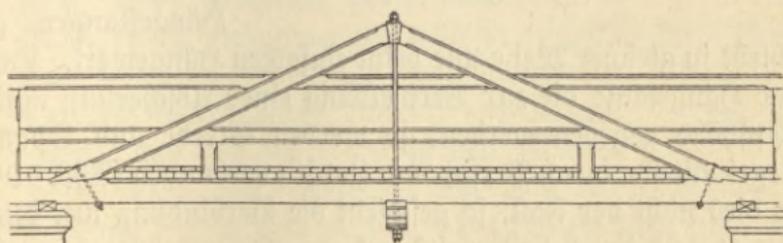


Abb. 499.

eisernen Hut, durch dessen in der Mitte verdickte und durchlochte, die Hirnflächen der Streben trennende Mittelwand die Hängestange gesteckt und über dem Hut gewöhnlich mit zwei Muttern befestigt wird (Abb. 497 u. 498). Unten durchdringt die Hängesäule den Streckbalken und den Unterzug sowie eine gußeiserne oder schmiedeeiserne Querplatte und wird auch über dieser mit Doppelnuttern versehen (Abb. 499).

Vor den hölzernen Hängesäulen haben die Hängestangen den Nachteil, gegen seitliches Ausbiegen nicht genügend gesichert zu sein und keine seitliche Absteifung erhalten zu können, jedoch den Vorteil der weit einfacheren Verbindung mit den übrigen Konstruktionsteilen des Hängewerkes.

Ist der Streckbalken unter der Hängesäule bez. Hängestange zu stoßen, so geschieht dies am besten durch ein schräges Hakenblatt mit Schraubenbolzen (vergl. Abb. 458).

Beim doppeltem Hängewerke, das aus dem Streckbalken, zwei geneigt liegenden Streben, zwei Hängesäulen (oder Hängestangen) und einem wagerecht liegenden Spannriegel besteht, wählt man die Länge der Endfelder zum Mittelfeld zweckmäßig im Verhältnis von 3 : 4 : 3 (auch wohl

7 : 8 : 7). Die Verbindung der Streben mit dem Streckbalken und die Aufhängung der Unterzüge an die Hängesäulen oder Hängestangen ge-

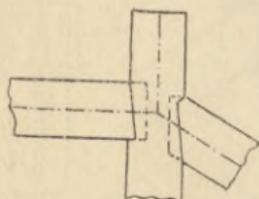


Abb. 500.

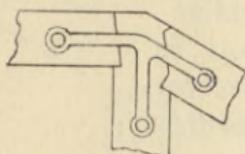


Abb. 501.

schieht in gleicher Weise wie beim einfachen Hängewerk. Kann der Hängesäule die zur Vermeidung einer Abscherung nötige Kopfhöhe gegeben werden, so werden Strebe und Spannriegel mit ihr durch Versatz und Zapfen verbunden (Abb. 500), ist dies nicht der Fall, so geschieht die Verbindung nur durch Versatz und durch beiderseits aufgebrachte und festgeschraubte dreiarmlige Schmiedeeisenbänder (Abb. 501). Bei Verwendung von Hängestangen ist zur Verbindung wiederum ein gußeiserner Hut zu benutzen.

Um zu vermeiden, daß bei unsymmetrischer Belastung eine einseitige Senkung des Streckbalkens eintritt, sind im Mittelfeld Gegenstreben einzuschalten, die mit den Hängesäulen und dem Streckbalken durch Versatz und Zapfen zu verbinden und an ihrer Kreuzungsstelle halb zu überblatten sind (Abb. 502

und 503). Bei Verwendung eiserner Hängestangen läßt sich diese Verstrebung nicht ausführen.

Heinzerling hat eine steife doppelte Hängewerksbrücke konstruiert, die in den Abb. 10 bis 12 auf Tafel XIV dargestellt ist (aus: „Denkschrift der Königl. techn. Hochschule zu München, verfaßt aus Anlaß der Industrie- und Gewerbe-

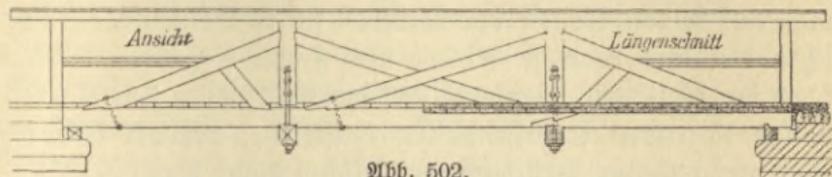


Abb. 502.

ausstellung zu Düsseldorf im Jahre 1902“ S. 33 und 34, Abb. 7 bis 10). Das Hängewerk besteht aus je zwei ungleichlangen, einteiligen Streben, von denen sich die beiden längeren über der Brückenmitte kreuzen und hier überblattet sind. Die Streben sind mit Versatz und Zapfen in den Streckbalken eingelassen, der über ihren Fuß so weit hinausragt, daß ein Ausschlagen nicht eintreten kann. Die doppelten Hängesäulen, deren Köpfe durch Zinkkappen gegen Rässe geschützt sind, haben an den Stellen, wo die längeren Streben sie durchsetzen, einen so weiten Ausschnitt, daß sich der Druck in den Streben fortpflanzen kann, ohne daß diese von den Hängesäulen auf Biegung beansprucht werden. Die Hängesäulen sind mit den über beide Brückenstirnen hinaus verlängerten Unterzügen verstrebt und mit den Köpfen dieser Streben durch Versatz und Zapfen verbunden.

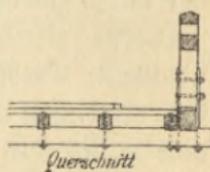


Abb. 503.

Holzbrücken mit mehrfachen Hängewerken werden jetzt wohl kaum noch ausgeführt; wir können daher von ihrer Beschreibung hier Abstand nehmen.

Die Anordnung eines Geländers gestaltet sich bei den Hängewerksbrücken mit niedrigen Hängesäulen sehr einfach; es genügt, je einen Pfosten von der Höhe der Hänge-

säule in die Enden der Streckbalken einzuzapfen, sie mit dem Hängesäulenkopf durch einen aufgezapften Holm zu verbinden und zwischen Pfosten und Strebe sowie zwischen Strebe und Hängesäule Riegel einzuschalten (vergl. Abb. 484 und 502). Bei höheren Hängesäulen werden die Geländerholme in Strebe und Hängesäule eingezapft. Will man die Streben durch die Zapfenlöcher für Riegel und Holm nicht schwächen, so kann man auf beiden Seiten der Streben starke Bohlenstücke aufschrauben und in diese Riegel und Holm einzapfen. Man kann das Geländer aber auch auf den dicht neben dem Streckbalken liegenden Straßenbalken aufstellen, verliert dadurch aber an nutzbarer Brückenbreite (Abb. 12 auf Tafel XIV).

§ 45. Sprengwerksbrücken.

Ist eine genügende Konstruktionshöhe vorhanden, und hat die Brückenöffnung eine Spannweite von 4 bis 6 m, so kann man jeden einzelnen Brückenbalken in seiner Mitte von unten her durch zwei geneigte gerade Streben stützen, die sich gegen steinerne Pfeiler oder gegen die Pfosten hölzerner Joche stemmen. Gewöhnlich ordnet man dann die Balken in größeren Entfernungen an, und zwar bei Straßenbrücken in Abständen von 2 bis 3 m und bei Eisenbahnbrücken in Abständen von 1,5 bis 2 m von Mitte zu Mitte, und legt auf die Balken Querschwellen, die mit ihnen zweckmäßig verkämmt und zusammengeschaubt werden, um eine gute Querverbindung zu erhalten. Diese Querschwellen tragen bei Straßenbrücken entweder unmittelbar den Bohlenbelag oder Längsbalken, auf denen die Brückendecke ruht, und bei Eisenbahnbrücken die Bahnschienen oder Längschwellen, auf welche die Schienen befestigt werden. Man kann die Brückenbalken jedoch auch enger aneinanderlegen (etwa in Abständen von je 0,8 bis 1,0 m von Mitte zu Mitte) und die Streben nur unter den äußeren und einzelnen dazwischen liegenden Balken anordnen und von ihnen einen Unterzug tragen lassen, auf den sämtliche Balken gelagert werden.

Fehlt ein Unterzug, so werden die Streben dieser einfachen Sprengwerke mit dem Sprengbalken häufig nur durch stumpfen Stoß verbunden (Abb. 504), und zwischen ihre Hirnflächen wird zweckmäßig eine dünne Metallplatte eingelegt, um ein Zueinanderpressen der Strebenköpfe zu verhüten. Oder man verwendet einen gußeisernen, an den Sprengbalken mittels zweier Schraubenbolzen befestigten Schuh mit Mittelwand und Wangenstücken, der verhindert, daß Hirnholz auf Hirnholz drückt und sich die Streben verschieben (Abb. 505). Bei vorhandenem Unterzug greifen die Streben mit kurzem Zapfen in ihn ein (Abb. 506). Damit der auf das Widerlager oder auf das Endjoch wirkende Streben Schub nicht zu groß wird, empfiehlt es sich, die Streben unter keinem kleineren Winkel als etwa 25 bis 30° zur Wagerechten zu

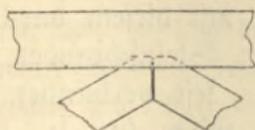


Abb. 504.

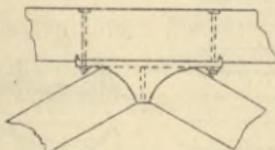


Abb. 505.

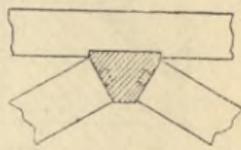


Abb. 506.

neigen. Der günstigste Neigungswinkel ist 45° und der günstigste Strebenquerschnitt das Quadrat. Der Strebenfuß muß so hoch liegen, daß ihn das Hochwasser nicht erreichen kann.

Die Streben werden bei massiven Widerlagern und Zwischenpfeilern entweder in das Mauerwerk oder in einen Quader eingelassen und zur Verhütung eines Anfaulens der Strebenenden durch Einwirkung der Mauerfeuchtigkeit auf eine Zinkplatte oder auf ein Stück Eisenblech gesetzt (Abb. 507), oder sie werden in eine eichene Schwelle (Mauerlatte) eingezapft, die auf einen Absatz oder in eine Nische des Mauerwerkes gelegt wird (Abb. 508). Eine Schwelle verteilt zwar den Strebendruck auf eine größere Fläche des Mauerwerkes, besitzt aber nur eine geringe Haltbarkeit. Mitunter wird zwischen Strebenfuß und Schwelle noch ein starkes Bohlen-

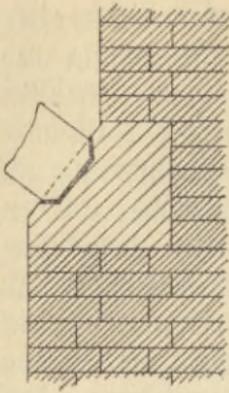


Abb. 507.

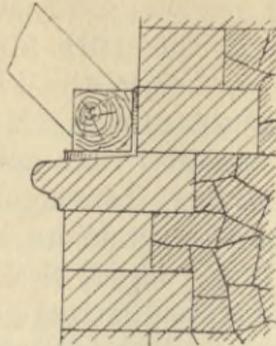


Abb. 508.

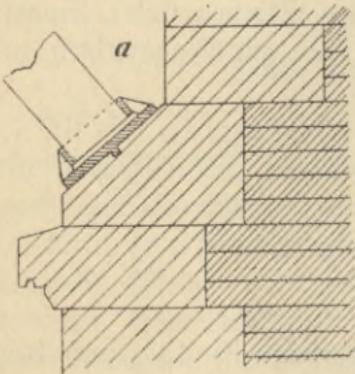


Abb. 509.

springenden Quader mit einer Mittelrippe eingelassen oder mit diesem durch Steinschrauben fest verbunden wird (a, b, c Abb. 509). Um eine Ansammlung des Wasser am Strebenfuße zu verhindern, ist der Boden des Schuhs mit Rin-

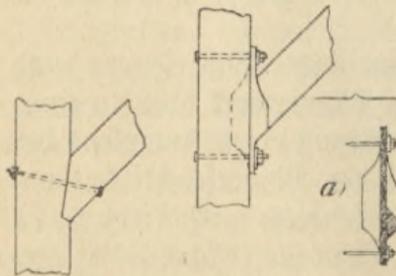
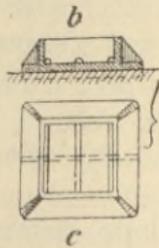


Abb. 510.

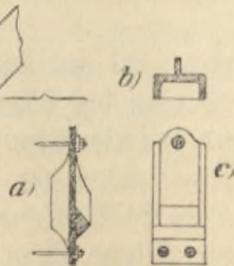


Abb. 511.

stück angeordnet und seitlich durch in die Schwelle eingeschlagene Spitzklammern gehalten. Endlich wird die Strebe auch in einen gußeisernen Schuh mit genügend großer Fußplatte eingesetzt, der in einen, am besten senkrecht zur Strebenrichtung abgeschragten, vor-

springenden Quader mit einer Mittelrippe eingelassen oder mit diesem durch Steinschrauben fest verbunden wird (a, b, c Abb. 509). Um eine Ansammlung des Wasser am Strebenfuße zu verhindern, ist der Boden des Schuhs mit Rin-

nen zu versehen, durch die das Wasser zum Abfluß gelangen kann.

An den Endjochen werden die Streben mit den

Jochpfählen entweder durch Versatz und Schraubenbolzen (Abb. 510) oder durch gußeiserne Schuhe verbunden (a, b, c Abb. 511), an den Zwischenjochen aber am besten auf ange-

schraubte Zangenhölzer aufgeklaut, die man mitunter noch auf versetzte und verbolzte Knaggen lagert (Abb. 512).

Doppelte Sprengwerke wendet man gern bei Wegeüberführungen von 8 bis 12 m Spannweite an. Auch hier wählt man wie beim doppelten Hängewerk die Länge der Endfelder zu der des Mittelfeldes zweckmäßig im Verhältnis von 3:4:3 (oder 7:8:7). Das doppelte Sprengwerk unterscheidet sich vom einfachen durch das Vorhandensein eines wagerechten, zwischen den Strebenköpfen bzw. den Unterzügen liegenden Spannriegels (Sprengriegels). Wird jeder einzelne Brückenbalken abgesprengt, fehlen also Unterzüge, so werden die Streben mit dem Spannriegel entweder stumpf zusammengeschnitten, und zwar unter dem halben Winkel, den die äußeren Kanten beider Hölzer miteinander bilden, und zwischen ihre Köpfe wird wieder eine dünne Metallplatte ein-

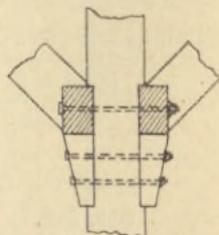


Abb. 512.

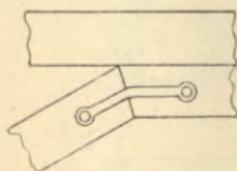


Abb. 513.

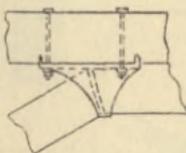


Abb. 514.

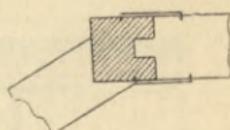


Abb. 515.

gelegt und auf beide Hölzer häufig noch ein Winkelband aufgeschraubt (Abb. 513), oder es wird auch hier ein gußeiserner an den Sprengbalken angeschraubter, oft auch noch zur Übertragung von Schubkräften mittels Rippen in ihn eingelassener Schuh zur Verbindung benutzt (Abb. 514).

Werden nur die äußeren und einzelne dazwischen liegende Brückenbalken mit Sprengböcken ausgestattet und Unterzüge angeordnet, so verkämmt man die Balken mit den Unterzügen, verbindet beide meistens auch noch durch Schraubenbolzen und setzt in die Unterzüge Strebe und Spannriegel mittels kurzer Zapfen ein, oder wählt die in Abb. 515 angegebene Verbindung.

Man kann den Unterzug aber auch auf den für die Verbindung von Strebe und Spannriegel bestimmten gußeisernen Schuh legen und ihn mit diesem und mit dem Sprengbalken verbolzen (Abb. 516), oder die in Abb. 517 dargestellte Anordnung treffen usw. Bei beschränkter Konstruktionshöhe hat man

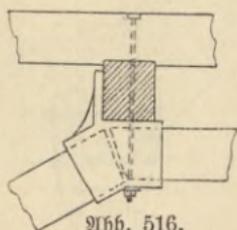


Abb. 516.

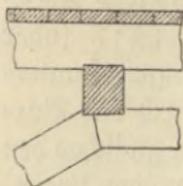


Abb. 517.

die Unterzüge auch an die Gußeisenschuhe gehängt; dann liegt aber die Mitte des Unterzuges nicht unter dem Schnittpunkt der Mittellinien von Strebe und Spannriegel, und es entsteht am Knotenpunkte

ein Drehmoment, das dem Schuh leicht gefährlich werden kann (Abb. 518 und 519; Houselle, a. a. D. S. 412).

Ruht der Sprengbalken auf dem Spannriegel, so empfiehlt es sich, beide durch Dübel und Schraubenbolzen miteinander zu

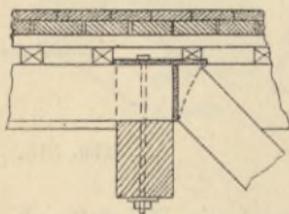


Abb. 518.

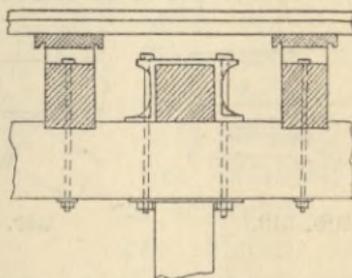


Abb. 519.

verbinden, um den Balken gegen Durchbiegung widerstandsfähiger zu machen.

Auch bei Sprengwerksbrücken ist eine Auflagerung der Balkenenden auf Sattelhölzer zu empfehlen (vgl. Abb. 522). Besitzen die Streben eine größere Länge als etwa das 15fache ihrer geringsten Stärke, so müssen sie versteift werden. Zu diesem Zwecke werden Sprengbalken und Streben durch doppelte, hängende Zangen verbunden, die in der Mitte (oder auch an mehreren Stellen) der Streben möglichst unter einem

rechten Winkel zur Strebenneigung angeordnet und auf beide Hölzer festgeschraubt werden (vgl. Abb. 521 und 522).

Bei kleineren Spannweiten genügen als Querverband die Unterzüge nebst Bohlenbelag und etwa vorhandenen Querschwellen; bei größeren Spannweiten aber, oder wenn Unterzüge fehlen, sind Quierzangen anzuordnen und mit den Streben und hängenden Zangen zu überblatten, sowie durch Schrauben-

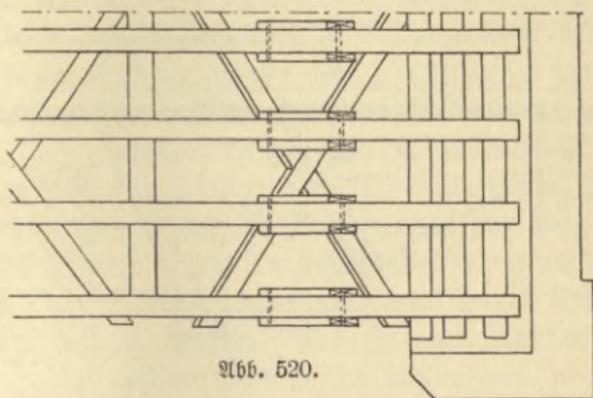


Abb. 520.

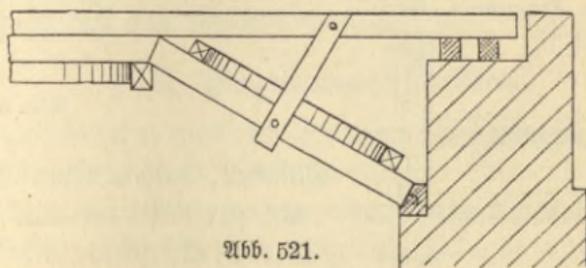


Abb. 521.

bolzen zu verbinden; auch wird der Überbau gegen Seitenschwankungen häufig noch dadurch geschützt, daß man im Mittelfeld unter die Spannriegel und in den Endfeldern unter die Streben (auch wohl unter die Brückenbalken) Andreaskreuze aus starken Bohlen schraubt (Abb. 520 u. 521).

Der Anschluß des Strebenfußes an das Widerlager und Pfeilermauerwerk bzw. an die Pfähle der End- und Mitteljoche erfolgt in gleicher Weise wie beim einfachen Sprengwerk (vgl. Abb. 419).

Bei Holzbrücken von 12 bis 25 m Spannweite kann man sog. zusammengesetzte Sprengwerke verwenden, die aus mehreren übereinanderliegenden Sprengwerken bestehen, deren Spannriegel durch Verzahnung oder Verdübelung und Verbolzung miteinander verbunden sind (Abb. 522 u. 523). Die Streben setzt man hier am zweckmäßigsten in einen gußeisernen Schuh ein und befestigt diesen mittels Steinschrauben auf einen

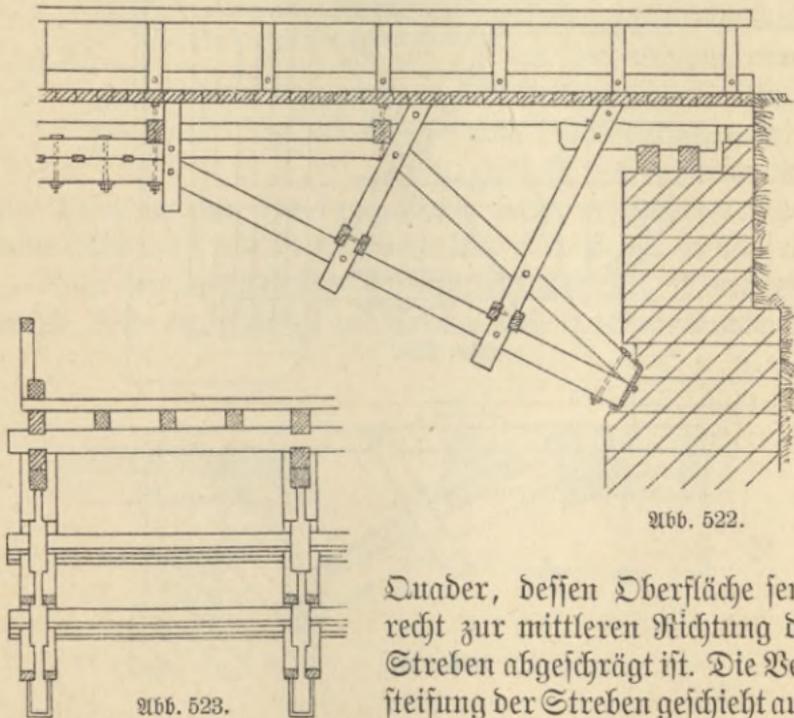


Abb. 522.

Abb. 523.

Quader, dessen Oberfläche senkrecht zur mittleren Richtung der Streben abgechrägt ist. Die Verstärkung der Streben geschieht auch hier durch schräge, hängende

Doppelzangen, die nach den Auflagern und nach den Köpfen der benachbarten kürzeren Streben geführt werden; auch sind die Streben der verschiedenen Sprengböcke durch Querverzangen zu verbinden, wie überhaupt bezüglich des Querverbandes und der Verbindung der einzelnen Konstruktionsteile dasselbe gilt, was hierüber beim doppelten Sprengwerke mitgeteilt wurde.

Eine steife doppelte Sprengwerksbrücke Heizerling'scher Konstruktion ist in den Abb. 16 bis 18 auf

Tafel XIV dargestellt (aus der im § 44 erwähnten „Denkschrift der kgl. techn. Hochschule zu Aachen“, Abb. 1 bis 6). Die beiden Zwischenpunkte sind durch je 2 Streben unterstützt. Die beiden längeren Streben kreuzen sich in der Mitte der Brückenöffnung und sind hier derart zur Hälfte überblattet (und verbolzt), daß sich der Achsialdruck in jeder Strebe ungehindert fortpflanzen kann, ohne in der anderen Strebe Biegungsspannungen zu erzeugen. Da bei dieser Verbindung eine seitliche Ausbiegung der Streben ausgeschlossen ist, so hat man dem Strebenquerschnitt an der Kreuzungsstelle eine solche Größe zu geben, daß er den größtmöglichen Achsialdruck mit Sicherheit aufzunehmen vermag. Über den Unterzügen sind die Brückenbalken gestoßen und durch senkrechte Schließzapfen mit wagerechten Schraubenbolzen verbunden, so daß die Balkenenden eine kleine Drehung ausführen können. Diese Konstruktion gewährt auch noch den weiteren Vorteil, die Brückenbalken aus kurzen Balkenstücken zusammensetzen zu können. Die Streben werden an ihren oberen Enden mittels Zapfen in den etwas abgeschragten Unterzug eingesetzt und an ihren unteren Enden mittels Lager Schuhe auf das Pfeilermauerwerk abgestützt.

§ 46. Hängesprengwerksbrücken.

Bei Holzbrücken mittlerer Spannweite kommen nicht selten vereinigte Hänge- und Sprengwerke zur Anwendung.

Abb. 524 und 525 zeigen eine einfache Hängesprengwerksbrücke. Die Streben (zugleich Hänge- und Sprengwerkstreben) tragen an ihrem Stoß eine Hängesäule, an der ein Unterzug hängt.

In Abb. 526 ist ein doppeltes Hängesprengwerk dargestellt.

Sind bei derartigen Konstruktionen Balken und Streben genügend stark bemessen, so kann man beide an der Kreuzungsstelle bis zu $\frac{1}{3}$ ihrer Dicke schwächen und sie durch Überblattung und Bolzen verbinden. Ist aber eine Schwächung der Streben nicht zulässig, so verlegt man statt eines Balkens deren zwei von geringerer Breite, die sowohl die

Strebe als auch die Hängesäule umfassen und in beide Hölzer etwas einzulassen und mit ihnen zusammenzuschrauben sind. Die Unterstützung der zwischen den Trägern liegenden Brücken-

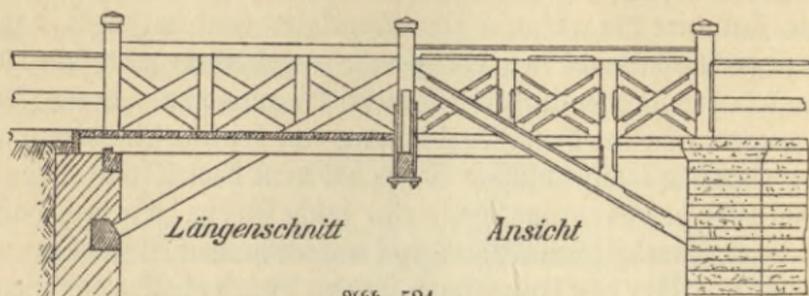


Abb. 524.

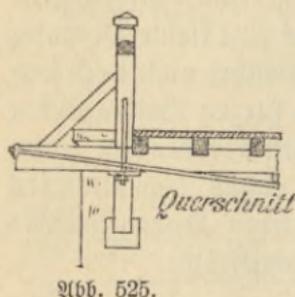


Abb. 525.

balcken geschieht wieder durch an die Hängesäule angehängte Unterzüge (A Abb. 526); man kann aber auch hier auf die Träger Querschwellen legen, sie mit jenen verkämmen und verbolzen und darüber die Brückendecke anordnen, wie dies früher beschrieben wurde (B Abb. 526).

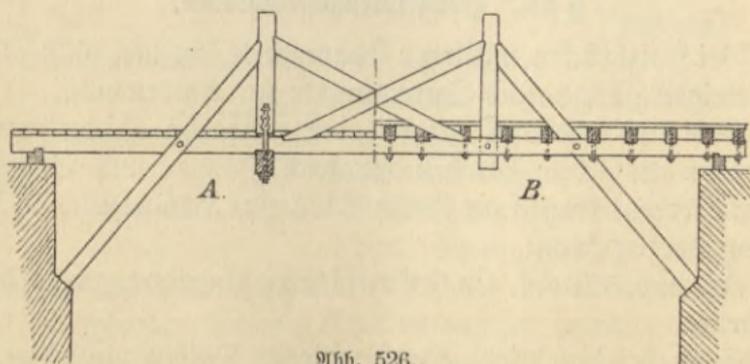


Abb. 526.

Bei der von Heinzerling entworfenen steifen doppelten Hängesprengwerksbrücke (Abb. 13 bis 15 auf Tafel XIV, siehe „Denschrift der königlichen technischen Hochschule zu Aachen usw.“, Abb. 11 bis 14) ist die Brücken-

bahn durch doppelte verlängerte Unterzüge unterstützt, zwischen welche die zur senkrechten Stellung der Hängesäulen erforderlichen Streben eingeschaltet sind. Die äußeren Brückensbalken liegen unmittelbar hinter den Hängesäulen und nehmen die Geländerposten auf. Die Streben durchsetzen doppelte Hängesäulen.

§ 47. Fachwerkbrücken.

Bei den Fachwerkbrücken sind die Hauptträger Fachwerke, deren parallele Gurtungen in der Regel aus drei (bei kleineren Brücken auch wohl nur aus zwei, bei größeren mitunter aus vier) gleichen, in geringen Abständen voneinander angeordneten Balken, deren Vertikalen aus doppelten Rundstangen,

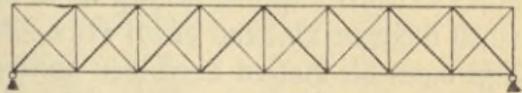


Abb. 527.

deren von den Trägerenden nach der Mitte hin



Abb. 528.

ansteigenden Diagonalen (Hauptstreben) aus doppelten Hölzern und deren übrigen Diagonalen (Gegenstreben) aus einfachen Hölzern bestehen.

Gewöhnlich gibt man den Fachwerkträgern eine Höhe von $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{8}$ der Spannweite. Träger unter 3,0 bis 3,5 m erhalten ein einfaches (Abb. 527), höhere Träger ein doppeltes Ausfachungssystem (Abb. 528). Die Breite der einzelnen Felder des einfachen Fachwerkes wird nahezu gleich der Trägerhöhe und die Entfernung der Hängestangen beim doppelten Fachwerk nahezu gleich der halben Trägerhöhe gewählt.

Die Gurtbalken, denen man vielfach einen quadratischen Querschnitt gibt, sind möglichst lang zu wählen, damit die Zahl der die Gurtung schwächenden Stöße möglichst gering wird. Die Stöße sind so anzuordnen, daß in dem gleichen Trägerfeld immer nur ein Balken gestoßen wird und mög-

lichst weder in den beiden benachbarten Feldern noch in der Trägermitte (oder in ihrer nächsten Nähe) ein Stoß vorkommt.

Zur Verhütung eines Sineinanderpressens der Holzfasern wird im (gedrückten) Obergurt zwischen die gestoßenen Balkenden eine 3 bis 5 mm starke Metallplatte eingelegt (Abb. 3 auf Tafel XIV). Im (gezogenen) Untergurt sind auf beiden Seiten des Stoßes schmiedeeiserne Laschen anzuordnen, die zweckmäßig mit angenieteten oder angewalzten Rippen in das Holz eingreifen; sie sind auf jeder Seite des Stoßes mit mindestens zwei Bolzen zu befestigen (Abb. 4 auf Tafel XIV). Im Obergurt dagegen genügt es in der Regel, nur den Stoß eines äußeren Balkens durch eine Stoßlasche zu decken; man läßt dann die Bolzen durch den ganzen Gurt reichen und legt zwischen die Balken Dübel ein, die zweckmäßig in jene etwas einzulassen sind. Den Stoß des Mittelbalkens läßt man im Obergurt gewöhnlich ohne jede Deckung.

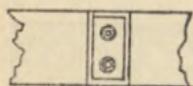


Abb. 529.



Abb. 530.

Um eine gegenseitige Verschiebung der Gurtbalken in der Trägerlängsrichtung zu verhüten und eine gleichmäßige Inanspruchnahme der Balken zu erzielen, hat man sie noch zwischen den Knotenpunkten ein- oder zweimal durch hölzerne oder eiserne Dübel zu verbinden, die mittels zweier durch den ganzen Gurt gehender Bolzen besonders zu befestigen sind (Abb. 529 u. 530).

Die Streben sind, mit Ausnahme der in den Endfeldern doppelter Fachwerke liegenden ersten, unter einem Winkel von 45° (oder unter einem etwas größeren Winkel) zur Wagerechten geneigt. Sie erhalten meistens (und am besten) einen quadratischen Querschnitt und stemmen sich oben und unten gegen kurze, querliegende, in die Gurtbalken etwas eingelassene Eichenholzklöße (Stemmklöße) mit Stützflächen senkrecht zur Strebenrichtung; sie werden zur Verhütung einer seitlichen Verschiebung entweder in diese Klöße mit kurzem Zapfen ein-

gelassen oder mit ihnen durch eiserne Dorne verbunden (Abb. 9 und 10 auf Tafel XV). Die Stemmklöße in den Gurt einzulassen, wie Abb. 531 zeigt, empfiehlt sich nur, wenn gerade im Knotenpunkte Dübel angeordnet und demnach die Balken durch Bolzenlöcher geschwächt sind.

Statt der Stemmklöße hat man auch vielfach gußeiserne Schuhe mit geneigten Stützflächen und mit Durchlochungen für die Hängestangen verwendet, jedoch vergrößern diese die Eigenlast und die Herstellungskosten der Träger.

Bei unten liegender Fahrbahn kann man die Streben auch gegen die entsprechend abgeschrägten Enden der Querschwellen stützen und in sie einzapfen.

Die Hauptstreben liegen in der Ebene der äußeren Gurtbalken, die Gegenstreben in der Ebene des mittleren Balkens; beide kreuzen sich also ohne Überschneidung. Um durch Verminderung der Knickungslänge die Widerstandsfähigkeit der Streben zu vergrößern, verbindet man diese an der Kreuzungsstelle durch Füllstücke und Bolzen.

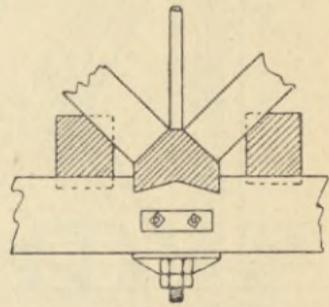


Abb. 531.

Beim doppelten Fachwerk kreuzen sich die in derselben Ebene liegenden Streben in der Trägermitte; sie müssen hier überschritten werden, und nötigenfalls ist die Überschneidung durch eine eiserne Lasche zu decken. Man kann aber auch in der Trägermitte einen senkrechten Pfosten anordnen, in seiner Mitte zwei Stemmklöße befestigen und gegen diese die doppelten und einfachen Streben stützen.

Die doppelten Hängestangen erhalten am besten an beiden Enden Schraubengewinde, weil die Anschweißung eines Kopfes größere Schwierigkeiten bereitet als das Anschneiden eines Gewindes, und weil auch ohne Kopf die Aufstellung des Trägers eine leichtere ist. Die Rundstangen gehen durch die Stemmklöße oder gußeisernen Schuhe und bei aus drei Balken bestehendem Gurt zwischen den Balken, bei

aus zwei Balken bestehendem Gurt aber durch diese hindurch. Im ersteren Falle sind zur gleichmäßigen Druckübertragung auf die Balken oberhalb des Obergurtes und unterhalb des Untergurtes entweder Querbalken oder nur Balkenstücke anzuordnen (Abb. 4 u. 5 auf Tafel XV), auf denen die Muttern auf eisernen Unterlagscheiben sitzen, oder es sind kräftige Gußeisenplatten quer über die Gurtbalken zu legen (Abb. 6 auf Tafel XIV). Durchdringen die Hängestangen aber die

Gurtbalken selbst, so genügt es, unter den Muttern eiserne Unterlagscheiben anzuordnen. Zur Verhütung einer Verschiebung oder Senkung sind die Hängestangen straff anzuspannen.

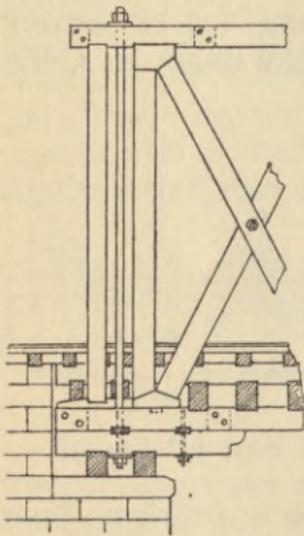


Abb. 532.

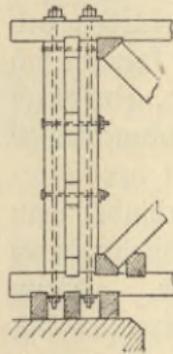


Abb. 533.

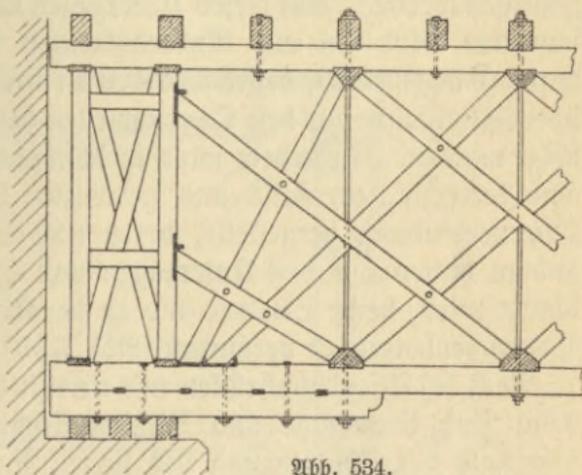
Am Trägerende werden die Gurtbalken über den letzten Knotenpunkt hinaus verlängert und beim einfachen Fachwerk unter jedem oberen Gurtbalken in der Regel zwei lotrechte Pfosten und zwischen diesen eine Hängestange angeordnet

(Abb. 532), oder die beiden unter dem gleichen Gurtbalken stehenden Pfosten werden durch Dübel und Bolzen miteinander verbunden und zwei Hängestangen eingezogen (Abb. 533). Beim doppelten Fachwerk pflegt man die beiden Pfosten unter jedem Gurtbalken im Abstände der Zugstangenteilung (in nahezu halber Trägerhöhe) einzusetzen und durch Andreaskreuze sowie durch wagerechte Riegel gegeneinander zu versteifen (Abb. 534). Behufs Anspannung des Trägers sind dann neben den Endpfosten Hängestangen anzuordnen. Die Endpfosten dürfen erst dann eingesetzt werden, wenn die Schraubenmuttern der Hängestangen fest angezogen sind.

Zur Erhöhung der Tragfähigkeit der Träger durch Verminderung ihrer freitragenden Länge werden unter den Auflagerstellen kräftige Sattelhölzer angeordnet, die bei massiven Widerlagern und Zwischenpeilern auf Mauer-schwellen, bei End- und Mitteljochen aber auf den Holmen der Pfähle ruhen und, wenn möglich, durch Kopfbänder unterstützt werden (vergl. Abb. 534).

Ist eine genügende Konstruktionshöhe vorhanden, so legt man die Verkehrsbahn zweckmäßig auf den Obergurt, anderenfalls ruht sie auf dem Untergurt; in beiden Fällen wird die Verkehrsbahn von

Querschwellen getragen. Ordnet man die Querschwellen gerade in den Knotenpunkten an, so können sie zwar durch die Hängestangen befestigt werden, ihre Auswechselung wird dann aber eine schwierigere, auch



werden sie durch die Durchbohrungen geschwächt (Abb. 1 u. 2 auf Tafel XIV). Besser ist es daher, die Querschwellen unmittelbar neben den Knotenpunkten zu lagern, obwohl dadurch in den Gurtbalken auch Biegungsspannungen erzeugt werden. Die Schwellen werden dann mit den Gurtbalken verkrämmt und verschraubt. Nötigenfalls sind auch Zwischenschwellen anzuordnen (Abb. 1 auf Tafel XV).

Bei Eisenbahnbrücken wählt man in der Regel für jedes Gleis zwei Fachwerkträger und verlegt die Querschwellen in Entfernungen von etwa 1,0 m von Mitte zu Mitte und meist zu je zweien dicht nebeneinander. Diese Schwellen tragen entweder die Fahr-schienen unmittelbar oder Lang-

schwollen, auf denen die Schienen liegen. Der Bohlenbelag zwischen und neben den Schienen wird in der früher beschriebenen Art und Weise hergestellt (vergl. § 39).

Bei oben liegender Verkehrsbahn sind die Geländer in einem Mindestabstand von 4,0 m anzuordnen und ihre Pfosten an die Querschwellen anzuschrauben, die bei breiteren Fußwegen über die Gurtungen hinaus entsprechend zu verlängern sind. Die Untergurte werden durch mit ihnen verkämmte Unterzüge miteinander verbunden, die in den gleichen Abständen wie die oberen Querschwellen verlegt und von den Hängestangen getragen werden. Auf diesen Unterzügen und unter den Querschwellen wird ein aus Andreaskreuzen bestehender Windverband angeordnet, dessen Streben an ihren Kreuzungsstellen überblattet und mit den Querschwellen bzw. Unterzügen verbolt werden. Außerdem wird in Abständen von etwa 4,0 m eine Lotrechte, ebenfalls aus gekreuzten Hölzern bestehende Querverbindung hergestellt, deren eine Strebe vorn, deren andere hinten mit den Unterzügen und Querschwellen überblattet wird; beide Streben sind an der Kreuzungsstelle durch Schraubenbolzen zu verbinden (Abb. 535).

Auch bei Eisenbahnbrücken mit unten liegender Verkehrsbahn sind Unterzüge und Windverstreben anzuordnen. Oberhalb der Umgrenzung des lichten Raumes wird bei genügender Trägerhöhe ein zweiter Windverband hergestellt, indem man die Obergurte durch mit ihnen verkämmte Überzüge verbindet und unter diese die überblatteten und an ihrer Kreuzungsstelle zusammengeschraubten Windstreben mittels Bolzen befestigt.

Bei dieser Anordnung läßt sich leicht und ohne erhebliche Kosten ein Dach über der Brücke herstellen, indem man an die Überzüge Sparren anblattet, diese verschalt und die Schalbretter mit Dachpappe bedeckt. Läßt sich wegen ungenügender Trägerhöhe der zweite, obere Querverband nicht ausführen, dann sind die Träger zur Verhütung von Seitenschwankungen von außen her durch einfache oder doppelte Streben zu stützen (Abb. 6 auf Tafel XIV).

Die Fachwerkträger der Straßenbrücken erhalten die gleichen Querverstrebungen. Bei Brücken mit unten liegender Fahrbahn und ohne Unterzüge werden die Windverbandstreben in die Gurtbalken eingezapft oder mit diesen durch angeschraubte gußeiserne Schuhe verbunden und an ihren Kreuzungsstellen an die Querschwellen angeschraubt.

Liegt die Fahrbahn über dem Obergurt, und ist sie nur einspurig (2,5 bis 3 m breit), besitzen auch die Fußwege nur eine geringe Breite, so genügen zwei unter den Seiten-

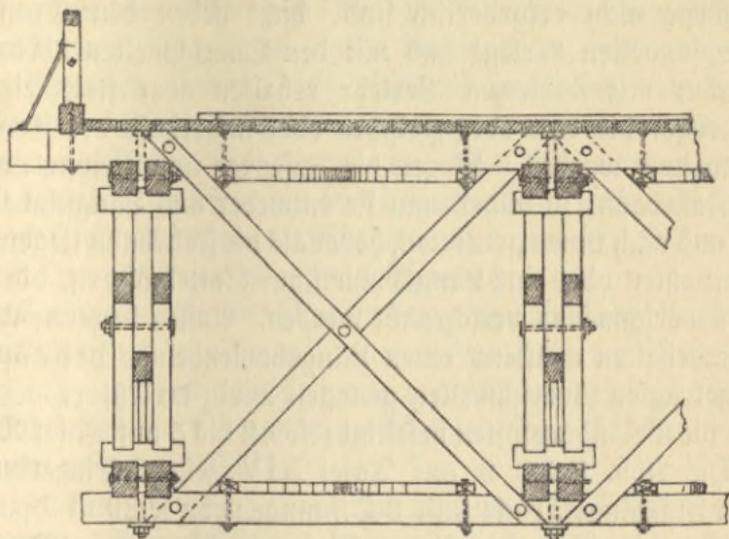


Abb. 535.

kanten der Fahrbahn angeordnete Träger; eine zwei- oder mehrspurige Fahrbahn erfordert aber drei, auch vier Träger und ein Fußweg von größerer Breite die Anordnung eines schwächeren Trägers unter seiner Außenkante. Die aus einem doppelten Bohlenbelage oder aus einem einfachen Belage und Beschotterung usw. bestehende Brückendecke ruht entweder unmittelbar auf den mit den Gurtbalken verkämmten und verschraubten Querschwellen oder auf Langschwellen, die in Entfernungen von etwa 0,8 bis 1,2 m von Mitte zu Mitte angeordnet und auf die Querschwellen geschraubt werden. Die Fußwege erhalten, wenn Langschwellen fehlen, einen

Längsbohlenbelag und werden dann von der Fahrbahn durch Saumschwellen getrennt. Liegen aber über den Fußwegteilen (in Entfernungen von 1 bis 1,5 m) Längschwellen, so wird der Fußweg aus einem einfachen Querbohlenbelag gebildet. Um einen erhöhten Fußweg mit einem Längsbohlenbelag zu erhalten, schraubt man auf die Querschwellen starke Sattelhölzer auf.

Die Ausbildung, Aufstellung und Befestigung der Geländer erfolgt in der in § 40 näher beschriebenen Weise.

Bei unten liegender Fahrbahn werden, sofern besondere Fußwege nicht erforderlich sind, dicht neben den Trägern Saumschwellen verlegt und mit den Querschwellen verbolzt. Brücken mit stärkerem Verkehr erhalten aber stets eigene Fußwege, die entweder zwischen oder außerhalb der Träger angeordnet werden. Liegen die Fußwege unmittelbar neben der Fahrbahn, so bildet man sie entweder aus Längschwellen und aus nach innen geneigten, höher als die Fahrbahn liegenden Querböhlen oder aus Längsböhlen auf Sattelhölzern, die mit den Querschwellen verschraubt werden. Außen liegende Fußwege erhalten meistens einen Längsbohlenbelag, der auf die ausgefragten Querschwellen genagelt wird; an letztere werden auch die Geländerpfosten befestigt (Abb. 2 bis 5 auf Tafel XV).

Die Abb. 1 bis 9 auf Tafel XIV zeigen Einzelheiten einer Fußgängerbrücke (mit 3 Öffnungen von je 29 m Spannweite), die über die kleine Weser in Bremen geschlagen war und etwa 10 Jahre lang dem Verkehre gedient hat. Im großen ganzen war sie in der bei Fachwerkbrücken üblichen Weise hergestellt, jedoch fehlte sowohl am Obergurt als auch am Untergurt eine wagerechte Windverstrebung; man hatte sich damit begnügt, die Fachwerkträger am ersten, dritten, fünften usw. Knotenpunkte durch angeblattete Streben abzusteißen.

Auf Tafel XV sind Einzelheiten eines Teiles einer eingeleisigen Fachwerkbrücke über die Weser in Bremen dargestellt, die als Notbrücke während des Umbaues einer Eisenbahnbrücke gedient hat.

Der kleinere Träger hatte eine Spannweite von 17,4 m, der größere eine solche von fast 23 m. Bei ersterem bestanden

die Gurtungen aus zwei, bei letzterem aus drei dicht nebeneinanderliegenden Balken. Die Querträger waren aus einem oberen und einem unteren Balken gebildet, deren Enden die Untergurte der Fachwerkträger zangenartig mittels Verkämmung umfaßten, und zwischen denen die beiden Längsträger in einem Abstände von 1,8 m gelagert waren. Zwischen Untergurt und Längsträger hatte man beiderseits Mittelbalken eingelegt und mit den beiden Balken des Querträgers durch Dübel und Schraubenbolzen verbunden. Auf die Längsträger waren die das Gleis tragenden, 2,5 m langen Querschwellen aufgekämmt. Der 5 cm starke Bohlenbelag ruhte auf den Querschwellen, soweit diese reichten, sonst auf den oberen Balken des Querträgers und wurde durch Saumschwellen begrenzt. An den Trägerenden bestanden die Querträger nur aus dem Oberbalken, der von den ihrerseits unmittelbar gelagerten Längsträgern gestützt war und im wesentlichen nur als Querverbindung zur Aussteifung diente.

Die Konstruktion des Pfahljoches zeigen die Abb. 13 und 14. Die Schrägpfähle auf der stromaufwärts gefehrten Seite hatte man mit L-Eisen, die mit eisernen Ringen befestigt waren, armiert, um das sich auf diesen Pfählen hinauffchiebende Eis leichter zu teilen (Abb. 15).

Der Windverband bestand aus gekreuzten U-Eisen (Abb. 11 und 16). Außerhalb der Träger waren Fußwege auf den vorstehenden Enden der Oberbalken der Querträger angeordnet (Abb. 2 bis 5).

Sechster Teil.

Eiserne Balkenbrücken mit vollwandigen Trägern.

§ 48. Vorbemerkungen.

In diesem Abschnitte unseres „Leitfadens“ sollen nur die eisernen Balkenbrücken mit vollwandigen Trägern besprochen werden, weil die Konstruktionen der Fachwerk- und Gitterbrücken sowie der Bogen- und Hängebrücken auf den technischen Mittelschulen, für die dieses Werk in erster Linie bestimmt ist, nicht gelehrt werden.

Über die Breite und das Längen- und Quergefälle der Brückenbahn finden sich in den § 6 und 7 nähere Angaben. Im § 8 wurde schon erläutert, wann es zweckmäßig erscheint, statt der steinernen und hölzernen Brücken eiserne zu wählen, auch wurden dort Formeln und eine Tabelle zur Berechnung des gesamten Eisengewichtes eines eisernen Überbaues bzw. zur Ermittlung der Herstellungskosten der Brücke mitgeteilt.

Der Hauptbaustoff für den Überbau eiserner Brücken ist jetzt fast ausschließlich das nach dem Thomasverfahren oder Siemens-Martin-Verfahren hergestellte Flußeisen. Das mittels des Puddelverfahrens oder Flammofenfrischens erzeugte Schweißeisen findet im Brückenbau in neuerer Zeit sehr selten noch Verwendung. Aus Gußeisen werden hauptsächlich nur noch Auflagerkonstruktionen gefertigt, jedoch wird zu diesen vielfach auch Gußstahl gewählt. Stählerne Träger kommen an Stelle der flußeisernen nur bei sehr beschränkter Bauhöhe in Frage; sie haben vor diesen den Vorzug größerer Festigkeit und können daher bei gleicher Belastung, gleicher freitragender Länge und gleicher Auflagerung eine geringere Höhe erhalten.

§ 49. Hauptträger.

Die Hauptträger übertragen alle auf die Brücke wirkenden Lasten auf die End- oder Zwischenpfeiler. Sie sind (auch bei schiefen Brücken) parallel zur Brückenlängsachse zu verlegen. Ihre Stützweite, d. h. die Entfernung von den Mitten der Auflagerplatten, wird zweckmäßig zu

$$l = 1,01l_1 + 40 \text{ cm}$$

gewählt, wenn l_1 die Lichtweite zwischen den Pfeilerfluchten bedeutet.

Liegen die Hauptträger unter der Fahrbahnebene (Brücken mit oben liegender Bahn), so ist zwar ihre Zahl unbeschränkt, jedoch werden bei eingeleisigen Brücken in der Regel und bei zweigleisigen mitunter nur zwei Hauptträger angeordnet; gewöhnlich erhalten aber zweigleisige Brücken drei oder vier Hauptträger. Soll über die Brücke zunächst nur ein Gleis geführt werden, so stellt man zweckmäßig nur die Pfeiler und Widerlager, nicht aber auch den Überbau zweigleisig her, sondern gibt später jedem Gleis einen besonderen Überbau.

Bei eingeleisigen Brücken mit oben liegender Bahn muß die Entfernung der beiden Hauptträger für eine gerade Bahnstrecke mindestens gleich der Spurweite s des Gleises, also bei normaler Spurweite mindestens gleich 1,50 m, und für eine gekrümmte Bahnstrecke, deren Krümmungshalbmesser $= r$ ist, mindestens $= 1,5 + \frac{1}{8} \frac{l^2}{r}$ betragen ($l =$ Trägerlänge in Meter).

Bei der Bestimmung der Trägerentfernung ist jedoch nicht nur Rücksicht auf die Gleisweite, sondern auch auf eine genügende Sicherheit der Brücke gegen die auftretenden wagerechten Seitenkräfte (Winddruck, Seitendruck durch die Stöße der Eisenbahrfahrzeuge, Fliehkraft bei in gekrümmter Bahnstrecke liegender Brücke) zu nehmen (Ausführliches hierüber findet man im „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ Bd. II, Abt. II 1901 S. 165 bis 173).

In den „Normalentwürfen kleinerer flußeiserner Brückenüberbauten der Preussischen Staatseisenbahnen“ vom Jahre 1901 beträgt der Abstand der Hauptträger voneinander 1,90 m, eine Entfernung, die auch bei Bahnkrümmungen bis 180 m Halbmesser genügt (Abb. 1 auf Tafel XIX).

Wählt man drei Hauptträger, was übrigens nicht zu empfehlen ist, so hat man die Trägerentfernung so zu bemessen, daß alle Träger die gleiche Belastung erhalten, d. h. man hat die beiden äußeren Träger in einem Abstände von $1,293 \cdot s$ (bei normaler Spurweite = 1,94 m) zu verlegen.

Wählt man aber vier Hauptträger, so verlegt man zweckmäßig je zwei unter jeden Schienenstrang und in einer Entfernung von 20 bis 30 cm, damit jeder Träger möglichst gleich stark belastet wird (Abb. 3 und 4 auf Tafel XVIII).

Bei zweigleisigen Brücken mit oben liegender Bahn und Anordnung von nur zwei Hauptträgern ist die Trägerentfernung für eine gerade Bahnstrecke zu mindestens 5 m (bei normaler Spurweite), bei drei Hauptträgern zu mindestens 7 m anzunehmen, wenn die Gleisachsen in die Mitte zwischen je zwei Trägern gelegt werden, und zu 5,25 m, wenn die Träger die gleiche Belastung erhalten sollen. Bei vier Hauptträgern ergibt sich die Entfernung der einzelnen Träger, wenn jedes Gleis zwei zu einer eingeleisigen Brücke verbundene Hauptträger erhält und das ganze Bauwerk aus zwei unmittelbar nebeneinanderliegenden, aber voneinander ganz unabhängigen eingeleisigen Brücken besteht, nach den Bestimmungen für eingeleisige Brücken, wenn aber je zwei der die Gleise tragenden Hauptträger in verhältnismäßig geringem Abstand angeordnet und durch Querkonstruktionen verbunden werden, zu mindestens 5 m für die beiden äußeren Hauptträger.

Bei Eisenbahnbrücken mit unten liegender Bahn richtet sich der Abstand der Hauptträger nach der zur Verfügung stehenden Höhe unter den Abstufungen der Umgrenzungslinie des lichten Raumes (vgl. § 4). Nach dem preussischen Ministerialerlaß vom 1. Mai 1903 müssen die

Hauptträger, die höher als 76 cm über Schienenoberkante reichen, so angeordnet werden, daß zwischen ihren am weitesten vorstehenden Teilen und jener Umgrenzungslinie ein Abstand von mindestens 20 cm verbleibt; im übrigen ist ein solcher Zwischenraum freizuhalten, daß auch bei den im Betrieb vorkommenden Senkungen und Gleisverschiebungen die Umgrenzungslinie nicht überschritten wird. Bei in gekrümmter Bahnstrecke liegenden Brücken ist bei der Bestimmung der Hauptträgerentfernung die größte Abweichung der Gleismitte von der Brückenmitte und die Schiefstellung der Umgrenzung des lichten Raumes infolge der Schienenüberhöhung sowie in scharfen Krümmungen auch die Spurerweiterung der Gleise zu berücksichtigen.

Sollen die beiden Hauptträger der in einer gekrümmten Bahnlinie liegenden eingleisigen Brücke möglichst gleichmäßig belastet werden, so muß die Gleisachse in der Brückenmitte um $\frac{l^2}{48r}$ nach der konvexen Seite hin verschoben werden. In den erwähnten „Normalentwürfen der Preuß. Staatseisenbahnen“ ist der gegenseitige Abstand der Hauptträger, wenn die Schienen auf eisernen Querträgern aufruhcn, bei beschränkter Bauhöhe zu 2,10 m und, wenn die Überbauten Querträger, Zwischenlängsträger und Holzbalken besitzen, zu 2,6 bzw. 3,0 m angenommen worden (Abb. 4 auf Tafel XIX).

Straßenbrücken mit oben liegender Fahrbahn erhalten meistens mehrere Hauptträger; ihre zweckmäßigste Zahl ist durch vergleichende Kostenanschläge zu ermitteln; bei größeren Spannweiten läßt sich in der Regel eine Kostenersparnis durch Verminderung der Trägerzahl erreichen. Straßenbrücken mit unten liegender Fahrbahn werden gewöhnlich mit nur zwei Hauptträgern ausgeführt, desgleichen Fußgängerbrücken. Die Fußwege der Straßenbrücken mit oben liegender Fahrbahn erhalten bei kleinen Spannweiten vorteilhaft eigene, die Spannweite übersehende (kleinere) Träger, oder es wird an der Grenze zwischen Fahrbahn und Fußweg für beide ein gemeinsamer Träger und für den Fußweg

außerdem noch ein äußerer, in der Regel auch das Gelände aufnehmender Träger von entsprechend schwächeren Abmessungen angeordnet. Man kann den Fußweg jedoch auch von besonderen, an den äußeren Trägern der Fahrbahn befestigten Auslegern (Konsolen) tragen lassen. Die Fußwege der Straßenbrücken mit zwischen den Trägern liegender Bahn können entweder unmittelbar neben der Fahrbahn innerhalb der Träger oder auch außerhalb der Träger auf Auslegern angeordnet werden. Letzteres ist billiger, weil die

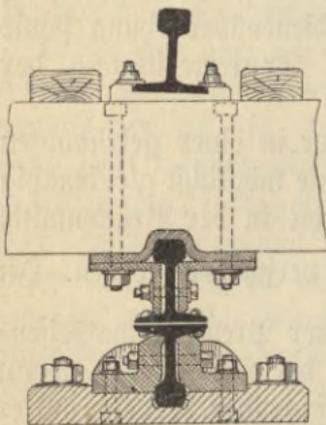


Abb. 536.

Querträger eine geringere freitragende Länge erhalten und demnach schwächer konstruiert werden können, und weil auch die Zwischenpfeiler kürzer werden; man wird diese Anordnung daher zweckmäßig überall da treffen, wo die Standfestigkeit des Überbaues keine größere Hauptträgerentfernung erfordert.

Bei kleineren Überbauten unbeschränkter Bauhöhe ordnet man die Fahrbahn vorteilhaft über den Hauptträgern an, weil dadurch an

Pfeilermauerwerk gespart wird, und weil sich auch die notwendigen Querverbindungen leichter anbringen lassen.

Bei Durchläufen bis etwa 1,75 m Spannweite hat man früher vielfach für jedes Gleis zwei Träger aus zwei an den Füßen zusammengenieteten Eisenbahnschienen verwendet und die obere Schiene entweder unmittelbar als Fahrchiene benutzt oder auf sie Querschwellen zum Tragen der Fahrschienen befestigt (Abb. 536), jedoch wird diese Konstruktion in neuerer Zeit nur noch selten ausgeführt.

Die Hauptträger der Eisenbahnbrücken bis etwa 4,50 m Spannweite und mit oben liegender Bahn sind in der Regel gewalzte I-Träger. Bei Straßenbrücken können mehrere in mäßigem Abstände nebeneinander angeordnete I-Träger

je nach der Schwere der Verkehrslasten bis zu einer Spannweite von 8 bis 12 m verwendet werden; es empfiehlt sich aber, solche Walzträger nur für die inneren Brückenträger, für die beiden geringer belasteten äußeren Träger jedoch tunlichst C-Eisen zu wählen, weil sich an diese die Geländerpfosten bequemer anschließen lassen.

Mitunter hat man auch Brücken von etwas größerer Spannweite als der angegebenen mit gewalzten und durch aufgenietete Flacheisen verstärkten I-Trägern ausgeführt, wenn 55 cm hohe Walzträger ohne Verstärkung nicht ausreichten, jedoch sind Blechträger in diesem Falle entschieden vorzuziehen, weil hohe Walzträger nicht unbedeutende, von der Fabrikation herrührende innere Spannungen besitzen und demgemäß nicht so stark beansprucht werden dürfen als Blechträger.

Blechträger finden in neuerer Zeit gewöhnlich nur bei Brücken bis etwa 20 m Spannweite Verwendung, während man früher sogar Brücken bis zu 75 m Spannweite (Brücke über die Garonne bei Langon) mit Blechträgern ausgeführt hat. Einige Blechträgerbrücken der Wiener Stadtbahn besitzen Spannweiten von 27 m. In der Regel stellen sich bei einer größeren Spannweite als etwa 20 bis 22 m Fachwerkträger billiger. Die Blechträger bestehen aus einem lotrecht stehenden Blech (Wandblech, Stehblech, Blechwand) und aus zwei, gewöhnlich parallelen und bei geringer Spannweite aus je zwei Winkelseisen (Gurtwinkeln), bei größerer Spannweite jedoch außerdem noch aus 1 bis 3 Kopfblechen (Deckplatten, Lamellen) bestehenden Gurtungen. Die Verbindung der Kopfbleche mit den Gurtwinkeln und dieser mit der Blechwand geschieht durch Niete.

Die Höhe der Blechträger wird meistens zwischen $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{12}$ der Stützweite angenommen; bei diesem Verhältnis ist der Träger gegen eine zu starke Durchbiegung unter der Last gesichert.

Die Stärke der Blechwand kann innerhalb der üblichen Spannweite zu $\delta^{\text{cm}} = 0,8 + 0,015 l^{\text{m}}$ (l = Trägerstütz-

weite) gewählt werden, wird aber meistens zu 8, 10 oder 12 mm angenommen.

Die Gurtwinkel sind in der Regel gleichschenkelig; ihre Schenkellänge soll mindestens 65 mm betragen; empfohlen wird, sie zu etwa $6 + 0,2l$ cm anzunehmen. Mitunter kommen aber auch ungleichschenkelige Winkelleisen zur Verwendung; sie sind dann so an die Blechwand zu nieten, daß ihre längeren Schenkel wagerecht liegen. Die Stärke der Winkelleisenschinkel ist mindestens gleich der Stärke des Stehbleches, die Stärke der einzelnen Kopfbleche nicht kleiner als 8 mm und nicht schwächer, besser etwas stärker, als die der Winkelleisenschinkel zu wählen. Stärkere Kopfbleche als etwa 16 bis 18 mm werden selten verwendet. Die Kopfblechbreite soll mindestens 10 mm größer sein als die Breite zwischen den Außenkanten der Gurtwinkel.

Der Nietdurchmesser soll bei Gurtwinkeln und Deckplatten unter 8 mm Stärke $d = 16$ mm, bei solchen von 8 bis 10 mm Stärke $d = 20$ mm, von 10 bis 13 mm Stärke $d = 23$ mm und von mehr als 13 mm Stärke $d = 26$ mm betragen. Hauptträger über 10 m Stützweite erhalten gewöhnlich Niete von 26 mm Durchmesser. Bei größerer Nietenlänge als etwa $4d$ wählt man besser Schraubenbolzen. Der Abstand der Nietmitte vom Blechrande ist rechtwinklig zur Krastrichtung zu $1,5d$ (höchstens $2d$) und in der Krastrichtung selbst zu mindestens $2d$, die Entfernung der einzelnen Niete einer Reihe nicht unter $2,5d$, um die Niete setzen zu können, und nicht über $7d$ (bei Hestnieten unter $12d$) anzunehmen. Erhält man bei der Berechnung der Niete eine Nietteilung $t < 2,5d$, so ist der Querschnitt derart zu ändern, daß sich $t \geq 2,5d$ ergibt, oder es sind zwei Nietreihen anzuordnen; erhält man aber $t > 6d$, so wähle man $t = 6d$.

Für die Vernietung der Gurtwinkel mit dem Stehblech genügt gewöhnlich eine Nietreihe; nur wenn $t < 2,5d$ oder der Abstand der Nietreihe vom Rande größer als $3,5d$ ist, ordnet man auf jedem Schenkel zwei Nietreihen an und ver-
setzt die Niete gegeneinander, um das Winkelleisen möglichst

wenig zu schwächen (Abb. 537). Bei einreihiger Vernietung empfiehlt es sich, die Nietreihe in die Mitte des senkrechten Gurtwinkelschenkels zu setzen, weil dann Ober- und Unterkante der Gurtwinkel gleichmäßig an das Stehblech gedrückt werden und sich die Nietreihe in einem geringeren Abstände von der Gurtungsschwerlinie befindet (Abb. 538). Sind jedoch Kopfbleche vorhanden, so ist die Anordnung nach Abb. 539 vorzuziehen, um einen dichteren Schluß an den Außenkanten des Gurtungsquerschnittes zu erreichen.

Die Vernietung der Kopfbleche mit den wagerechten Schenkeln der Gurtwinkel erfolgt durch je eine Nietreihe, wenn diese vom Rande nicht weiter als $3,5 d$ absteht, anderenfalls durch je zwei Nietreihen.

Erhält jeder Gurtwinkel nur eine Reihe senkrechter und eine Reihe wagerechter Nieten, so setzt man beide Nietreihen miteinander in Verband (Abb. 539); dienen zum Anschluß aber je zwei Reihen Nieten, so ordnet man diese zweckmäßig der-

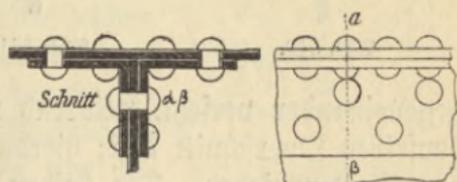


Abb. 537.

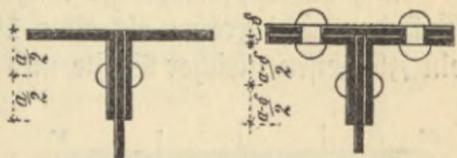


Abb. 538.

Abb. 539.

art an, daß je zwei senkrechte Nieten der äußeren bzw. inneren Reihen mit einem wagerechten Niet der oberen bzw. unteren Reihe sich in derselben lotrechten Ebene befinden, weil dann der Gurtungsquerschnitt am wenigsten geschwächt wird (Abb. 537).

Die Gurtwinkel werden zweckmäßig in Längen von höchstens 10 m verwendet; längere Winkelleisen werden auf dem Versandwege leicht verbogen und sind unbequemer für Handtierung und Bearbeitung. Bei längeren Brückenträgern sind die Gurtwinkel zu stoßen. Die Deckung des Stoßes erfolgt meistens mittels Deckwinkel (Abb. 540) oder mittels zweier Flacheisen (Abb. 541); Deckwinkel und Flacheisen müssen einen

dem Gurtwinkel gleichen Nutungsquerschnitt besitzen und so lang gewählt werden, daß die zum Anschluß erforderlichen Riete in den angegebenen Entfernungen gesetzt werden können. Deckt man den Stoß durch einen Deckwinkel von gleicher Größe des Gurtwinkels, so ragen seine Schenkel über die des gestoßenen Winkeleisens hinaus (Abb. 540 b), eine Anordnung, die den Nachteil besitzt, daß sich Wasser hinter dem lotrechten

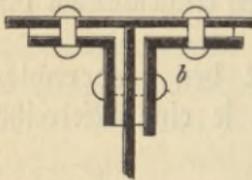


Abb. 540.

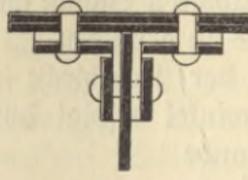


Abb. 541.

Schenkel des Deckwinkels ansammelt und ein starkes Rosten verursacht.

Die Stöße beider Gurtwinkel wurden früher meistens

gegeneinander versetzt, während man sie jetzt fast immer in denselben Querschnitt legt; hierdurch werden seitliche Kräfteangriffe vermieden. Die beiden wagerechten Schenkel der Gurtwinkel deckt man durch ein Flacheisen.

Auch die Kopfblechlänge wählt man aus den angeführten Gründen nicht größer als etwa 10 m. Der Stoß wird durch ein Flacheisen gleicher Breite und Stärke überdeckt und dieses

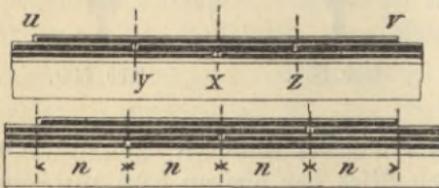


Abb. 542 u. 543.

auf das oberste Kopfblech gelegt und um so länger gewählt, je mehr Kopfbleche zwischen ihm und dem gestoßenen Kopfblech liegen. Zur Verminderung der Stoßlaschenzahl läßt man die Stöße der einzelnen

Kopfbleche möglichst aufeinander folgen, so daß zu ihrer gemeinsamen Deckung ein einziges Flacheisen genügt. Bei zwei Kopfblechen wählt man die Länge der Stoßlasche $uv = 2yz$ (Abb. 542), bei drei Kopfblechen zweckmäßig die in Abb. 543 dargestellte Anordnung (nach Müller-Breslau), bei der n die auf jeder Seite des Stoßes erforderliche Anzahl der (häufig in geringeren Abständen gesetzten) Stoßniete bezeichnet.

Bei Trägerlängen über etwa 6 m wird auch die Blechwand gestoßen, um nicht zu schwere Tafeln zu erhalten und keinen Überpreis an die Hüttenwerke bezahlen zu müssen. Zweckmäßig wird der Stoß der Blechwand an denjenigen Stellen angeordnet, wo der Querschnitt nicht voll ausgenutzt wird, oder wo Querverbindungen und Steifen notwendig werden. Man deckt den Stoß durch Doppellaschen von je $\frac{2}{3} \delta$ bis δ (jedoch nicht unter 7 mm) Stärke und befestigt sie mit der Blechwand durch Nieten, die auf jeder Seite des Stoßes in zwei (oder auch drei im Verband angeordneten) Reihen eingezogen werden (Abb. 544 u. 545). Entweder reichen die Laschen nur von Gurtwinkel zu Gurtwinkel (Abb. 544), oder sie besitzen die volle Höhe der Blechwand. Letztere Anordnung ist die jetzt üblichere; bei ihr läßt man die Gurt-

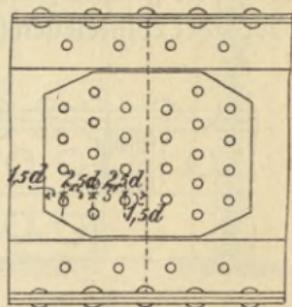


Abb. 544.

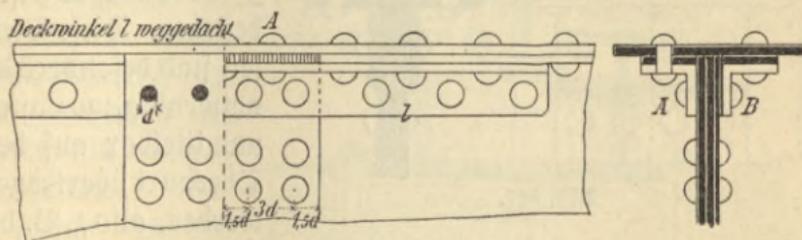


Abb. 545.

winkel sich an den Stoßlaschen totlaufen und führt über letztere Deckwinkel oder Flacheisen hinweg. Besitzen die Stoßlaschen und die senkrechten Gurtwinkelschenkel die gleiche Stärke, so sind nur zwischen den Kopfblechen und den wagerechten Schenkeln (Abb. 545 A), anderenfalls auch noch unter den Deckwinkeln, soweit sie auf den Stoßlaschen aufliegen bzw. über sie hinweggreifen, Futterstücke notwendig (Abb. 545 B). Nicht so empfehlenswert ist die Anordnung, bei der entweder die Gurtwinkel über die Stoßlaschen ohne oder mit Keileinlage

(Abb. 546) oder die Stoßlaschen über die Gurtwinkel gekröpft werden (Abb. 547), weil hierbei ein gleichmäßiges Anliegen der Winkleisen an den Laschen bzw. der Laschen an der Trägerwand und den senkrechten Gurtwinkelschenkeln nur sehr schwer zu erreichen ist und weil sich auch das Kröpfen meist teurer stellt als die Ausführung mit Futterstücken.

Gegen Ausbauchen wird die Blechwand mit lotrecht (bei sehr hohen Trägern auch wohl schräg) zur Gurtung gestellten Steifen geschützt, die entweder aus Flacheisen oder aus einem oder zwei Winkleisen (meist vom Normalprofil Nr. 6 $\frac{1}{2}$ bis 8),

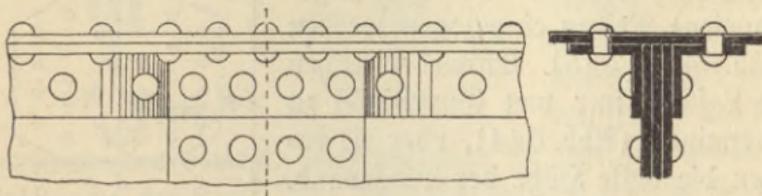


Abb. 546.

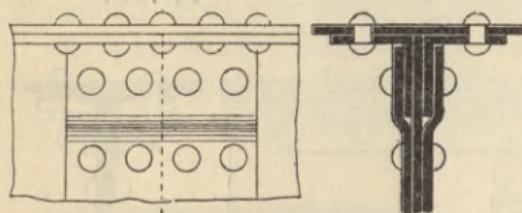


Abb. 547.

\perp oder auch \square -Eisen bestehen. Diese Steifen sind besonders da notwendig, wo Lasten unmittelbar auf den Obergurt übertragen werden, also z. B. bei

Eisenbahnbrücken mit oben liegender Bahn und Querschwellenoberbau unter jeder Querschwelle oder, falls die Schwellen dicht nebeneinander liegen, in Abständen von etwa 0,8 bis 1,0 m. Bei Brücken mit zwischen den Hauptträgern liegender Bahn dienen die Anschlußwinkleisen der Querträger zugleich als Steifen für die Blechwand, und es sind nur dann noch Steifen außen auf der Wand und in der Mitte des durch zwei Querträger begrenzten Feldes anzuordnen, wenn der Querträgerabstand größer ist als etwa 2,5 bis 3,0 m.

Entsprechend der Zunahme der Querkräfte gegen die Trägerenden hin empfiehlt es sich, die Steifen hier stärker zu

zu bemessen oder näher aneinander zu legen, namentlich aber die den Auflagerdruck übertragende Endsteife kräftig zu konstruieren (Abb. 548).

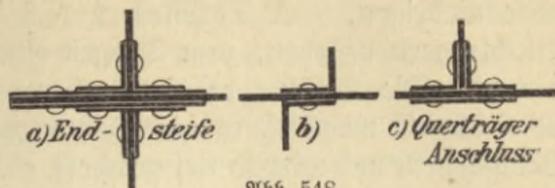


Abb. 548.

Die Steifen werden über die senkrechten Gurtwinkelschenkel gekröpft, oder es werden (besser) zwischen Steife und Blechwand Futterstücke von der Dicke der Gurtwinkelschenkel eingelegt (Abb. 549). Ist gerade am Stoße der Blechwand eine Steife notwendig, so gibt man

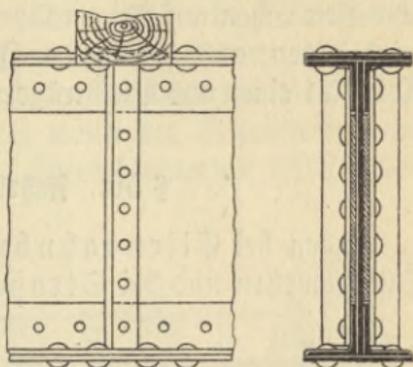


Abb. 549.

der Stoßlasche die Stärke der Gurtwinkelschenkel, um sie gleichzeitig als Futterstück benutzen zu können. Die Steifen werden durch Riete ($d = 2\delta$ und $t = 6d$ bis $8d$) befestigt.

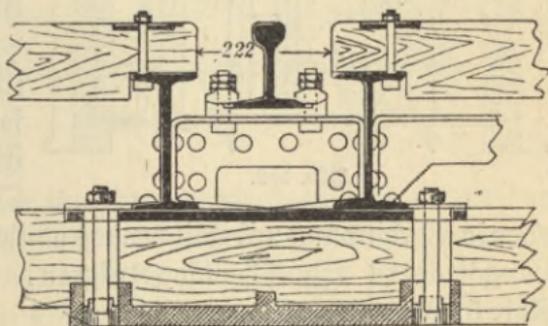


Abb. 550.

Bei Eisenbahnbrücken von etwa 6 bis 10 m Spannweite und sehr beschränkter Bauhöhe werden mit Vorteil sog. Zwillingsträger, die aus zwei zusammengekuppelten, gewalzten I-Trägern

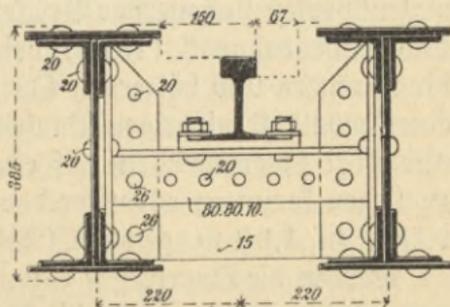


Abb. 551.

oder niedrigen, aus Stehblech und Winkleisen gebildeten Blechträgern bestehen, zum Tragen eines Schienenstranges benutzt. Die Schiene ruht entweder auf Unterlagsplatten oder, um ein möglichst ruhiges Fahren zu erzielen, auf einer Langschwelle und wird so tief gelagert, als es die Umgrenzung des lichten Raumes gestattet. Unterlagsplatte und Langschwellen ruhen auf kleinen Querträgern (Sätteln). Abb. 550 zeigt einen aus gewalzten **I**-Trägern hergestellten und Abb. 551 einen aus Blechträgern bestehenden Zwillingsträger.

§ 50. Fahrbahngerippe.

Ruhen bei Eisenbahnbrücken die Schienen oder die Querschwellen und bei Straßenbrücken die Fahrbahn und

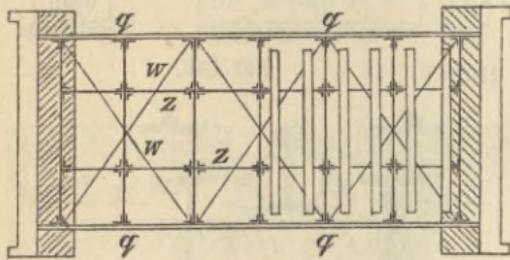


Abb. 552.

die Fußwege unmittelbar auf den Hauptträgern, so genügt es letztere mit einer Querversteifung zu versehen (siehe § 51), anderenfalls sind zur Unterstützung der Bahn Querträger (q) allein

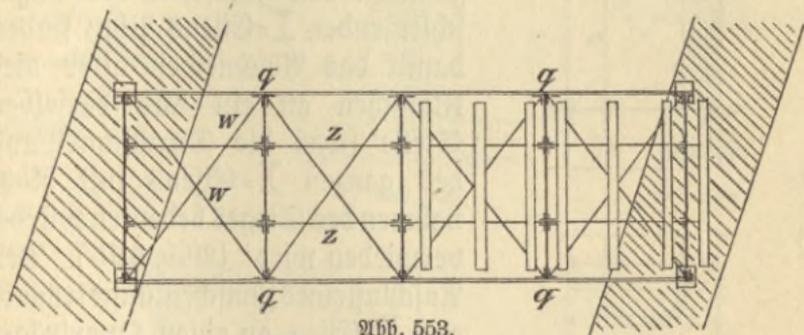
oder in Verbindung mit zwischengespannten oder aufgelagerten Längsträgern (Zwischenlängsträgern, Schwellenträgern z, Abb. 552) erforderlich.

Der gegenseitige Abstand der Querträger ist in den „Normalentwürfen flußeiserner Brückenüberbauten der Preussischen Staatseisenbahnen“ (1901) bei Überbauten mit Zwischenlängsträgern und hölzernen Querschwellen behufs Erzielung einer möglichst niedrigen Bauhöhe so bemessen worden, daß nur zwei Querschwellen auf ein Paar Zwischenlängsträger zu liegen kommen; es wurde der Abstand der Zwischenlängsträger zu 1,90 m gewählt (Abb. 4 und 6 auf Tafel XIX).

Werden die Querträger so nahe nebeneinander angeordnet, daß sich die Schienen bzw. die für die Fahrbahn verwendeten

Formeisen usw. von einem Querträger zum anderen frei tragen können, so sind Zwischenlängsträger entbehrlich.

Die Zahl der Querträger soll möglichst eine gerade sein, damit die Hauptträger in ihrer Mitte keine Einzellast erhalten. Bei geraden Brücken werden die Querträger rechtwinklig und die Zwischenlängsträger parallel zur Brückenlängsachse angeordnet (Abb. 552). Bei schiefen Brücken bleibt die Lage der Zwischenlängsträger die gleiche, die Querträger dagegen werden nur dann sämtlich rechtwinklig zur Brückenlängsachse eingespannt, wenn der Schnittwinkel der Achsen nicht viel vom rechten Winkel abweicht (Abb. 553);



man erhält dann aber längere Hauptträger, als unumgänglich nötig ist. Bei größerer Schiefheit der Brücke ordnet man die Endquerträger in der Regel parallel zum Widerlager an, während die übrigen Querträger ihre normale Lage behalten (Abb. 554).

Die Zwischenlängsträger werden bei einem kleineren Querträgerabstand als etwa 2,5 bis 3,0 m gewöhnlich aus **I**- oder **C**-Eisen gebildet, bei einem größeren Querträgerabstände aber als Blechträger konstruiert. Die Blechwand dieser ist gegen Ausbauchen in gleicher Weise durch Steifen zu schützen wie die Blechwand der genieteten Hauptträger.

Für den Anschluß der aus **C**-Eisen bestehenden Zwischenlängsträger mit dem Querträger genügt ein Winkelleisen, das bei genieteten Querträgern zur Aussteifung ihres Stehbleches

über die senkrechten Gurtwinkelschenkel geführt wird (Abb. 19 auf Tafel XVII). Zwischenlängsträger aus I-Eisen sollen nach dem preussischen Ministerialerlaß vom 1. Mai 1903 (betreffend Vorschriften für das Entwerfen der Brücken mit eisernem Überbau auf den preussischen Staatseisenbahnen) an

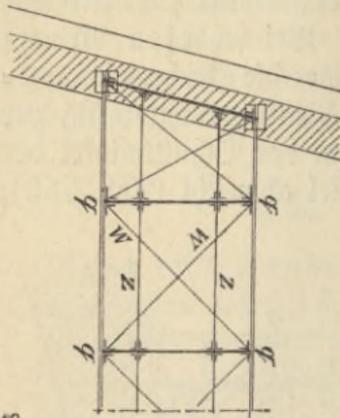
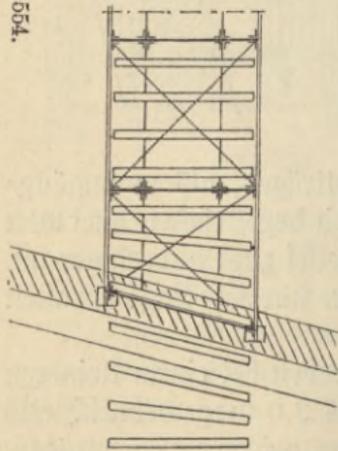


Abb. 554.



Blechträger „in der Regel so angeschlossen werden, daß nur das eine der beiden Anschlußwinkleisen über die ganze Höhe der stützenden Träger geführt wird, während das zweite so zu bemessen ist, daß es zwischen den Flanschen des anzuschließenden I-Eisens Platz findet, damit das Abschneiden aller vier Flanschen an ein und derselben Stelle (was die Durchschneidung des ganzen I-Eisens mit Ausnahmen des Steges bedeuten würde) vermieden wird“ (Abb. 555). Den Anschluß eines Zwischenlängsträgers aus I-Eisen an einen Querträger aus I-Eisen zeigen Abb. 6 und 7 auf Tafel XVIII.

Besteht der Zwischenlängsträger aus einem Blechträger, so erfolgt der Anschluß seines Stehbleches an die Querträgerwand gewöhnlich mit Hilfe zweier sich über die ganze Höhe des Querträgers erstreckender Winkleisen, und die Nieten werden

in den beiden Schenkeln gegeneinander versetzt, um die Anschlußwinkel möglichst wenig zu schwächen (Abb. 556). Man kann die aus Walz- oder Blechträgern bestehenden Zwischenlängsträger jedoch auch beiderseits auf die wagerechten Schenkel von Winkleisen oder Kragstützen lagern, die an die Querträgerwand angenietet werden, und ihren Steg bzw. ihr Stehblech

mit der Querträgerwand mittels zweier Winkleisen von der Höhe des Steges bzw. des Stehbleches verbinden (Abb. 557).

Bei unbeschränkter Bauhöhe legt man die Zwischenlängsträger vielfach als Einzelträger oder durchgehende Träger auf die Querträger und vernietet sie mit deren

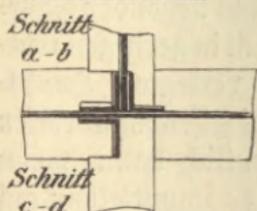
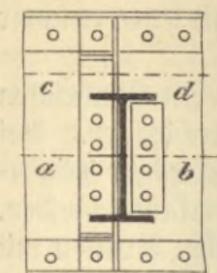


Abb. 555.

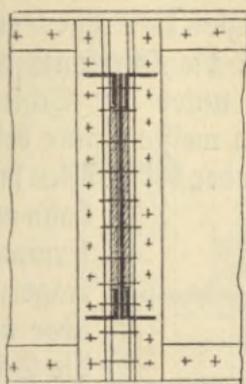


Abb. 556.

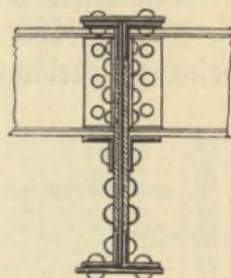


Abb. 557.

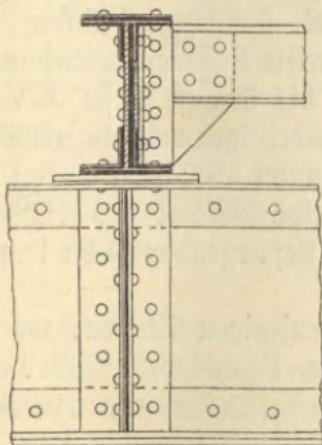


Abb. 558.

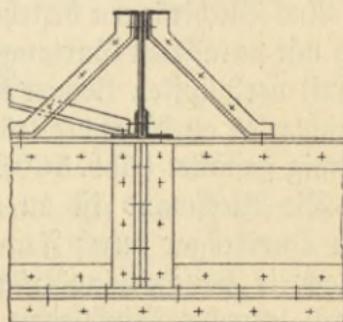


Abb. 559.

Obergurt. Zur Verhütung eines Umkantens verbindet man dann die Zwischenlängsträger an den Enden, nötigenfalls auch noch in der Mitte, durch kleine Querträger (Abb. 558), oder steift sie gegen die sie unterstützenden Querträger durch

Blechdreiecke oder durch Winkleisen- oder **L**-Streben ab (Abb. 559). Endlich hat man die durchgehenden Zwischenlängsträger bei beschränkter Bauhöhe auch durch entsprechende Schlitz in der Querträgerwand gesteckt und mit letzterer unter Einschaltung von Winkleisen vernietet.

Die Querträger kleinerer Eisenbahn- und Straßenbrücken sind entweder gewalzte **I**-Träger oder Blechträger. Bei Eisenbahnbrücken soll die Oberkante der Querträger mindestens 3, besser 5 cm unter der Schienenunterkante bleiben. **I**-Träger wählt man meistens nur bei schmalen Brücken mit kleinen Felderlängen oder bei Brücken mit oben liegender Fahr-

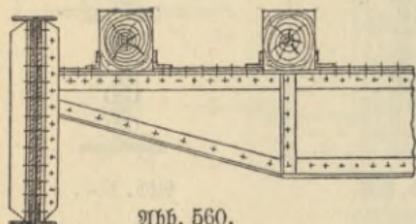


Abb. 560.

bahn und mit in geringen Entfernungen verlegten Hauptträgern, bei Eisenbahnbrücken aber namentlich dann, wenn die Schienen unmittelbar auf den Querträgern ruhen und sich zwischen diesen freitragen. Bei Fußgängerbrücken mit

oben liegender Bahn genügen meistens Querverbindungen aus **L**- oder **C**-Eisen (Abb. 1 bis 5 auf Tafel XVII).

Aus Blechträgern bestehende Querträger werden gewöhnlich mit parallelen Gurtungen, mitunter aber auch wegen der damit verknüpften kleinen Kostenersparnis und des leichteren Anschlusses an die Hauptträger bei tief liegender Bahn trapezförmig gestaltet (Abb. 560).

Die Blechwand ist an allen denjenigen Stellen, wo auf den Querträger durch Fahrstienen, Langschwelen oder aufgelagerte Zwischenlängsträger Einzellasten übertragen werden, durch lotrechte Winkleisen zu versteifen. Etwaige Stöße in der Querträgerwand oder in den Gurtwinkeln sind in gleicher Weise zu decken, wie dies bei den genieteten Hauptträgern angegeben wurde.

Der Anschluß der Querträger an die Hauptträger erfolgt im allgemeinen in gleicher Weise wie der Anschluß der Zwischenlängsträger an die Querträger, nur werden die Anschlüsse bei

unten liegender Fahrbahn oder, wenn die Hauptträger zum Teil über, zum Teil unter der Bahn („versenkte“ Bahn) liegen, durch Eckbleche versteift, und zwar bei Eisenbahnbrücken, soweit es die Umgrenzung des lichten Raumes gestattet (Abb. 7 auf Tafel XVIII). Bei genieteten Querträgern wird das Eckblech von gleicher Stärke wie die Querträgerwand gewählt und trapezförmig gestaltet; es reicht vom Obergurt des Hauptträgers bis zum Untergurt des Querträgers (Abb. 561) bzw.

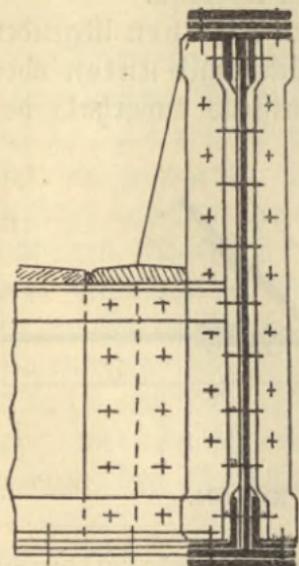


Abb. 561.

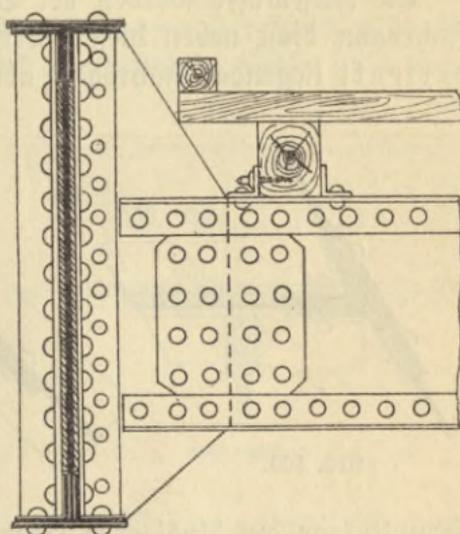


Abb. 562.

bei versenkter Bahn bis zum Untergurt des Hauptträgers (Abb. 562) und bildet somit einen Teil der Querträgerwand; letztere wird mittels Doppelaschen angeschlossen, und die Gurtwinkel des Querträgers werden ungestoßen bis zu den senkrechten Schenkeln der Anschlußwinkel der Hauptträger geführt.

Bei Querträgern aus I-Eisen wird die Aussteifung durch ein Dreieckblech bewirkt, das mit dem durchgehenden Querträger mittels Winkelseisen und Nieten verbunden und auch mit den Anschlußwinkeln des Hauptträgers vernietet wird (Abb. 7 auf Tafel XVIII).

Statt der Eckbleche hat man auch Winkel- oder \perp -Eisen zur Aussteifung benutzt (Abb. 19 auf Tafel XVII).

Die sich bei schiefen Brücken mit parallel zum Widerlager gestellten Endquerträgern ergebenden schiefen Anschlüsse werden gewöhnlich mit Hilfe schiefwinkliger Winkelleisen (Abb. 563) oder mittels einmal, bei sehr spitzwinkligen Anschlüssen der leichter ausführbaren Vernietung wegen auch zweimal geknickter Blechstreifen (Abb. 554) bewirkt. Schiefe Anschlüsse verteuern den Überbau.

Die Fußwege werden bei Brücken mit oben liegender Fahrbahn dicht neben dieser, bei Brücken mit unten oder versenkt liegender Fahrbahn aber meistens außerhalb der

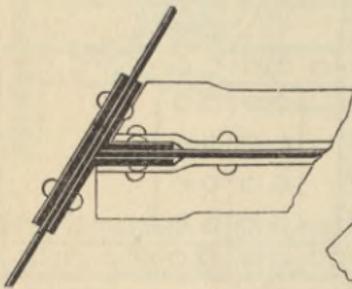


Abb. 563.

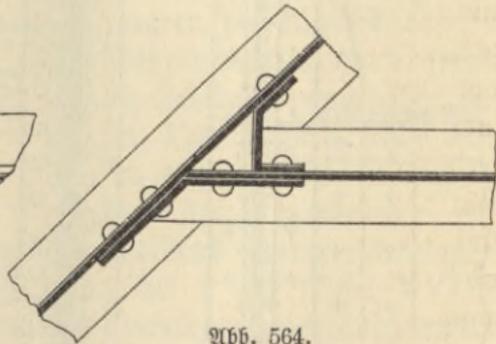


Abb. 564.

Hauptträger auf Auslegern (Konsolen, Tragträgern) angeordnet. Im letzteren Falle wird die Fußwegtafel von hölzernen Längschwellen oder von Längsträgern aus I - oder U -Eisen getragen, die auf den Konsolen befestigt sind, oder sie wird unmittelbar durch die Konsolen unterstützt (vergl. § 52 II). Die Konsolen sind entweder Blechkonsolen I - oder \perp -förmigen Querschnittes, die bei hoch liegender Bahn durch Verlängerung der Querträger gebildet und bei unten liegender Bahn besonders hergestellt und dann an die Hauptträgerwand mittels Winkelleisen und Nieten angeschlossen werden (Abb. 10 auf Tafel XVII), oder sie sind Strebenkonsolen, die am einfachsten aus zwei an dem einen Ende zu einer Spitze vereinigten, an dem anderen Ende mit dem Hauptträger

unmittelbar vernieteten Stäben, einem Zugeisen und einer Strebe, aus je einem Winkleisen oder \perp - oder \cup -Eisen (Abb. 4 auf Tafel XIX), bei größerer Fußwegbreite aber aus je zwei Winkleisen oder \cup -Eisen bestehen, die, namentlich bei gekrümmter Strebe, durch ein Flach- oder Winkleisen gegeneinander abgesteift werden (Abb. 20 auf Tafel XVII). Strebe und Zugeisen sind unter Einschaltung von Anschlußwinkeln ohne oder mit Anschlußblechen an die Hauptträger durch Riete zu befestigen. Bei breiten Fußwegen wird die Konsole als Fachwerkträger (Fachwerkkonsole) ausgebildet, dessen obere Knotenpunkte unter den Auflagern der Fußweglängsträger liegen. Die auf Druck beanspruchten Stäbe stellt man aus \perp -, \perp - oder \cup -Eisen

und die gezogenen Stäbe meistens aus einfachen oder doppelten Flachisen her. Zum Anschluß der Stäbe werden Knotenbleche in die

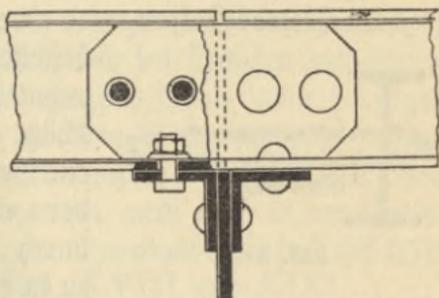


Abb. 565.

Gurtungen eingeschoben (Abb. 16 auf Tafel XVII) und die Zwischenräume zwischen den Gurtwinkeln in ganzer Länge durch Futterstücke ausgefüllt, wenn ihre Weite weniger als etwa 2 cm beträgt, weil dann der Anstrich nur ungenügend oder gar nicht erneuert werden kann. Bei einer Weite der Zwischenräume von 2 cm und mehr und bei geringerer Stärke der Anschlußbleche sind neben diese noch Futterstücke von der Länge der Anschlußbleche und der Höhe der Gurtwinkel einzulegen.

Damit die Konsolen den Längsbewegungen der Hauptträger ungehindert folgen können, empfiehlt sich eine bewegliche Auflagerung der Fußweglängsträger, die man in einfachster Weise dadurch erreicht, daß man das eine Ende der auf einer Konsole zusammenstoßenden Träger durch Bolzen befestigt und das Bolzenloch im Trägerfuß länglich gestaltet,

oder um etwa 3 mm weiter wählt, als es der Bolzenschaft erfordert. Beide Träger kann man am Stoß zur Erhöhung ihrer seitlichen Standfestigkeit durch Doppellaschen miteinander verbinden; am beweglich aufgelagerten Trägerende müssen dann die Löcher für die Anschlußniete wieder einen um etwa 3 mm größeren Durchmesser als die Rietschäfte erhalten (Abb. 565).

§ 51. Queraussteifung und Windverband.

Die in wagerechter Richtung auf eine Balkenbrücke wirkenden Kräfte (nämlich der Winddruck, die Seitendrucke der Eisenbahnfahrzeuge und bei in gekrümmter Bahnstrecke liegender Brücke auch die Fliehkraft) sind von einem aus einer senkrechten Querversteifung und einem wagerechten Windverbände

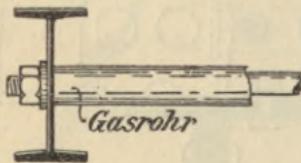


Abb. 566.

bestehenden Querverbände aufzunehmen. Dieser Querverband allein schützt aber den Überbau nicht gegen ein Verschieben und Umkanten, sondern eine Verschiebung ist auch noch durch besondere, in den Auflagern zu treffende Anordnungen (vgl. § 55)

zu verhüten und ein Umkanten bei Brücken mit oben liegender Fahrbahn durch Anordnung der beiden Hauptträger in einem solchem Abstände voneinander daß das Drehmoment aus Eigengewicht und halbem Trägerabstand größer ist als das Kantmoment des Winddruckes.

Die Queraussteifung wird in einzelnen senkrechten Ebenen zwischen den Trägern angeordnet und bei Hauptträgern bis zu etwa 40 cm Höhe und bei oben liegender Fahrbahn aus Rundisen in Form von Stehbolzen (Abb. 566), besser aber aus L-, I-, C-, oder T-förmigen Querriegeln (Abb. 1 und 2 auf Tafel XIX), bei höheren Trägern aber aus Blechträgern oder aus Fachwerkträgern in Form von Andreaskreuzen oder einfachen Netzwerken usw. gebildet. In den „Normalentwürfen der Preussischen Staatseisenbahnen“ besteht der senkrechte Querverband bei den

kleineren Überbauten aus wagerechten U-Eisenriegeln und bei den größeren aus einem einfachen, aus Winkleisen von $80 \times 80 \times 10$ mm gebildeten Netzwerk bzw. aus steif konstruierten Andreaskreuzen.

Zweckmäßig stellt man die Diagonalen der fachwerkartigen Queraussteifungen statt aus Flacheisen aus je einem Winkleisen, die unteren und oberen Querriegel aber aus je zwei Winkleisen her. Die Stäbe werden unter Einschaltung von Anschlußblechen an die Hauptträger genietet. Bei kleineren Brücken mit unten oder versenkt liegender Fahrbahn ist eine besondere Queraussteifung nicht erforderlich, weil die eingespannten Quertträger und die Eckbleche die Hauptträger genügend versteifen.

Der Windverband wird aus ebenen, wagerecht liegenden, aus Normalen und einfachen oder gekreuzten Diagonalen (w) bestehenden Fachwerken gebildet, die bei Brücken mit hohen Hauptträgern und mit oben liegender Bahn sowie kräftiger Queraussteifung (besonders an den Trägerenden) in der Regel nur in der Ebene des Obergurtes, bei fehlender oder nur schwacher Queraussteifung aber auch noch in der Ebene des Untergurtes der Hauptträger angeordnet werden (Abb. 552 bis 554; siehe auch Tafel XVII, XVIII und XIX).

Die Trägergurte sind zugleich auch die Gurte des Windverbandes, die Querträger bzw. die zur Absteifung und Verbindung der Hauptträger vorhandenen Queraussteifungen zugleich auch die Normalen des Windverbandes. Die Diagonalen werden am besten aus einfachen (bei größeren Brücken auch aus doppelten) Winkleisen oder aus L- oder U-Eisen gebildet. Schlasse, d. h. aus Flacheisen bestehende Diagonalen sind nur im Anschluß an die Untergurte zu empfehlen; sie haben vor den steif konstruierten den Nachteil, daß sie sich mehr durchhängen und demnach bei voller Beanspruchung eine größere Streckung erleiden.

Die Diagonalen werden an den Kreuzungspunkten der Quer- und Hauptträger mit letzteren entweder unmittelbar oder unter Einschaltung von Anschlußblechen vernietet. Bei gekreuzten Diagonalen wird im letzteren Falle die eine auf, die

andere unter das Anschlußblech mit mindestens zwei Nieten befestigt. Bestehen die gekreuzten Diagonalen aus Flacheisen, so können sie bei größeren Brücken auch beiderseits auf oder unter das Anschlußblech genietet werden, weil sie sich so weit durchhängen, daß sie an ihren Kreuzungsstellen übereinander hinweggehen. Bei kleineren Brücken werden die Diagonalen auch häufig an die Querträger bzw. Queraussteifungsriegel angeschlossen (Tafel XVIII).

In den „Normalentwürfen der Preussischen Staatseisenbahnen“ ist der Windverband aus Kreuzen hergestellt, die aus Winkelleisen von $80 \times 80 \times 10$ mm bestehen. Nur bei den Bauwerken unbeschränkter Bauhöhe bis 1,5 m Lichtweite fehlen diese Kreuze, da hier die senkrechte Queraussteifung zusammen mit den Nasen der festen Lager (vgl. § 55) jegliche Verschiebung aus der rechteckigen in die schiefwinklige Grundrißform ausreichend verhindert. Um bei den Bauwerken von 2 bis 3,5 m Lichtweite die gezogenen Flanschen der aus gewalzten I-Trägern bestehenden Hauptträger nicht durch Nietlöcher zu schwächen, ist in diesen Entwürfen der Windverband an die Stege der Träger angeschlossen. Bei den Bauwerken beschränkter Bauhöhe bestehen die gekreuzten Diagonalen aus Flacheisen von 80×10 mm Querschnitt; nur bei Brücken bis 2 m Lichtweite fehlt ein Windverband (Tafel XIX).

§ 52. Fahrbahntafel und Fahrbahndecke der Straßen- und Eisenbahnbrücken.

Die das Fahrbahngerippe bildenden Träger werden mit einer Fahrbahntafel (Brückentafel) überdeckt, die die Unterlage für die Fahrbahndecke (Brückendecke) bildet.

I. Fahrbahntafel und Fahrbahndecke der Straßenbrücken.

Bei Straßenbrücken mit schwachem und leichtem Verkehr bildet die Brückentafel und zugleich auch die Brückendecke gewöhnlich ein je nach der Radlast und der freitragenden

Länge etwa 8 bis 15 cm starker einfacher Bohlenbelag aus Eichenholz, mit Zinkchlorid usw. getränktem Buchenholz oder Kiefernholz (Abb. 8 auf Tafel XVII), der bei den eisernen Brücken in gleicher Weise hergestellt wird wie bei den hölzernen (vgl. § 39). Die Befestigung der Bohlen auf die Träger (bei kleinen Brücken mit nahe liegenden Hauptträgern auf diese, bei größeren auf Quer- oder Zwischenlängsträger) geschieht entweder mittels lotrechter Schraubenbolzen oder mittels Hafenschrauben (Abb. 567, vgl. auch § 52 II) oder mittels von unten durch den Trägergurt geschraubter Holzschrauben. Um nicht jede einzelne Bohle mit dem Träger verbinden zu müssen, werden auf letztere Polsterhölzer (Futterhölzer) aufgeschraubt und auf diese sämtliche Bohlen aufgenagelt oder aufgeschraubt (Abb. 14 auf Tafel XVII), oder nur einzelne Bohlen mit dem Trägergurt durch Schraubenbolzen, die übrigen aber mit übergelegten Flacheisen oder Saumschwellen durch Nägel oder Holzschrauben verbunden.

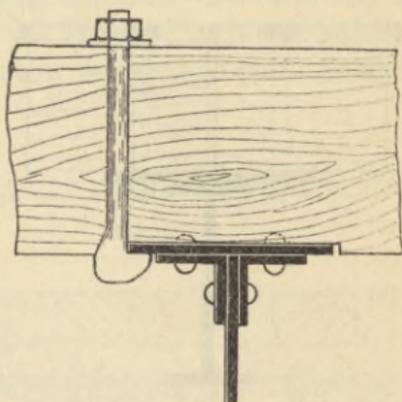
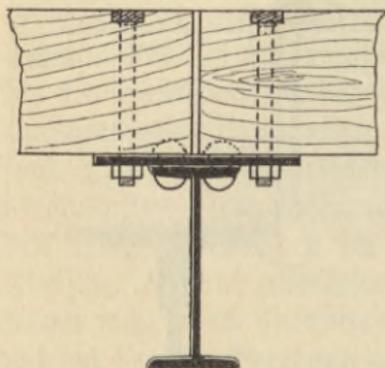


Abb. 567.

Werden die Bohlen aus den in § 39 angeführten Gründen in der Mitte gestoßen, so empfiehlt es sich, an dieser Stelle einen Träger anzuordnen, bei zu schmaler Gurtung die Auflagerfläche durch eine aufzunietende Schmiedeeisenplatte zu vergrößern und durch diese die Befestigungsschrauben der Bohlen zu ziehen. Häfeler schlägt vor, die Bolzenköpfe zur sicheren Niederhaltung der Bohlen in Flacheisen zu versenken, die zu beiden Seiten des Stoßes in die Oberfläche des Bohlenbelages einzulassen sind (Abb. 568).

Bei stärker befahrenen Brücken kann man wie bei den Holzbrücken auf dem Bohlenbelag als Fahrbahndecke einen zweiten Bohlenbelag (Abb. 14, 19 und 20 auf Tafel XVII)

oder eine Beschotterung oder eine Holzpflasterung anordnen. Ein doppelter Bohlenbelag besitzt zwar den Vorzug großer Leichtigkeit, aber den Nachteil schneller Vergänglichkeit. Das Gewicht der durchnässten Bohlen von 4 cm Stärke beträgt bei Verwendung von Eichen- und Buchenholz etwa 10 d und bei Verwendung von Nadelholz etwa 9 d für 1 qm Belag und die Dauer beim Eichenholze etwa 10 bis 15 Jahre und beim Nadelholz etwa 5 bis 8 Jahre; bei einer Tränkung der Bohlen mit fäulniswidrigen Stoffen kann man sie noch um einige Jahre länger annehmen.



2166. 568.

Häufig wählt man zum Schutze des Unterbelages statt des Oberbelages eine Kies- oder Schotterdecke von nur wenigen Zentimetern Höhe. Diese aus feinem Kies oder Schotter herzustellende Decke stärker zu bemessen, empfiehlt sich nicht, weil dann das Sickerwasser zu

lange im Steinkörper zurückgehalten und dadurch das Faulen der Bohlen begünstigt, auch der Bohlenbelag stärker belastet wird.

Eine Holzpflasterung belastet die Brücke wenig und mildert infolge ihrer Elastizität auch die Stöße der Wagenräder, sie ist aber ziemlich teuer in Herstellung und Unterhaltung und verlangt eine sehr sorgfältige Ausführung (vgl. § 39).

Wenn man die Brückentafel nicht aus einem Bohlenbelag, sondern aus Gußeisenplatten, Buckelplatten, Tonnenblechen, Wellblech, Zores- oder Belageisen, Stein- oder Betongewölben herstellt, so wählt man für Landstraßenbrücken zwischen Steinschlagbahnen zweckmäßig eine Beschotterung der Einheitlichkeit und leichteren Zustandhaltung wegen. Die Stärke der Schotterdecke ist je nach Größe und Stärke des

Verkehr auf der Brücke am Straßenrande zu etwa 10 bis 15 cm und in der Straßenmitte zu etwa 15 bis 25 cm anzunehmen (Abb. 12 und 16 auf Tafel XVII). Als Hauptnachteile der Beschotterung sind das große Gewicht und die Schwierigkeit der Entwässerung anzuführen.

Eine Steinpflasterung auf Sandbettung ist wegen ihres großen Eigengewichtes, ihrer geringen Elastizität und ihrer Kluftspieligkeit nur dann auf Brücken mit eisernem Überbau zu empfehlen, wenn der Verkehr ein sehr bedeutender und schwerer ist, oder wenn die angrenzenden Straßenstrecken gepflastert sind, oder wenn über die Brücke Straßenbahngleise geführt werden müssen, oder wenn die Brücke einen monumentalen Charakter erhalten soll. An ihrer Stelle wird bei städtischen Brücken in neuerer Zeit vielfach eine Stampfasphaltbahn auf Betonunterbettung gewählt.

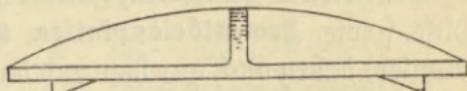


Abb. 569.

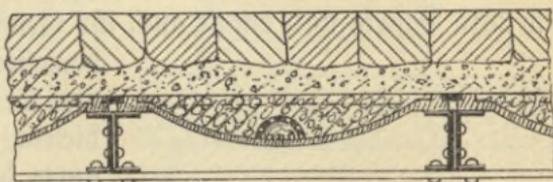


Abb. 570.

Zur Herstellung der Fahrbahntafel hat man einzelnen

Fällen **Gusseisenplatten** benutzt, und zwar entweder ebene Platten mit rechtwinklig zu den Auflagerflächen liegenden (also bei auf allen vier Seiten aufgelagerten Platten sich rechtwinklig kreuzenden) Verstärkungsrippen an der Ober- oder Unterseite (erstere vorteilhafter, Abb. 569) oder nach abwärts gekrümmte, auf den beiden Schmalseiten aufliegende Platten mit Längsrippen und zwischen diesen mit Entwässerungsöffnungen in der Sohle, die mit durchlöchernten oder mit Seitenschlitzen versehenen Kugelhauben zur Verhütung einer Verstopfung überdeckt werden (Abb. 570). Die gusseisernen Platten werden mit den Trägergurten durch Schraubenbolzen verbunden, oder es werden an sie Leisten

(Knaggen) angegossen, die gegen die Trägergurte treten und dadurch eine Seitenverschiebung verhindern (vgl. Abb. 569). Bei der Michaelbrücke zu Berlin (vgl. Abb. 570) wurden in den Zwischenraum zwischen den Leisten zweier benachbarter Platten Flacheisen eingelegt.

Gußeisenplatten können für eine Spannweite bis etwa 2 m verwendet werden; sie sind vor Stößen zu bewahren.

Auch ebene, an den Rändern mit den Quer- und Zwischenlängsträgern vernietete und durch aufgenietete, in einem Abstände von 60 cm liegende, 60 mm hohe Z-Eisen versteifte **Blechtafeln** mit einer 10 cm starken Betondecke sind als Brückentafel und =decke empfohlen worden.

Platten aus Sandstein, Granit usw. von etwa 12 bis 20 cm Dicke sowie **Zementbetonplatten mit Eiseneinlage** (System Monier) haben auch nur hier und da zur Bildung von Brückentafeln Verwendung gefunden; sie besitzen den Nachteil eines großen Eigengewichtes. Die meist quadratischen Platten sind, um ihre Stärke und damit auch ihr Gewicht möglichst gering

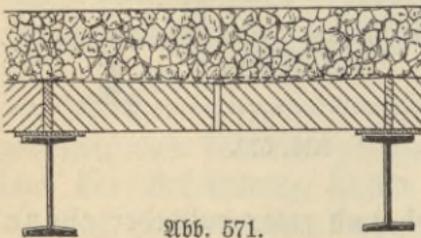


Abb. 571.

bemessen zu können, auf allen vier Seiten aufzulagern. Zu diesem Zwecke sind die Obergurte der Quer- und Zwischenlängsträgern des Fahrhängerippes in gleicher Höhe anzuordnen. Zur Abführung des Sickerwassers

sind die Platten in der Mitte zu durchlochen und an ihrer Oberfläche von allen vier Seiten aus nach dieser Entwässerungsöffnung mit einem schwachen Gefälle auszustatten. Zur Verminderung der Stöße legt man auf die Trägergurte mit heißem Teer getränkte Filzplatten und dichtet die Fugen der auf diesen ruhenden, stumpf aneinanderstoßenden Steinplatten mit Zementmörtel (Abb. 571), oder man sichert die gegenseitige Lage der Steinplatten dadurch, daß man ihre Unterfläche an allen vier Seiten mit einem etwa 8 cm breiten und 1 bis 2 cm tiefen Rand versieht und die Platten mit

diesem auf die Asphaltfilzplatten auflegt, oder endlich dadurch, daß man die Stehbleche der Träger zwischen den Gurtwinkeln nach oben vortreten läßt. Die Platten innerhalb schmiedeeiserner Rahmen zu lagern, empfiehlt sich der schwierigeren Verlegung wegen weniger. Auf die Steinplatten kommt in der Regel eine Kies- oder Schotterdecke.

Buckelpplatten (Trogbleche) werden zur Fahrbahnbildung viel verwendet; sie sind schmiedeeisene (am besten flußeisene) Bleche mit ebenen, 4 bis 8 cm breiten Rändern und muldenförmiger Ausbauchung (etwa in der Art eines Klostergewölbes) mit einer Höhe von durchschnittlich $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{15}$ der kleineren Plattenseite. Die Platten werden in Stärken von 6 bis 10 mm in quadratischer, rechteckiger (Abb. 572) oder trapezförmiger

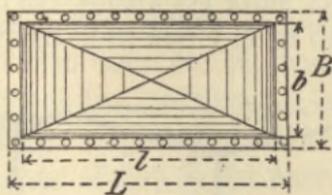


Abb. 572.

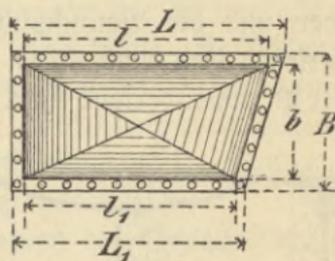


Abb. 573.

Form, für die Endfelder schiefer Brücken (Abb. 573), und mit Seitenlängen von 0,5 bis 2,0 m aus einem Stück, größere Platten und namentlich solche von unregelmäßiger Form auch aus mehreren zusammengenieteten Teilen hergestellt und entweder hängend oder stehend, d. h. mit abwärts oder aufwärts gerichteter Krümmung verlegt. Hängende Platten (Abb. 10 auf Tafel XVII) sind empfehlenswerter, weil sie eine größere Tragfähigkeit besitzen und sich das Sickerwasser leicht durch eine Öffnung an der tiefsten Stelle der Platte ableiten läßt. Diesem Entwässerungsloch gibt man einen Durchmesser von 4 bis 5 cm und überdeckt es zur Verhütung eines Zuschlammens mit grobem Schotter oder mit der erwähnten Kugelhaube. Schotter ist vorzuziehen, weil sich feibartige Hauben sehr bald als unwirksam erweisen.

Stehende Buckelplatten (Abb. 6 u. 7 auf Tafel XVII) erfordern eine den Wölbungsscheitel noch 3 bis 5 cm überdeckende Betonabgleichung, die gegen das Eindringen von Wasser mit einer etwa 2 cm dicken Asphaltschicht oder einem Asphaltfilz- oder Tektolithbelag zu schützen und mit einem

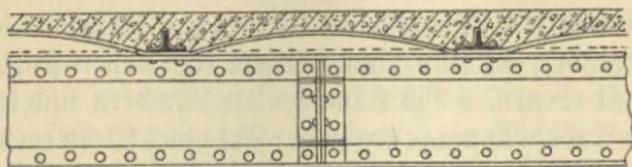


Abb. 574.

Quergefälle oder mit einem Gefälle nach einzelnen, die Plattenränder und die Betonschicht durchdringenden Abfallröhren zu versehen sind (Abb. 574). Findet unter der Brücke ein lebhafter Personenverkehr statt, so sind unter diesen Abfallröhren

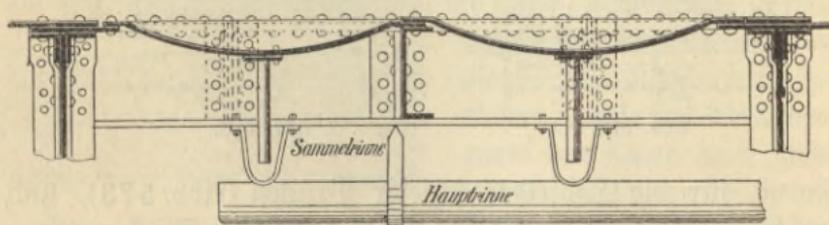


Abb. 575.

(auch unter den Ansatzröhren, die man unter den Entwässerungsöffnungen der hängenden Buckelplatten anzuordnen pflegt) Sammelrinnen zur Ableitung des Sickerwassers anzubringen (Abb. 575). Zur Vermeidung dieser Rinnen hat man, wie hier bemerkt sein mag, in neuerer Zeit mehrfach (z. B. bei Straßenunterführungen der Bayrischen Staatseisenbahn) 8 mm starke, nicht mehr als 85 cm in der Breite freiliegende Flachbleche unter dem Überbau befestigt und mit einem Längengefälle von etwa 1 : 100 von der Brückenmitte aus nach den Brückenden hin versehen.

Die Buckelplatten werden an allen vier Rändern auf die gleich hoch zu legenden Obergurte der Quer- und Zwischenlängsträger bzw. auf besondere, an der Blechwand der Hauptträger befestigte Randträger (z. B. L-Eisen) mittels Niete fest eingespannt, deren Durchmesser d mindestens gleich der doppelten Plattendicke und deren Abstand gleich $5d$ zu wählen ist. Dient zum Tragen zweier aneinanderstoßender Buckelplatten ein U-Eisen oder ein kleiner I-Träger mit schmalem Flansch, so ist der Rand der einen Platte über den der anderen hinwegzukrüpfen (Abb. 575); liegen die Platten aber auf einem Blechträger mit einem oder mehreren Kopfblechen, so empfiehlt es sich, das unterste, sich über den ganzen Träger erstreckende Kopfblech um 60 bis 80 mm vorstehen zu lassen, um hier den Anschluß unabhängig von der Vernietung der Kopfbleche vornehmen zu können (Abb. 575). Bei fehlendem Kopfblech vernietet man die Buckelplatten mit den Gurtwinkeln und legt über die Plattenränder zweckmäßig eine Decklasche, weil dadurch ein Abbiegen der Winkelleisen und Zugspannungen in ihren wagerechten Nieten vermieden werden.

Zum Schutz gegen Rosten werden die Buckelplatten entweder verzinkt oder sie erhalten einen Bleimennige- oder Asphaltanstrich. Bei den Brücken der Berliner Stadtbahn hat man die Fugen an den Rändern der nur 5 mm dicken Buckelplatten dadurch gedichtet, daß man Fugen und Nietreihen mit Asphaltfilsstreifen überdeckte, diese Streifen 9 bis 10 cm weit in die Höhlung der Buckelplatten hineinreichen ließ, sie mit einem asphaltartigen Klebstoff auf das Eisen aufklebte und dann noch mit Asphaltlack überzog und an der Anschlußstelle der Buckelplatte und Blechwand der Hauptträger an dieser Wand in die Höhe zog und festklebte. Die Dichtung wurde auch in der Weise ausgeführt, daß man die Fugen zwischen den anstoßenden Platten bzw. zwischen Platten und Trägerwand mit Asphaltfitt ausfüllte und dann die Nietreihen mit einer 15 bis 25 mm starken Asphaltschicht in der gleichen Breite wie die der Filsplatten überdeckte (Zeitschrift für Bauwesen, 1884 S. 369).

Auf die Buckelplatten bzw. auf ihre Betonabgleichung wird eine etwa 15 bis 20 cm hohe Beschotterung aufgebracht und einer guten Entwässerung wegen mit einem starken Quersgefälle versehen. Wählt man als Fahrbahnbedeckung eine Steinpflasterung, so ist zwischen dieser und dem Beton eine etwa 2 bis 3 cm dicke Sand- oder Kiesschicht anzuordnen. Eine leichte, billige und keine besondere Entwässerungsvorrichtung erfordernde Fahrbahnbefestigung liefert eine auf die Betondecke aufgebrachte 4 bis 8 cm starke Stampfasphaltschicht. Bei ihrer Ausführung wird man das Entwässerungsloch am Boden der hängenden Buckelplatten zweckmäßig beibehalten zur Abführung bzw. Austrocknung etwaiger Feuchtigkeit in der Betondecke.

Die Tragfähigkeit der Platten wird am besten durch eine Probebelastung festgestellt. Für die Berechnung des Platten Gewichtes ist (nach der „Hütte“) bei rechteckigen Platten eine Fläche

$$F = LB + 2 \left(\frac{l^2 + b^2}{1b} \right) f^2$$

(Abb. 572) (bei quadratischer Platte also $F = L^2 + 4f^2$) und bei trapezförmigen Platten eine Fläche

$$F = \left(\frac{L + L_1}{2} \right) \cdot B + \frac{(1 + l_1) \cdot (l^2 + l_1^2 + 2b^2)}{2ll_1 b} \cdot f^2$$

(Abb. 573) anzunehmen (f = Stichhöhe des Buckels).

Tonnenbleche (Muldenbleche) aus Schweiß- oder Flußeisen nach Art preussischer Klappen mit $1/8$ bis $1/12$ Stich und zwei ebenen 6 bis 8 cm breiten Rändern werden in rechteckiger Form und in Längen von 0,5 bis 3,0 m, in Breiten von 0,5 bis 2,0 m und in Stärken von 6 bis 10 mm sowie mit nach abwärts gekrümmter Krümmung (Hängebleche) zur Herstellung der Brückentafel häufig benutzt, obwohl sie eine geringere Tragfähigkeit als Buckelplatten von gleicher Blechdicke und Spannweite besitzen.

Tonnenbleche mit nach oben gekrümmter Krümmung (sog. Blechgewölbe) sind nicht zu empfehlen, weil sie leicht ein-

knicken und daher einer Aussteifung bedürfen, und weil sie eine größere Bauhöhe erfordern.

Die Tonnenbleche ruhen entweder auf den Hauptträgern bzw. Zwischenlängsträgern oder auf den Querträgern und werden auf die Gurte aufgenietet (Nietdurchmesser $d = 2\delta$, Nietabstand $e = 5d$). Am Stöße werden die Hängebleche mit einem außen um sie gelegten Flacheisen vernietet (Abb. 576). Die Bleche üben auf die Träger einen Seitenschub aus und daher sind Aussteifungseisen quer über die Bleche zu nieten (α Abb. 576 und 577). Der

Abstand dieser Flacheisen soll nach Häfeler bei parallel zur Brückenachse liegenden Blechen den Achsabstand

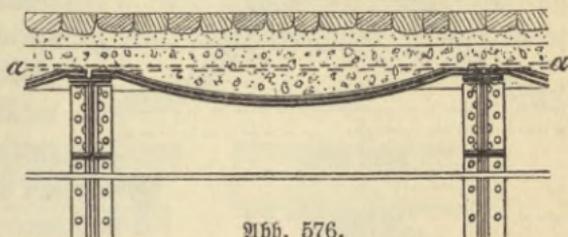


Abb. 576.

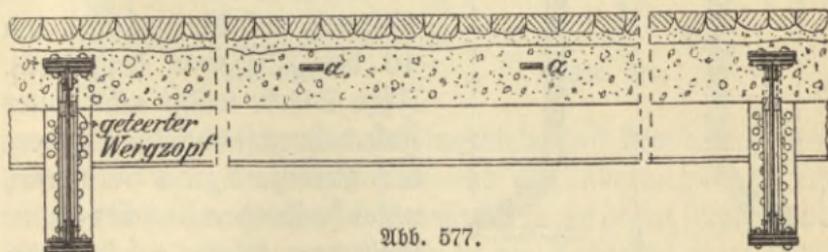


Abb. 577.

des schwersten auf der Brücke verkehrenden Fuhrwerkes, bei querliegenden Blechen aber seine Spurweite nicht überschreiten. Auf der Straßenbrücke über die Nordereibe bei Hamburg sind in jedem Brückenfelde zwei Flacheisen im Abstände von etwa $\frac{1}{3}$ der Felderlänge angeordnet. Bei dieser Brücke wurden die Hängebleche gegen die Querträger durch geteerte Wergzöpfe abgedichtet (Abb. 577).

Die Entwässerung kann in gleicher Weise erfolgen wie bei den hängenden Buckelplatten, gewöhnlich wird aber keine Entwässerungsöffnung am Boden der Hängebleche hergestellt, weil

man die Bleche zur Erhöhung ihrer Tragfähigkeit mit Beton ausfüllt. Diese Betondecke ist so hoch zu wählen, daß die Aussteifungsbeisen ganz im Beton liegen und dadurch gegen seitliche Ausweichung geschützt sind. Der Kopfschutz ist der gleiche wie bei den Buckelplatten. Bei Blechträgern mit mehreren Kopfblechen erfolgt der Anschluß der Hängebleche in gleicher Weise, wie bei den Buckelplatten angegeben wurde. Auch die Tragfähigkeit der Hängebleche wird am besten durch Versuchsbelastungen ermittelt.

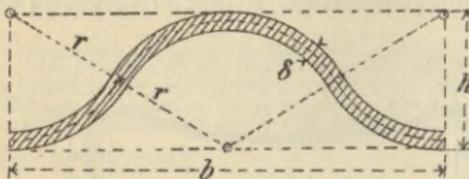


Abb. 578.

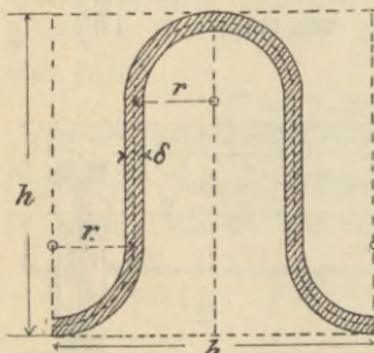


Abb. 579.

Das zu Brückentafeln verwendete **Wellblech** (gewöhnliches Wellblech [Abb. 578] oder Trägerwellblech [Abb. 579]) wird in der Regel aus

Flußbeisen und in Längen bis zu 6 m sowie je nach den Profilen in Breiten von 0,45 bis 0,92 m mit Wellenbreiten von 60 bis 180 mm und Wellenhöhen von 40 bis 120 mm hergestellt. Ihre Stärke wählt man unter Fahrbahnen je nach der Schwere des Verkehrs zu 4 bis 6 mm, unter Fußwegen zu 3 bis 4 mm; schwächere Bleche erleiden bei starker Belastung leicht Form-

veränderungen und rosten leicht durch. Gegen den Angriff der Feuchtigkeit werden sie verzinkt oder wenigstens mit einem Asphaltanstrich versehen.

Das Wellblech hat ein geringes Gewicht und läßt sich bequem mit den Trägern des Fahrbahngerippes verbinden; seine Entwässerung ist aber eine schwierige, auch können Ausbesserungen kaum ohne große Verkehrsstörungen ausgeführt werden. Man verlegt das Wellblech gewöhnlich mit den Furchen rechtwinklig zur Brückenachse. In der Breitenrichtung der Wellen werden die Tafeln an ihrem Stoß so übereinander-

gelegt, daß der Übergriff etwa ein Viertel der Wellenbreite beträgt und in der Mitte eines Wellenberges stattfindet (Abb. 580). Die übereinandergelegten Ränder der Wellblechtafeln sind zu vernieten (Nietdurchmesser $d \geq 2\delta$, Nietentfernung $e = 5d$ bis $6d$). In der Längsrichtung der Wellen werden die Tafeln überdeckt, so daß ihre Wellen auf etwa 10 cm Länge ineinanderliegen, und durch Nieten verbunden. Man kann die Tafeln aber auch stumpf zusammenstoßen und unter dem Stoß eine Wellblechlasche an beide Tafeln annieten (Abb. 581). Bei aus mehreren vernieteten Teilen bestehenden Tafeln sind die Langstöße zu versehen.

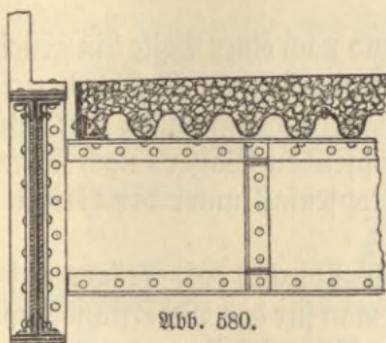


Abb. 580.

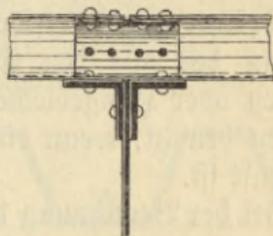


Abb. 581.

Es empfiehlt sich, jede einzelne Welle mit dem Trägergurt durch ein Niet zu verbinden, um eine Veränderung der gegenseitigen Lage der Wellen bei Belastung zu verhüten (Abb. 580). Wenn ein Einziehen von Nieten in die Trägergurtung durch die Umstände nicht geboten erscheint, so wird die betreffende Welle mit der nächstliegenden befestigten durch ein an beide Wellen angenietetes Flacheisen verbunden.

Bei wagerechter Lage der Wellblechtafeln hat man wohl in den Wellentälern Löcher oder längere Spalten zur Wasserabführung hergestellt; erstere genügen jedoch nicht, und letztere schwächen das Blech zu stark. Auch ein Ausgießen der Wellen mit Asphalt- oder Zementbeton (Abb. 4 auf Tafel XVII) ist nicht zu empfehlen, weil der Beton durch die Bewegungen des Wellbleches bei Wärmeänderungen sowie durch die Formveränderungen der Wellen bei schwerer Belastung leicht Risse

und Sprünge bekommt, in die das Sickerwasser eindringen, bis zum Blech gelangen und ein Durchrosten desselben herbeiführen kann. Am besten ist es, den Wellblechtafeln eine Querneigung zu geben und sie je nach der beabsichtigten Art der Fahrbahnbefestigung mit Sand, Kies oder Schotter auszufüllen (Abb. 12 auf Tafel XVII). Bei Herstellung einer Steinschlagbahn soll die Schotterdecke in der Fahrbahnmitte 20 cm und an den Rändern 15 cm über der halben Höhe der Wellen stark sein und die Wölbung der Fahrbahn mindestens 1 : 50 betragen. An den Fahrbahnseiten sind dann unter den Tafelrändern Sammelrinnen zur Wasserabführung anzuordnen.

Oft wird ein schwaches und nach einer Seite hin geneigtes, an die Untergurte der Träger angehängtes Wellblech zur Ableitung des aus den Entwässerungsöffnungen der Buckelplatten oder Hängebleche tropfenden Wassers nach Sammelrinnen benutzt, wenn ein Tropfenfall unter der Brücke nicht statthaft ist.

Bei der Berechnung des Wellbleches (als Träger auf zwei Stützen frei aufliegend) kann man für das Widerstandsmoment einer Welle mit genügender Genauigkeit beim gewöhnlichen Wellblech

$$\frac{J}{e} = (0,21 b + 0,31 h) \cdot h \delta \quad (\text{Abb. 578}),$$

beim Trägerwellblech

$$\frac{J}{e} = (0,19 + 0,37 h) \cdot h \delta \quad (\text{Abb. 579})$$

annehmen.

Ist die Übersättigungshöhe des Wellbleches z Meter, so verteilt sich die Radlast (nach Winkler) in der Breitenrichtung der Wellen auf $b_1 = 0,3 + 1,5 z$ Meter und in der Längsrichtung der Wellen

bei Kiesbeschüttung auf $a_1 = 1,2 z$,

bei festgewalztem Schotter auf $a_1 = 1,5 z$ bis $2 z$

je nach dem Zusammenhang des Schotters.

Viel benutzt zur Herstellung der Brückentafel werden auch die **Belageisen** (Formeisen), und zwar hauptsächlich die **Zorseisen** (Abb. 582) und die **Trapezeisen** (Abb. 583). Diese Formeisen werden entweder parallel zur Brückenlängsachse über die Querträger oder (besser) rechtwinklig zur Brückenachse über die Hauptträger (bei kleinen Brücken) bzw. über die Zwischenlängsträger (bei größeren Brücken) mit etwa 2 bis 3 cm breiten Zwischenräumen verlegt, die zur schnellen Abführung des Sickerwassers zweckmäßig mit Schotter sorgfältig ausgefüllt werden. Man hat aber auch, um an Belageisen zu sparen, die Zwischenräume 10 bis 12 cm weit gewählt und sie mit flachgelegten Ziegelsteinen (auch Bruchsteinen) geschlossen; diese

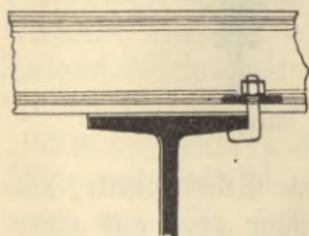
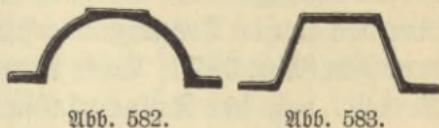


Abb. 584.

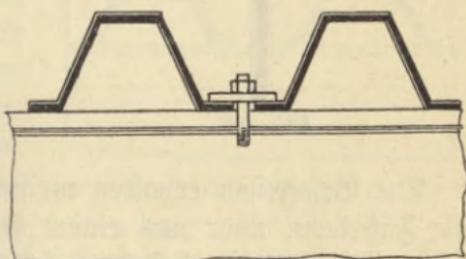


Abb. 585.

Anordnung hat den Nachteil, daß der Druck auf die Stege der Belageisen ungleichmäßiger übertragen wird (vgl. Abb. 16 auf Tafel XVII).

Die Belageisen werden mit den Trägergurten an jeder Überkreuzungsstelle durch ein Niet verbunden, dessen Durchmesser gleich der doppelten Fußdicke zu wählen ist, und es wird bei Blechträgern mit Kopfblechen hierzu, wenn möglich, ein Gurniet benutzt. Man kann aber auch über die Füße zweier benachbarter Belageisen, um diese nicht durch Nietlöcher zu schwächen, kleine Eisenplatten legen und die Niete durch diese zwischen den Belageisen hindurchziehen oder statt der Niete Hakenschrauben (Abb. 584 und 585) oder auch gewöhnliche

Schraubenbolzen mit Klemmplättchen verwenden (Abb. 586). Sollen die Belageisen nicht unmittelbar auf den Köpfen der Gurtните der mit Kopfblechen ausgestatteten Blechträger ruhen, damit sie sich alle in gleicher Höhenlage befinden, auch wenn die Kopfbleche nicht bis zu den Trägerenden reichen, so befestigt man zwischen den beiden Gurtнитеreihen auf die Gurtung ein die Nietköpfe nur einige Millimeter überragendes und sich über den ganzen Trägergurt erstreckendes Flacheisen oder Quateisen (Abb. 587). Diese Anordnung gewährt auch noch den Vorteil, daß der Träger in seiner Mittellinie belastet wird und daher gegen Querausbiegung geschützt ist.

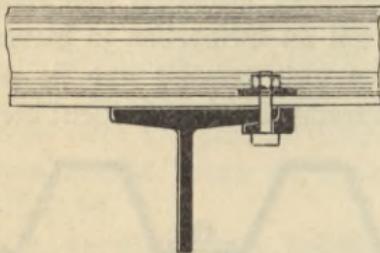


Abb. 586.

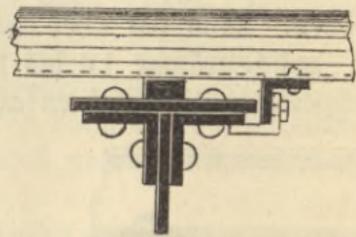


Abb. 587.

Die Belageisen erhalten meistens eine Schotterdecke; soll die Fahrbahn aber aus einem Holzpflaster oder aus einer Stampfasphaltbahn bestehen, so müssen die Belageisen einbetoniert werden.

Parallel zur Brückenachse verlegte Belageisen stärksten Kalibers können für die gewöhnlichen Radlasten eine freitragende Länge von höchstens 1,0 m erhalten. Bei quer zur Brückenachse verlegten Belageisen mit durchschnittlich 20 cm hoher Schotterdecke kann man die Radlast auf zwei Eisen und in der Längsrichtung dieser auf etwa 0,4 m gleichmäßig verteilt annehmen und hiernach die Berechnung der Belageisen (als auf zwei Stützen frei ausliegende Träger) durchführen. Mit Sicherheit läßt sich eine Verteilung des Raddruckes über mehr als zwei Belageisen dadurch erreichen, daß man auf und unter die Belageisen in ihrer Mitte einfache oder doppelte, mit ihren senkrechten Schenkeln in derselben Ebene liegende

Winkelleisen nietet (Abb. 588, Straßenbrücke über den Lauterbach bei Lengensfelden in Bayern). Bei im Mittel 20 cm hoher Schotterdecke wiegt 1 qm Brückentafel auf Belageisen durchschnittlich 470 kg, bei gleich hoher Betondecke durchschnittlich 600 kg.

Endlich wird die Brückentafel der Straßenbrücken mitunter auch aus 0,75 bis 2,0 m weiten **Kappengewölben** mit $\frac{1}{8}$ bis $\frac{1}{10}$ Stich gebildet, die man am besten zwischen Querträger einspannt, weil man dann Zwischenlängsträger erspart. Die Endquerträger sind gut zu verankern, um den Gewölbeschub sicher aufnehmen zu können. Bei kleinen, nur aus einem System von Längsträgern bestehenden Brücken kann man die Gewölbe auch zwischen die Träger einspannen, dann sind aber aus Rund- oder Flacheisen bestehende und durch die ganze Brückenbreite reichende Anker je nach der Trägerstärke in Entfernungen von 0,8 bis 1,0 m einzuziehen.

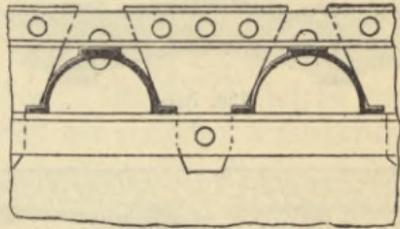


Abb. 588.

Um das Gewicht der Gewölbe möglichst zu vermindern, empfiehlt es sich, zu ihrer Herstellung Hohl-(Loch-)Ziegel zu verwenden. Die Stärke der Gewölbe ist bei Spannweiten bis 1,0 m zu $\frac{1}{2}$ Stein, bei Spannweiten von 1,0 bis 1,5 m zu mindestens $\frac{3}{4}$ Stein und bei größeren Spannweiten zu 1 Stein anzunehmen. Die 1 Stein starken Gewölbe werden zweckmäßig entweder aus Formsteinen oder aus gewöhnlichen Ziegeln in zwei Ringen hergestellt; als Gewölbeanfänger sind auch bei $\frac{1}{2}$ Stein starken Gewölben besondere Formsteine zu empfehlen (Abb. 590). Zur Ausfüllung der Gewölbezwickel dient eine Betonschüttung, die man mit einer 15 bis 20 mm dicken Asphaltschicht oder mit einer 20 bis 40 mm dicken Zementschicht wasserdicht abdeckt und oben zur Wasserabführung mit einer oder mehreren, ein genügendes Längsgefälle besitzenden Rinnen ausstattet, nach denen die Beton-

oberfläche ein schwaches Gefälle erhält. Man kann das Sickerwasser aber auch aus diesen Rinnen durch Abfallröhren abführen, die im Gewölbescheitel oder am Rämpfer eingesetzt

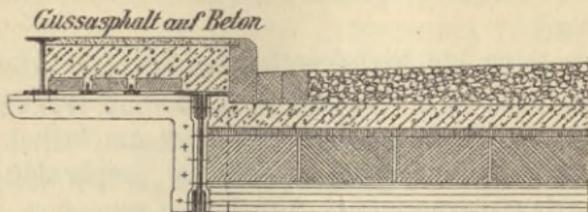


Abb. 589.

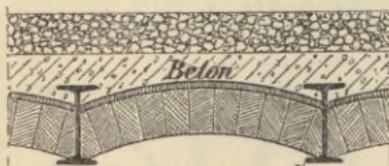


Abb. 590.

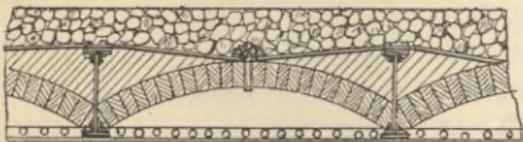


Abb. 591.

werden (Abb. 591). Auf die Abgleichungsschicht kommt unmittelbar die Schotterdecke u. der Fahrbahn.

Statt der Ziegelgewölbe kann man auch Betongewölbe ohne oder mit Eiseneinlage (System Monier) zwischen den Trägern anordnen. Betongewölbe mit einer Einlage von

Eisenrippen hat man bei eisernen Brücken bis 2,5 m Spannweite ausgeführt; für diese Weite hat sich eine Gewölbefstärke von 10 cm als ausreichend erwiesen.

Die Gewölbe verstreben zwar die Fahrbahn zu einem festen Ganzen infolge der Spannung, erhöhen die Standfestigkeit des Überbaues und machen ihn unempfindlicher gegen Stöße, besitzen aber ein sehr hohes Eigengewicht und verlangen daher stärkere Träger als andere Brückentafelkonstruktionen. Das Gewicht von 1 qm Ziegelgewölbe mit 8 cm starker Betonabgleichung und durchschnittlich 20 cm hoher Schotterdecke beträgt bei $\frac{1}{2}$ Stein Stärke etwa 775 kg, bei 1 Stein Stärke nahezu 1000 kg.

II. Fußwegtafel und Fußwegdecke.

Besondere Fußwege sind nur auf untergeordneten Brücken entbehrlich. Straßenbrücken mit stärkerem Fußgängerverkehr sind mit erhöhten Fußwegen auszustatten, die entweder unmittelbar neben der Fahrbahn oder außerhalb der Hauptträger auf Auslegern (Konsole, Tragträgern, vergl. § 50) angeordnet werden; letzteres empfiehlt sich besonders bei Brücken mit breiter Fahrbahn und mit über die Fahrbahn ragenden Hauptträgern. Liegen die Fußwege unmittelbar neben der Fahrbahn, so stellt man die Fußwegtafel gewöhnlich in gleicher Weise (aus Buckelplatten, Wellblech, Belageisen, Hängeblechen usw.) wie die Fahrbahntafel her, jedoch wählt man ihre Stärke wegen der geringeren Belastung schwächer. Bei Verwendung von Belageisen wird zwischen ihnen ein so großer Zwischenraum belassen, daß in ihn ein Klinker flach eingelegt werden kann (Abb. 16 auf Tafel XVII), sofern man die Belageisen der Fahrbahn nicht der einfachen Konstruktion wegen unter dem Fußweg durchgehen läßt. Die Klinker werden zweckmäßig in Zementmörtel (1 : 3) verlegt, und die ganze Fläche wird mit einer Zementbetonschicht (aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Sand und 4 bis 5 Teilen Kies) überdeckt.

Die Buckelplatten werden unter den Fußwegen zweckmäßig als stehende verwendet, weil man hierdurch leicht den gewünschten Höhenunterschied zwischen Fußweg und Fahrbahn erreicht und eine Betonabgleichung zur Fernhaltung des Wassers nicht notwendig wird, wenn man einen wasserdichten Fußwegbelag anwendet. Besteht die Fußwegtafel aus Wellblech, so werden die Wellen in der Regel mit Asphalt- oder Zementbeton vollständig ausgefüllt, obwohl dies aus den früher angeführten Gründen nicht besonders empfehlenswert ist (Abb. 10 auf Tafel XVII).

Als Fußwegdecke wählt man bei zwischen den Hauptträgern liegenden Fußwegen einen 2 bis 3 cm hohen Gußasphaltbelag auf Beton, dessen Stärke über den höchsten Stellen der Fußwegtafel nur etwa 4 bis 5 cm zu betragen

braucht, oder hartgebrannte Tonplättchen (Mettklacher, Einziger usw. Tonfliesen) auf Beton und in Zementmörtel (Abb. 4 auf Tafel XVII), auch Sandstein-, Granit- usw. Platten oder ein Mosaikpflaster aus gleich- oder verschiedenfarbigen kantigen Steinchen auf 8 bis 10 cm starker Sand- oder Kiesunterlage oder ein Ziegelpflaster aus einer Flach- oder (besser) Kollschicht gewöhnlicher Backsteine in Sand oder Kalkmörtel oder Klinker in Sand oder Zementmörtel usw.

Die Trennung der um 10 bis 20 cm höher liegenden Fußwege von der Fahrbahn erfolgt in der Regel durch Bordsteine (Bordschwellen, Randsteine), d. h. durch bearbeitete, 15 bis 35 cm hohe, 25 bis 40 cm breite und 60 bis 125 cm lange Werksteine aus Granit, Basaltlava, Sandstein usw., deren Vorderfläche so weit abgeschrägt wird, daß die Bordsteinoberkante von den geneigt stehenden Wagenrädern nicht berührt werden kann, und deren Oberfläche eine dem Quergefälle des Fußweges entsprechende Neigung erhält (vergl. Abb. 589 und Abb. 10 und 16 auf Tafel XVII). Statt der Bordsteine hat man auch besondere Formeisen zu den Fußwegeinfassungen verwendet.

Werden die Fußwege außerhalb der Hauptträger angeordnet, so empfiehlt sich die Verwendung eines möglichst leichten Belages. Man kann auf die Konsolen Querbalken befestigen, die unmittelbar die Laufdielen tragen (Abb. 20 auf Tafel XVII), oder Längsbalken aufbringen und auf diese Querböhlen nageln, oder 4 bis 5 mm starke gußeiserne Platten mit geriffelter Oberfläche verwenden. Es werden aber auch auf die Konsolen Fußweglängsträger genietet, die mit Buckelplatten, Hängeblechen, Wellblech oder Belageisen usw. überdeckt werden, auf die eine Sand-, Schotter- oder Betondecke mit einem der oben erwähnten Fußwegbeläge aufgebracht wird, oder die zum Tragen von Steinplatten oder von Zementplatten mit Eiseneinlage dienen.

Zur Abführung des Tagewassers erhält die Fahrbahn ein Quergefälle von durchschnittlich 1:40 bis 1:30 (bei längeren Brücken auch noch ein Längsgefälle von der Brücken-

mitte nach den Brückenenden hin von durchschnittlich 1 : 100) und die Fußwegoberfläche eine Querneigung von durchschnittlich 1 : 50 nach der am Bordstein liegenden Rinne. Diese Rinne besteht bei Steinpflasterungen (zweckmäßig auch bei Steinschlagbahnen [Abb. 16 auf Tafel XVII]) aus einer oder aus zwei Längsreihen von Pflastersteinen, die um 1 bis 2 cm tiefer als die Steine der angrenzenden Pflasterquerreihen der Fahrbahn eingerammt werden. Bei Asphalt- und Zementbahnen ergibt sich die Rinne bei Durchführung des Quergefälles von selbst und bei Holzpflasterungen wird sie aus 2 bis 3 Längsreihen von Holzklößen mit einer Tonsfuge zwischen Bordstein und Pflaster gebildet. Man kann aber auch bei Steinpflasterungen und Steinschlagbahnen die Rinne aus ausgehöhlten Steinplatten (Abb. 10 auf Tafel XVII) oder Betonplatten oder Belageisen bilden. Die Straßenrinne erhält von der Mitte der Brücke nach ihren Enden hin ein gleichmäßiges Längsgefälle von mindestens 1 : 200 oder ein auf- und niedersteigendes Gefälle, an dessen tiefsten Punkten, gewöhnlich in der Mitte zwischen zwei Querträgern, lotrechte Abfallröhren angeordnet werden.

Wird die Fahrbahndecke durch ein Eisen abgeschlossen, so wird das Niederschlagswasser mittels durchgehender oder nur an einzelnen Stellen angeordneter offener Schlitze zwischen Fahrbahn und Fußwegen und in Höhe der Fahrbahndecke unmittelbar zum Abfluß gebracht.

III. Fahrbahntafel und Fahrbahndecke der Eisenbahnbrücken.

Hat die freie Strecke einen Querschwellenoberbau, so ordnet man zweckmäßig auch auf der Brücke Querschwellen zum Tragen der Fahrstienen an. Wird die Bettung nicht mit über die Brücke geführt, so werden die Schwellen bei kleinen Brücken und unbeschränkter Bauhöhe unmittelbar auf die Hauptträger, bei größerer Spannweite und beschränkter Bauhöhe aber auf besondere, entweder senkrecht unter den Fahr-

schienen oder seitwärts von diesen liegende, zwischen die Querträger eingespannte Schwellenträger gelagert. Die Haupt- bzw. Schwellenträger seitwärts von den Schienen anzuordnen, ist zu empfehlen; diese Anordnung gewährt den Vorteil, daß die Befestigungsmittel leichter angebracht werden können, weil man durch die Schienen nicht behindert ist, daß ferner durch das Schwingen der Schwellen ein elastischeres Fahren zu erzielen ist, und daß endlich die Querträger, wenn die Schwellen auf Zwischenlängsträgern ruhen, geringer beansprucht werden, weil die Auflagerung der Zwischenlängsträger in größerer Nähe der Querträgerenden stattfindet.

Der Querschwellenabstand (von Mitte zu Mitte) soll nicht größer als 65 cm gewählt werden (Preuß. Ministerialerlaß vom 1. Mai 1903). Mitunter legt man die Schwellen dicht aneinander.

Nach Dirksen (Zentralblatt der Bauverwaltung 1901 S. 405) kann bei einer Schwellenstärke von

$\frac{16}{16}$	$\frac{16}{18}$	$\frac{18}{18}$	$\frac{18}{20}$	$\frac{18}{22}$	$\frac{18}{24}$	} cm
$\frac{20}{22}$	$\frac{20}{24}$	$\frac{20}{26}$	$\frac{22}{28}$	$\frac{24}{30}$	$\frac{28}{30}$	

der Abstand der Schwellenträger zu

160	162	164	168	171	175	} cm
174	178	183	193	204	213	

gewählt werden. Hierbei ist eine Biegungsspannung von 75 kg/qcm für die Holzschwellen als zulässig angenommen worden.

Nach dem Preuß. Ministerialerlaß vom 1. Mai 1903 ist die Fahrbahn so anzuordnen, „daß bei etwaigen Entgleisungen ein Durchbrechen oder Ablaufen der Fahrzeuge verhindert wird. Für Brücken in Krümmungen von weniger als 500 m Halbmesser und für größere Brücken mit oben liegender Fahrbahn, aber ohne Durchführung des Kiesbettes, sind Streichbalken auf der Außenseite und Rinnen auf der Innenseite anzubringen, in denen die entgleisten Räder geführt werden, sofern nicht schon die Obergurte der Hauptträger die Möglichkeit des seitlichen Ablaufens ausschließen (vgl. auch

§ 39). Im übrigen sind bei allen Bahnhöfen ohne Kiesbett die Brückenschwellen so kräftig zu halten und so mit den Längsträgern zu verbinden, daß sie unter dem Anprall einer entgleisten Achse weder durchbrechen noch aufkippen, noch in der Fahrrihtung sich verschieben können. Bei schiefen Brücken sind die Bahnhöfenenden und die Widerlager so anzuordnen, daß die rechtwinklige Schwellenlage so wenig wie möglich gestört wird“.

Bei den neuen Brücken der Oldenburgischen Staatsbahn (Abb. 4 und 7 auf Tafel XVIII) liegen zur Verhütung eines Ablaufens der Fahrzeuge bei Entgleisungen (innerhalb des Gleises) in Abständen von 8 cm von den Schienenköpfen 18 cm hohe und 14 cm breite Längsbalken, die auf der Schienenseite mit ungleichschenkeligen Winkleisen gesäumt sind.

Man hat auch die Schwellen etwa 3,5 m lang gewählt und sie mit Rücksicht auf etwaige Entgleisungen abwechselnd bis an den einen und an den anderen Hauptträger gelegt (Abb. 592).

Auf sehr schiefen Brücken werden die Querschwellen im mittleren Teile senkrecht zur Brückenachse und über den dreieckigen oder trapezförmigen Endfeldern schräg verlegt, wobei ein allmählicher Übergang von der letzten normal verlegten Brückenschwelle bis zu der parallel zum Widerlager liegenden und von dieser bis zur ersten normal verlegten Schwelle der freien Strecke vorzunehmen ist (vgl. Abb. 554). Eine Auflagerung der Querschwellen auf das Widerlagsmauerwerk ist zu vermeiden (vgl. § 53).

Um die infolge der Durchbiegung der seitlich von den Fahrstienen unterstützten Querschwellen einen Seitendruck erhaltenden Schwellenträgergurte zu verstärken und gleichzeitig zu verhindern, daß sich unter den Auflagerflächen der

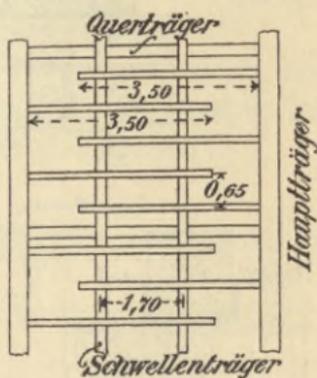


Abb. 592.

Schwellen Wasser ansammelt, hat man unter den Schwellen auf die Träger verzinkte Eisenplatten oder U-Eisenabschnitte genietet und diesen auf beiden Seiten der Gurtung einen nach abwärts gebogenen Rand gegeben, damit das abtropfende Wasser nicht auf die darunter liegenden Trägerteile gelangen kann (Abb. 593 und 594).

Die hölzernen Querschwellen werden zur Verhütung einer seitlichen Verschiebung mit den Trägern 10 bis 25 mm tief

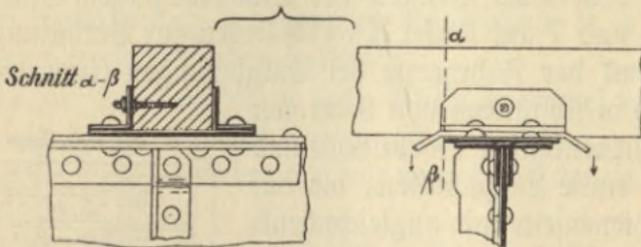


Abb. 593.

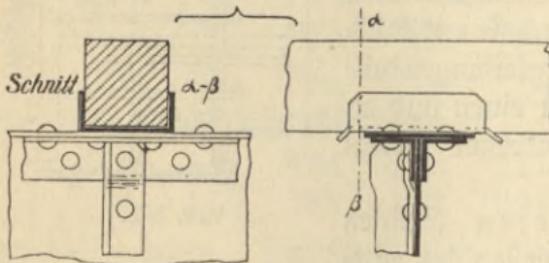


Abb. 594.

verkämmt. Besitzt die Trägergurtung vortretende Nietköpfe, so werden diese in das Holz eingelassen. Gegen eine Längsverschiebung und gegen Abheben schützt man die Querschwellen

am besten durch je ein Winkelstück und einen wagerechten Schraubenbolzen. Das an der einen Seite der Schwelle liegende Winkleisen wird zweckmäßig ungleichschenkelig ($80 \times 120 \times 10$ mm) gewählt, mit dem kürzeren Schenkel auf den Schwellenträger genietet und der 20 bis 26 mm starke Schraubenbolzen möglichst in der Mitte des längeren Schenkels durch diesen und durch die Schwelle gezogen (Abb. 2 und 6 auf Tafel XIX). Statt der Schraubenbolzen wählt man auch Schienenschrauben. Häufig befestigt man die Querschwellen auch mittels lotrechter Schraubenbolzen, die

durch Schwelle und Trägergurt hindurchreichen oder durch seitlich an die Träger genietete gerade Blechstreifen (Abb. 595) oder auch durch an die Trägerwand genietete winkelförmige Blechstreifen gezogen (Abb. 596) und deren Müttern entweder nach oben (behufs leichterer Überwachung) oder nach unten (zur Verhütung eines Herausfallens des Bolzens bei vollständig zurückgegangener Mutter) gelegt und zweckmäßig gegen Losdrehen gesichert werden. Endlich verwendet man auch zur Befestigung der Schwellen

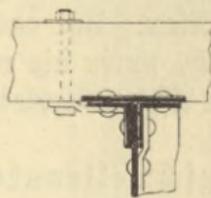


Abb. 595.

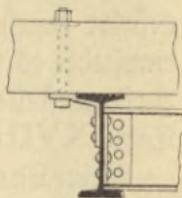


Abb. 596.

Hakenschauben, deren Kopf den Trägergurt umfaßt und deren Spindel eine Nase besitzt, die ein Wegdrehen des Hakens unter der Gurtung verhindert (vgl. Abb. 567).

Liegen die Querschwellen dicht nebeneinander oder in geringem Abstände voneinander, so genügt es, nur die dritte oder vierte Schwelle mittels lotrechter Schrauben-

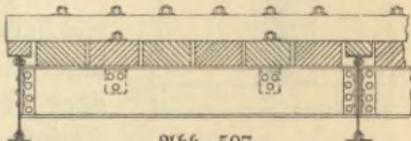


Abb. 597.

bolzen oder Hakenschauben zu befestigen, die übrigen aber durch mit ihnen verbolzte Saumschwellen (Abb. 597) oder aufgenagelte Flacheisen gegen Verschiebung zu sichern. Saumschwellen werden aber auch häufig bei in größerer Entfernung verlegten Querschwellen angeordnet und mit diesen dann gewöhnlich durch die Geländerpfosten oder deren Befestigungsbolzen verbunden.

Die Befestigung der Fahrstienen und die Anordnung des Bohlenbelages zwischen und außerhalb der Stienen sowie der Schutz des Belages gegen Entzündung erfolgt in der gleichen Weise wie bei den hölzernen Brücken (vgl. § 39 b, und Tafel XVIII und XIX). In den „Normalentwürfen der Preussischen Staatseisenbahnen“ sind die Bohlen durch untergenagelte Querleisten zu einzelnen Tafeln verbunden,

die nach Lösen der Befestigungsschrauben aufgenommen werden können, und die Längshölzer des Belages lagern bei zweigleisiger Bahn zwischen beiden Überbauten auf kurzen Blechnaggen (Abb. 2, 4 und 6 auf Tafel XIX).

Statt der hölzernen Querschwellen sind mitunter auch eiserne verwendet worden. Ihre Befestigung auf die Träger erfolgt durch Niete. Um das Verkehrsgeschwäch zu mildern, empfiehlt es sich, unter die eisernen Querschwellen an ihren Auflagerstellen Asphaltfilzplatten zu legen (Abb. 6 und 7 auf Tafel XVIII).

Beim Langschwellenoberbau werden die an der Oberseite mit einer der Schienenneigung entsprechenden Abschrägung versehenen Schwellen entweder auf Querträger gelagert, mit diesen 10 bis 15 mm tief verkämmt und über ihnen stumpf gestoßen, wobei es sich empfiehlt, auf den Querträgergurt ein Flachisen behufs Verbreiterung der Auflagerfläche zu nieten (vgl. Abb. 568), oder die Langschwellen liegen auf Zwischenlängsträgern und gehen über die Querträger hinweg oder endigen vor diesen, wenn die Bauhöhe eine beschränkte ist; im letzteren Falle muß sich die Fahrchiene auf Querträger-Gurt-

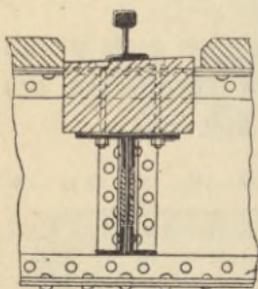


Abb. 598.

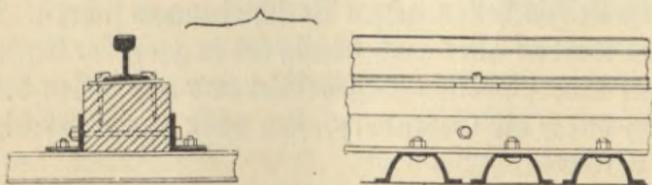


Abb. 599.

breite freitragen (Abb. 598). Man hat auch die Langschwellen zwischen zwei Winkelleisen auf einen lotrecht unter den Schienen durch Längsträger unterstützten Belag aus Zores- oder Trapezeisen (Abb. 599, Eisbrücke bei Riesa) oder unmittelbar auf die inneren Schenkel der unteren Gurtung

von Zwillingsträgern gelegt und durch wagerechte Schraubenbolzen mit den Trägern verbunden oder zwischen diesen Trägern auf eingelegte Balkenabschnitte oder angenietete kurze Querträger oder Platten gelagert (Abb. 600) und durch lotrechte Schraubenbolzen befestigt.

Die Befestigung der auf Querträgern ruhenden Längsschwellen erfolgt zur Verhütung einer Längs- und Querverschiebung durch ein oder zwei auf den Obergurt der Träger genietete Winkleisen und wagerecht eingezogene Bolzen.

Bei der Österreichischen Südbahn hat man auf beiden Seiten der Längsschwellen Winkleisen angeordnet

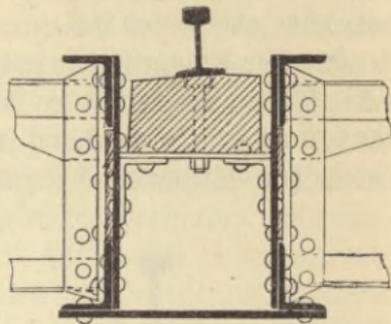


Abb. 600.

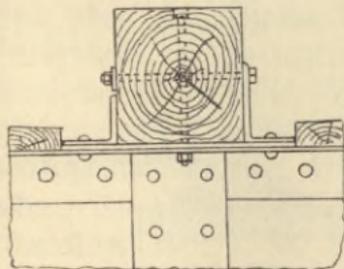


Abb. 601.

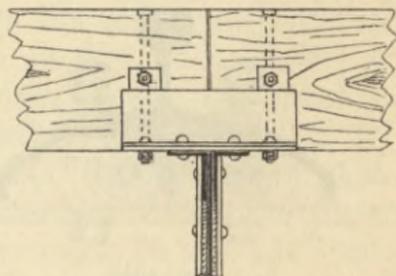


Abb. 602.

und den lotrechten Schenkel des an der Außenseite der Schwelle liegenden Winkleisens länger als den des anderen Winkleisens gewählt, um den Schraubenbolzen durch jenen Schenkel ziehen und die Schwelle gegen dieses Winkleisen fest anpressen zu können und um ein Aufrutschen der Schwelle auf dem Schraubenbolzen und dadurch einen Bruch desselben zu verhindern (Abb. 601 u. 602).

Die auf Zwischenlängsträgern ruhenden Längsschwellen werden mit den Trägergurten in Abständen von etwa 1,0 m durch je zwei lotrechte Schraubenbolzen mit unten

liegenden Muttern verbunden. Den Befestigungsbolzen gibt man in der Regel einen Durchmesser von 20 bis 25 mm.

Wählt man statt der hölzernen Langschwellen eiserne (nach dem System Hilf), so empfiehlt es sich, eine Schotterdecke oder aber einen Belag aus dicht nebeneinanderliegenden Zores- oder Belageisen anzuordnen und die Langschwellen mit diesen Eisen abwechselnd an der inneren und äußeren Seite des Gleises unter Verwendung von Winkellaschen zu vernieten und an den Stößen durch je zwei sich der Innenseite des Profils

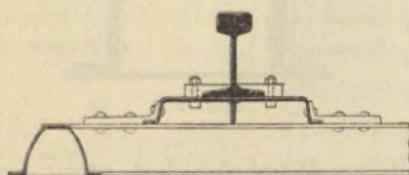


Abb. 603.

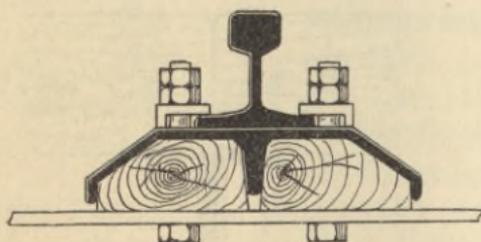


Abb. 604.

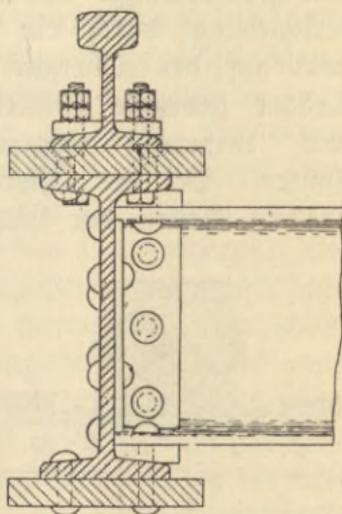


Abb. 605.

anschmiegende Laschen miteinander zu verbinden (Abb. 603). Am Widerlager können die eisernen Langschwellen zur Erzielung eines zweckmäßigen Auflagers mit entsprechend geformten hölzernen Futterstücken ausgefüllt werden (Abb. 604).

Bei sehr beschränkter Bauhöhe hat man die Fahrseilen auch wohl nur mittels keilförmiger, gewöhnlich durch je zwei schräg einander gegenüberstehende Nieten befestigter Unterlagsplatten auf die Trägergurte gelagert und die Schienen mit der Platte durch ebenso versetzte Schraubenbolzen mit Klemmplättchen verbunden (Abb. 605), jedoch besitzt diese

Anordnung den Nachteil, daß die Stöße der Eisenbahnfahrzeuge unmittelbar auf die Träger übertragen werden, wodurch die Befestigung gelockert wird.

Den vollkommensten Belag für Eisenbahnbrücken bildet eine Kies- oder Schotterdecke, weil durch sie die Stoßwirkung der Räder auf die Träger und das Verkehrsgeräusch erheblich gemildert, eine Gleichartigkeit des Oberbaues auf Brücke und Anschlußstrecke und damit eine leichte und bequeme Unterhaltung erreicht, bei genügend starker Brückentafel ein Durchbrechen der Räder nach einer Entgleisung verhindert und eine vollkommene Feuerficherheit erzielt wird. Die Lagerung des Gleises auf hölzernen oder eisernen Quer- oder Langschwellen in einem Kies- oder Schotterbett hat jedoch den Nachteil des großen Eigengewichtes, so daß die Haupt- und Fahrbahnträger stärker bemessen werden müssen, auch erfordert sie eine Brückentafel aus Wellblech, Buckelplatten, Tonnenblechen, Belageisen usw. und eine seitliche Begrenzung z. B. durch senkrechte oder schräge ebene Bleche. Um das Eigengewicht der Brückendecke zu verringern und an Kies oder Schotter zu sparen, begnügt man sich häufig damit, die Kies- oder Schotterdecke nur für das Gleis herzustellen, den übrigen Teil der Brückenbahn aber mit Riffelblechen oder dergleichen abzudecken. Die geringste Höhe der Kies- oder Schotterdecke unter Schwellenunterkante soll 10 cm betragen, die geringste Breite neben den Enden der meist 2,5 m langen Querschwellen 15 cm. Die Ausführung der Brückentafel erfolgt in gleicher Weise wie bei den Straßenbrücken, nur sind die Bleche usw. wegen des größeren Gewichtes der Lokomotiven entsprechend stärker zu wählen.

Bei Brücken bis etwa 40 m Spannweite sind sogenannte Schienenauszüge (Dilatationsvorrichtungen), die am beweglichen Brückenende bei den infolge der Wärmeänderungen und Belastungen eintretenden Längenänderungen der Hauptträger den Zusammenhang des Gleises sichern, nicht erforderlich. Da es sich in diesem Teile unseres „Leitfadens“ nur allein um eiserne Balkenbrücken mit vollwandigen Trägern handelt und

solche Brücken jetzt nur noch mit Spannweiten von höchstens 20 m ausgeführt werden, so können wir von einer Beschreibung jener Vorrichtungen Abstand nehmen.

Liegt die Brücke in gekrümmter Bahnstrecke, so ist der äußere Schienenstrang zu überhöhen. Diese Überhöhung erreicht man bei kleinen Brücken mit Quer- oder Langschwellenoberbau durch eine Querneigung des ganzen Brückengerippes (mit Ausnahme der Geländer), indem man die Auflagerplatten der Hauptträger in verschiedener Höhe anordnet, oder (bei größeren Brücken) durch eine Querneigung der Fahrbahnkonstruktion allein, indem man beim Querschwellenoberbau den Zwischenlängsträgern eine verschiedene Höhenlage gibt und beim Langschwellenoberbau die Querträger im ganzen oder nur in ihrer oberen Gurtung geneigt herstellt. Ist beim Querschwellenoberbau nur eine geringe Überhöhung des äußeren Schienenstranges erforderlich, so werden die hölzernen Schwellen verschieden tief mit den Trägergurten verkämmt, bei größerer Überhöhung aber entweder keilförmig gestaltet, oder unter den Schwellen oder unmittelbar unter dem äußeren Schienenstrang hölzerne oder eiserne Unterlagsstücke angeordnet. Beim Langschwellenoberbau werden bei geringer Schienenüberhöhung die sich zwischen den Querträgern freitragenden hölzernen Langschwellen mit diesen verschieden tief verkämmt, bei größerer Schienenüberhöhung aber verschieden hoch gewählt. Liegen die Langschwellen auf Zwischenlängsträgern, so ordnet man diese in verschiedener Höhe an und wählt außerdem die Langschwellen verschieden dick.

Die Zwischenlängsträger erhalten beim Querschwellenoberbau in den einzelnen Brückenfeldern entweder den gleichen Abstand von der Brückenachse, oder sie folgen dem gekrümmten Gleis staffelförmig. Beim Langschwellenoberbau ordnet man die Zwischenlängsträger in jedem Brückenfelde gewöhnlich in dem gleichen Abstände von der Bogensehne der Gleiskurve an, so daß sich an den Querträgern schiefwinklige Anschlüsse ergeben.

§ 53. Anschluß der Fahrbahn an die massiven Widerlager und Überführung der Fahrbahn über die Zwischenpfeiler.

Die massiven Widerlager und Zwischenpfeiler der eisernen Brücken werden im allgemeinen in gleicher Weise hergestellt wie die der hölzernen Brücken (vgl. § 38). Die Lagerteile der Hauptträger ordnet man am Widerlager am besten auf Vorlagen an, damit sie möglichst leicht zugänglich sind (Abb. 9 und 10 auf Tafel XIX); legt man in den Aufmauerungen (Schildmauern) der Widerlager Kammern an, so wird diese Bedingung nicht genügend erfüllt.

Es ist bei Eisenbahnbrücken mit Querschwellenoberbau ohne Schotterbett möglichst zu vermeiden, auf die Schildmauer eine Querschwelle aufzulagern, weil die Steine der Rollschicht oder die Quader, die die Abdeckung der Aufmauerung bilden und die Schwellen tragen, durch die von den Eisenbahnfahrzeugen hervorgerufenen Erschütterungen leicht losgerüttelt, Beschädigungen des Widerlagermauerwerks herbeigeführt und die Stöße beim Befahren verstärkt werden, namentlich wenn die Querschwelle nicht nur durch zwei unter den Fahrchienen verlegte, kräftige Quader unterstützt wird, sondern in ganzer Länge auf der Schildmauer aufliegt. Die Anordnung einer Querschwelle auf der Schildmauer gewährt nur den Vorteil, daß man die erste Querschwelle der freien Strecke so weit von der Mauer verlegen kann, daß sie sich mit dem Bettungsmaterial gut unterstopfen läßt. Um den Auflagerquadern der Querschwellen den nötigen Halt zu geben, ist die Schildmauer bei Backsteinmauerwerk mindestens anderthalb bis zwei Stein, bei Bruchsteinmauerwerk aber mindestens 60 bis 70 cm stark zu wählen.

In den „Normalentwürfen der Preussischen Staatseisenbahnen“ (Tafel XIX) ist auf die Abschlußmauer keine Querschwelle gelegt; die obere Breite der Abschlußmauer beträgt hier bei einer Ziegelrollschicht-Abdeckung 38 cm und bei einer Haustein-Abdeckung 30 cm; im ersteren Falle ergeben sich für den Abstand der diesseits und jenseits

der Mauer liegenden Schienenunterstützung 73 bis 83 cm; im letzteren Falle ermäßigt sich die Entfernung auf 65 bis 75 cm. Die erste Schwelle im Kiesbett ist hierbei bis auf 2 cm an die Mauer gerückt, damit der Kies bei dem einseitigen Stopfen nicht an der anderen Seite ausweichen kann.

Beim Langschwelloberbau ohne Bettung läßt man die Langschwellen gewöhnlich am Landpfeiler aufhören und führt die Fahr schien en wieder besser über die Schildmauer hinweg, als sie auf diese mittels Querschwelle aufzulagern. Unter den Enden der Langschwellen der freien Strecke dagegen ordnet man nahe dem Mauertwerk eine Querschwelle an, um ein Versacken des Gleises zu verhindern. Werden die Langschwellen mit über die Schildmauer geführt, so kann man sie unmittelbar auf diese auflegen.

Wenn die Schienenschwellen auf der Brücke in einem Kies- oder Schotterbett liegen, so ist der Zwischenraum zwischen Überbau und Landpfeiler durch ein mit dem Endquerträger vernietetes und am freien Ende umgebogenes oder geneigt zu verlegendes Flacheisen zu überdecken, das am festen Brückenende unmittelbar auf der Schildmauer, am beweglichen jedoch besser auf einem mit der Mauer durch Steinschrauben verbundenen Flacheisen aufliegt. Seitlich ist die Bettung, wie bereits im § 52 bemerkt wurde, durch senkrechte oder schräge ebene Bleche (Flacheisen) zu begrenzen, die am Brückenende mit dem die Brücke überdeckenden Flacheisen und mit den Hauptträgern oder mit den Eckblechen der Endquerträger zu vernieten sind. Man kann aber auch die Brückentafel sich bis auf die Schildmauer erstrecken lassen und hier unmittelbar oder auf ein Flacheisen auflagern. Die gleiche Anordnung pflegt man bei kleinen Straßenbrücken mit einer aus Steinschlag oder Pflaster bestehenden Fahrbahn zu treffen (Abb. 12 auf Tafel XVII).

Bei Straßenbrücken mit einem doppelten Belage aus Querböhlen überdeckt man am beweglichen Brückenende die Lücke zwischen Überbau und Landpfeiler, wenn sie größer ist als etwa 1 cm, mit der Endbohle des Oberbelages.

Diese Bohle legt man auf der Mauer auf eine Holzschwelle und neben sie in einem, die Längenausdehnung der Träger bei Wärmezunahme gestattenden Abstände eine ebenso starke Querbohle, die man auf die Holzschwelle nagelt (Abb. 606).

Eine größere Lücke schließt man gewöhnlich durch ein auf die Endbohle des Brückenbelages aufgenageltes oder aufgeschraubtes und oft durch Einlassen in die Bohle mit der Fahrbahnoberfläche bündig angeordnetes Riffblech. Am festen Brückende kann man die Endbohle des Unter- und Oberbelages stumpf gegen die Schwelle der Schildmauer stoßen.

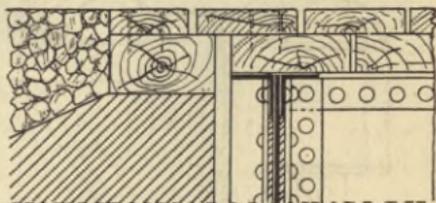


Abb. 606.

Einen aus Längsbohlen bestehenden Unterbelag streckt man an beiden Brückenden über die Lücke hinweg und lagert seine Enden ent-

weder unmittelbar auf die Schildmauer oder auf eine hölzerne Querschwelle; die Stirnflächen schützt man gegen Fäulnis durch eine gegen sie genagelte

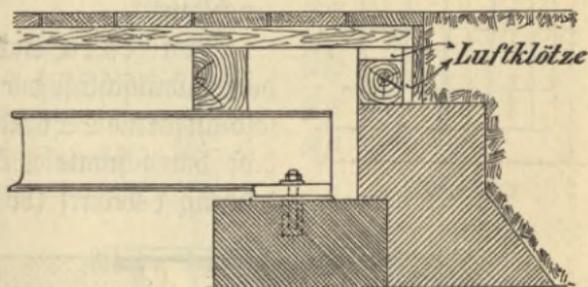


Abb. 607.

und von der Endbohle des Oberbelages überdeckte, mit Karbolinum oder einem anderen fäulniswidrigen Stoff zu tränkende Stirnbohle (Abb. 607, Straßenüberführung der Rheinischen Eisenbahn). Diese Anordnung kann man bei kleineren Brücken an beiden Enden wählen, bei größeren ist der Straßenoberbau aber an der Schildmauer durch eine Stein- oder Holzschwelle abzuschließen und zwischen Mauer und Brückenfahrbahn ein genügend breiter Zwischenraum zu lassen, der zu überdecken ist. Besteht die Fahrbahn einer größeren Brücke

aus einer Steinschlagbahn oder einem Pflaster, so überdeckt man die Lücke durch ein Niffelblech (Abb. 608, St. Lorenzo=

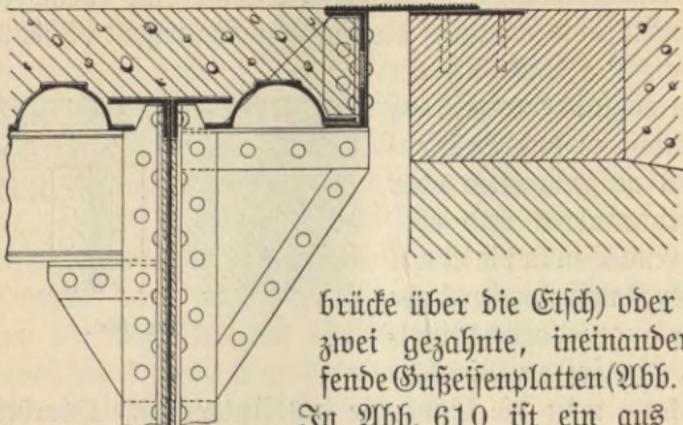


Abb. 608.

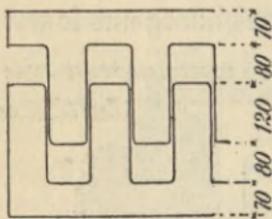


Abb. 609.

brücke über die Etzsch) oder durch zwei gezahnte, ineinandergreifende Gußeisenplatten (Abb. 609).

In Abb. 610 ist ein aus Eisen bestehender Endabschluß für eine mit Holzpflaster versehene Straßenbrücke dargestellt, an die sich ein Steinpflaster anschließt.

Am festen Brückenende kann man den Endabschluß der Brückenfahrbahn so dicht an die Schildmauer heranrücken, daß der schmale Schlitz keiner Überdeckung bedarf (Abb. 611).

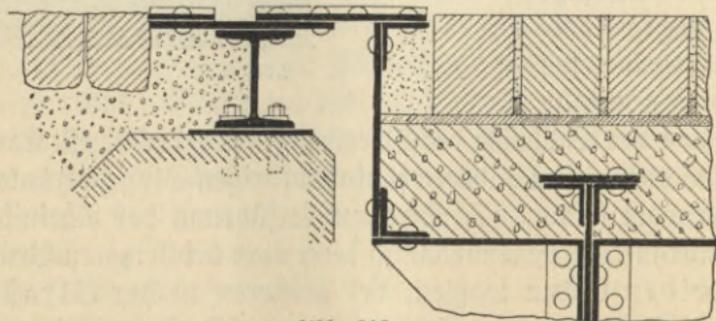
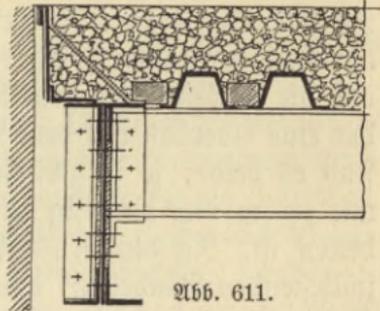


Abb. 610.

An den Fußwegen wird der Schlitz auf der Seite des festen Auflagers offen gelassen, auf der Seite des beweglichen

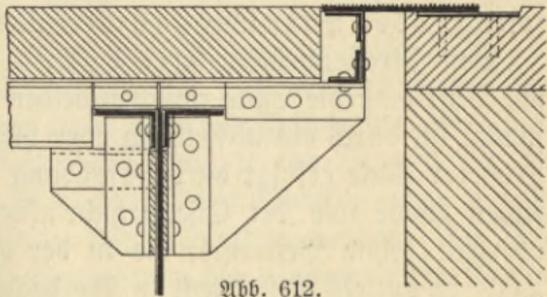
aber durch ein Winkleisen, Flacheisen, Riffelblech usw. überdeckt (Abb. 612, St. Lorenzobrücke über die Etsch).

Bei Eisenbahnbrücken kleinerer Spannweite ist der Abstand zwischen den Überbauten der beiden Öffnungen über dem Mittelpfeiler in der Regel so gering bemessen, daß die Gleise ohne weiteres von dem einen Überbau auf den anderen überführt werden können. Bei größerem Abstände kann man, sofern die Bahn auf den Hauptträgern liegt und Querschwellenoberbau zur Anwendung kommt, die Hauptträger zwecks regel-



mäßiger Schwellenteilung über ihre Auflager hinaus verlängern und auf die Auskragung Querschwellen legen, oder auf dem Mittelpfeiler einen Aufbau herstellen, der die Querschwellen unmittel-

bar stützt. Bei unten oder versenkt liegender Bahn und Querschwellenoberbau hat man die Endquerträger mit Kragträgern in Richtung der Zwischenlängsträger



auszustatten oder durch Träger zu verbinden, die am einen Ende auf ein an dem einen Endquerträger befestigtes Gleitlager beweglich aufzulagern sind. Die Kragträger bzw. Verbindungsträger dienen zur Auflagerung der Querschwellen.

Beim Langschwellenoberbau kann man entweder nur die Fahrschienen oder auch die Langschwellen über den Mittelpfeiler hinwegführen; in beiden Fällen hat man für eine gute Auflagerung der Schienen bzw. Langschwellen auf das Pfeilermauerwerk (z. B. durch Querschwellen) zu sorgen.

Bei vorhandenem Rieß- oder Schotterbett und fester Auflagerung beider Überbaue auf dem Mittelpfeiler ist die Brückentafel über diesen hinwegzuführen, und es sind zu diesem Zwecke die Endquerträger wieder in Richtung der Zwischenlängsträger durch Träger zu verbinden oder die Zwischenlängsträger bis zur Pfeilermite fortzusetzen und hier auf Auflagerplatten zu lagern, auch ist die Bettung seitlich durch auf die Brückentafel genietetete Flacheisen zu begrenzen. Ist der eine Überbau auf dem Pfeiler beweglich gelagert, oder sind es beide, so ist zwischen ihnen eine Lücke zu lassen, die mit einem nur einseitig zu befestigenden Flacheisen zu überdecken ist. In diesem Falle sind die die Bettung seitlich abschließenden Flacheisen, damit sie den Längsbewegungen der Hauptträger folgen können, mit Doppellaschen zu versehen, deren Schraubenbolzen durch längliche Löcher der Flacheisen zu ziehen sind.

Dieselbe Anordnung trifft man bei Straßenbrücken unter etwa 30 m Spannweite, wenn sie eine Stein- schlag- oder Pflasterbahn erhalten sollen.

Bei Straßenbrücken mit doppeltem Bohlenbelag überdeckt man die Lücke zwischen beiden Überbauten, wenn sie schmal ist, durch ein Riffelblech oder läßt sie ganz offen. Bei größerer Lücke erfolgt die Überführung der Fahrbahn in derselben Weise wie bei Eisenbahnbrücken mit Querschwellenoberbau (ohne Bettung); die in der Fahrbahn zu lassende Lücke ist mittels Riffelblech zu überdecken.

Die Verbindung der Fußwege über den Mittelpfeiler ist dieselbe wie die der Fahrbahnen gleichen Oberbaues*).

§ 54. Eiserne Geländer.

(Abbildungen auf Tafel XVI).

Die einfachen Geländer der eisernen Brücken werden gewöhnlich ganz aus Schmiedeeisen, reicher ausgestattete aber vielfach aus Gußeisen hergestellt. Mitunter wählt man auch

*) Siehe Häfeler, Der Brückenbau, S. 377 bis 383.

zu den Pfosten und Handleisten Gußeisen und zu den Füllungen Schmiedeeisen.

Die Geländer bestehen aus Pfosten (Ständern), die mit der Brückenkonstruktion unmittelbar verbunden sind, sowie aus einem wagerechten oberen Abschluß (Handleiste, Brustriegel) und einer Füllung.

Schmiedeeiserne Pfosten werden aus 25 bis 35 mm starkem Quadrat- oder Rundeisen oder aus einem oder zwei Winkleisen, auch aus \perp -, Γ - oder U-Eisen hergestellt und mit den Brückenträgern sorgfältig vernietet oder verschraubt bzw. in die Gesimsplatten der Landpfeiler 20 bis 30 cm tief eingelassen und mit Blei, Schwefel oder Zementmörtel vergossen. Bei Fußgänger- und Straßenbrücken werden sie meistens durch gerade oder gebogene, außen anzuordnende eiserne Streben seitwärts versteift (Abb. 30 auf Tafel XVI). Quadrat- und Rundeisenpfosten erhalten bei Befestigung auf Holz häufig am Fuß einen Bundring und unter diesem ein als Schraubenbolzen ausgebildetes Ende, das durch die Schwelle hindurch gesteckt und mittels einer auf einer Unterlagscheibe ruhenden Mutter befestigt wird (Abb. 1 auf Tafel XIX).

Gußeiserne Ständer mit Γ -förmigem, kreuz- oder röhrenförmigem Querschnitt erhalten Fußplatten, die durch 2 bis 4 Schraubenbolzen von etwa 18 mm Durchmesser mit den Trärgurten bzw. durch 2 bis 4 Steinschrauben mit der Gesimsplatte der Pfeiler fest verbunden werden. Die Fußplatten werden zur Versteifung der Ständer mit Rippen versehen, die einen passenden Übergang von der Platte zum Ständer bilden (Abb. 31 und 32 auf Tafel XVI).

Die Entfernung der Pfosten schwankt meistens zwischen 1,5 und 2 m und ihre Höhe zwischen 0,8 und 1,2 m. Auf im Gefälle liegenden Brücken werden die Pfosten senkrecht, die Handleisten und die zu ihnen parallelen Füllungsglieder dagegen in der Brückeneigung angeordnet.

Die Handleiste wird bei schmiedeeisernen Geländern aus 2 bis 3 cm starkem Rundeisen oder aus Gasröhren, Flach Eisen mit aufgeschraubtem, mehr oder minder reich profiliertem

hölzernen Handgriff, Winkleisen oder sog. Geländereisen gebildet und bei gußeisernen Geländern meistens röhrenförmig gestaltet und oft mit der Füllung in einem Stück gegossen. Runde Handleisten werden durch zylindrische Löcher der Schmiedeeisenständer hindurchgesteckt oder mittels umgelegter Bügel mit diesen verbunden, während Flacheisenhandleisten mit den Zapfen der Quadrat- oder Rundeisenständer kalt vernietet oder auf die Ständer durch Kopfschrauben, nötigenfalls unter Einschaltung kleiner Winkleisenstücke oder im Winkel gebogener Flacheisen, befestigt werden. Winkleisenhandleisten nietet man mit ihren lotrechten Schenkeln an die Pfosten (Abb. 28 und 33 auf Tafel XVI).

Bei Straßenbrücken ist die Geländerfüllung, weil sie auch kleine Kinder vor dem Hinabstürzen bewahren soll, weit dichter herzustellen als bei Eisenbahnbrücken. Auf Brücken, die eine Eisenbahn und eine Straße überführen, sind beide Fahrbahnen durch ein möglichst dichtes Geländer zu trennen.

Nach der Bedeutung und Lage der Brücke wird die Füllung mehr oder weniger reich ausgestattet. Sie wird in einfachster Weise aus 1 bis 3 wagerechten Stäben aus Rund-, Flach- oder Röhreneisen, L-, I- oder U-Eisen oder aus gekreuzten Flacheisen gebildet (Abb. 28 auf Tafel XVI). Dichtere Füllungen zeigen die Abb. 346 bis 348 und die Abb. 29, 33 und 34 auf Tafel XVI. Die Befestigung der Füllungsmitglieder aus Schmiedeeisen geschieht durch Nieten, Schraubenbolzen, Hülsen usw. Die Stärke der Füllungsmitglieder soll nicht schwächer als etwa 4 mm gewählt werden, damit sich die Stäbe nicht leicht verbiegen lassen und nicht zu schnell verrosten. Damit die Füllungsmitglieder am beweglichen Brückende den Längsänderungen der Träger bei Wärmeänderungen folgen können, müssen die Löcher für die Schraubenbolzen an dem auf dem Landpfeiler stehenden Pfosten länglich gestaltet, runde Füllungsstäbe mittels Hülsen befestigt werden usw.

Bei eingleisiger Bahn werden die Überbaue unbeschränkter Bauhöhe beiderseits mit Geländern in einem lichten Abstände von 4,30 m versehen.

Verschiedene Befestigungsarten der Geländerpfosten zeigen die Abbildungen auf den Tafeln XVI bis XIX.

In Abb. 28 auf Tafel XVI ist ein schmiedeeisernes Geländer dargestellt, wie solches bei kleinen Eisenbahnbrücken der Hannoverschen Staatsbahn vielfach ausgeführt worden ist. Abb. 29 und 30 zeigen das Geländer der Neckarbrücke bei Neckarelz, Abb. 31 und 32 ein gußeisernes Geländer der Österreichischen Nordwestbahn. Abb. 33 ist die Geländerkonstruktion Nr. 9 der Gutehoffnungshütte.

§ 55. Lagerkonstruktionen.

(Abbildungen auf Tafel XVI.)

Die Hauptträger werden nicht unmittelbar auf das Mauerwerk der Land- und Zwischenpfeiler, sondern auf besondere, aus Gußeisen oder Gußstahl bestehende Lager aufgelegt, damit der Auflagerdruck auf eine größere Mauerfläche verteilt, eine Längsverschiebung infolge Wärmeänderungen und eine Drehung der Trägerenden um den Auflagerpunkt infolge der Durchbiegung unter der Last ermöglicht sowie die Lage des Angriffspunktes des Auflagerdruckes genau festgelegt wird.

Jeder Hauptträger erhält ein festes und ein bewegliches Lager. Ersteres wird bei durchgehenden Trägern mit Rücksicht auf eine möglichst geringe Verschiebung der Trägerenden auf dem der Brückenmitte zunächst liegenden Pfeiler und bei im Gefälle liegenden Brücken stets am unteren Brückenende angeordnet. Bei Brücken mit mehreren durch Einzelträger überspannten Öffnungen empfiehlt es sich, auf die Zwischenpfeiler ein festes und ein bewegliches Lager zu legen, um keine zu große Lücke zwischen den Überbauten zu erhalten, wenn sich die Träger bei Kälte zusammenziehen.

Die beweglichen, die Längsverschiebung der Träger gestattenden Lager übertragen auf den Pfeiler nur senkrechte Kräfte und einen Teil des Winddruckes, die festen Lager aber außer diesem noch sämtliche Längskräfte.

Die Verlängerung λ eines Trägers bei Wärmeänderungen berechnet sich zu

$$\lambda = a \cdot t \cdot l \text{ cm,}$$

wenn l die Trägerstützweite in cm, t den Wärmeunterschied gegen eine mittlere Wärme und a den Ausdehnungskoeffizienten bei 1° Wärmezunahme (für Schweißeisen = 0,000121, für Flußeisen = 0,000118) bezeichnen. Als Grenzen der Wärmeschwankungen sind -25°C und $+45^\circ \text{C}$ anzunehmen (Preussischer Ministerialerlaß vom 1. Mai 1903). Die Lager liegen auf Quadern aus Sandstein, Granit, Basaltlava usw.; nach deren Druckfestigkeit ist die Größe der Grundplatte zu berechnen. Die Auflagerquadern sind möglichst groß anzunehmen und satt in Mörtel zu verlegen, damit sie gegen Lockerung durch Erschütterungen und Stöße gesichert sind. Für die hier besprochenen kleinen Brücken genügt eine Länge und Breite der Quader von etwa 50 bis 75 cm und eine Höhe von 30 bis 40 cm. Die Quader müssen noch 10 bis 15 cm tief in das Mauerwerk einbinden, und ihre Oberfläche ist zweckmäßig mit einer Abwässerung nach der Vorderseite hin zu versehen.

Die Lager werden zur Erzielung einer gleichmäßigen Druckverteilung mit einer 1,0 bis 1,5 cm starken Zementschicht untergossen, oder zwischen Lager und Quader wird eine 3 bis 6 mm dicke Hartbleiplatte eingelegt. Die Lager dürfen also nicht in den Auflagerquader eingelassen werden, damit sie vor Schmutz und Masse geschützt sind und man bequem an sie behufs Reinigung gelangen kann. Als Unterlage für das Lager hat man in neuerer Zeit statt eines Quaders mehrfach (z. B. bei den bayrischen Staatsbahnen) eine auf das Pfeilermauerwerk in genügender Stärke aufgebrachte Stampfbetonschicht verwendet und damit bei kleinen Brücken einen guten Erfolg erzielt.

Bei vollwandigen Balkenbrücken geringer Spannweite verwendet man ausschließlich **Flächenlager (Tangentiaallager)**, die aus einer schwach gewölbten Gußeisenplatte (Schuhplatte) bestehen und an den Seiten 15 bis 20 mm hohe und 30 bis

50 mm breite Rippen zur Verhinderung einer seitlichen Verschiebung des Trägers besitzen (Abb. 1 bis 6 auf Tafel XVI). Der Träger wird bei kleineren Brücken meistens unmittelbar auf die Schuhplatte gelegt, bei größeren aber wird unter ihn eine 10 bis 20 mm starke schmiedeeiserne oder stählerne Platte (Gleitplatte) mittels Niete oder Schraubenbolzen befestigt. Die unteren Nietköpfe bzw. die Schraubenköpfe sind entweder zu versenken, oder es sind für sie in der Schuhplatte Aussparungen zu lassen. Auch 25 bis 30 mm starke gußeiserne Gleitplatten mit Seitenleisten, die über die Schuhplatte greifen, sind hier und da verwendet worden (Abb. 7, Tafel XVI).

Die Schuhplatte wird mit dem Auflagerquader entweder durch Steinschrauben verbunden oder mittels einer an ihre Unterfläche angegossenen Rippe (Endrippe, Mittelrippe, Kreuzrippe) in den Stein eingelassen; letztere Anordnung ist vorzuziehen, weil bei ihr der Anschluß der Querverbindung und des Windverbandes leichter auszuführen ist.

Am beweglichen Flächenlager (Gleitflächenlager, Abb. 4 bis 6) sind Gurtungs- oder Gleitplatte und Schuhplattenoberfläche sauber zu hobeln und einzufetten, um die gleitende Reibung möglichst zu vermindern. (Der Reibungswiderstand kann zu $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{7}$ des Auflagerdruckes angenommen werden.) Am festen Flächenlager (Abb. 1 bis 3) kann man die Verschiebung der Hauptträger bei den kleinsten Brücken durch Stiftschrauben (Stahldorne, Abb. 4 auf Tafel XVIII), die durch den Trägergurt in die Schuhplatte treten, oder durch 4 bis 5 cm breite und 1 bis 2 cm vortretende, an die Seitenrippen der Schuhplatte angegossene und in entsprechende Aussparungen der Gurt- oder Gleitplatte des Trägers eingreifende Nasen verhindern (Abb. 1 bis 3 auf Tafel XVI). Bei größeren Brücken sind in der Schuhplatte Querleisten anzuordnen und mitunter noch zwischen diese und den Trägergurt Keile einzutreiben, oder es ist unter die Gurtplatte an diese ein Flacheisen zu nieten, das in eine Aussparung der Schuhplatte eingreift (Abb. 8, Tafel XVI).

Zwischen der Gurtplatte und den Seitenrippen der Schuhplatte ist ein Zwischenraum von einigen Millimetern zu belassen, damit die Querausdehnung der Brücke nicht behindert ist.

Nach Winkler kann man bei kleineren Brücken die Dicke der Schuhplatte zu

$$d = 4 + 0,09 l \text{ cm,}$$

die Länge zu

$$L = 0,32 + 0,007 l \text{ m}$$

und die Breite zu

$$b \geq 1,5 B \text{ cm}$$

annehmen, wenn l die Stützweite des Trägers in Metern und B seine Gurtplattenbreite in Zentimetern bedeutet. Bei größeren Brücken ist die Schuhplattendicke aus der Formel

$$d = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{3(a-c)}{bk}} \cdot A$$

zu berechnen. Hierin bezeichnet a die Länge, b die Breite der Platte und c die Länge, auf der die Gleitplatte im Schuh aufliegt, in Zentimetern, ferner k die zulässige Spannung (bei Gußeisen = 300 kg/qcm) und A den Auflagerdruck in Kilogrammen.

Brückenträger von mittlerer Spannweite erhalten zweckmäßig **Ripp lager** wegen der Möglichkeit einer zentralen Auflagerung und einer ungehinderten Durchbiegung. Das feste Ripp lager besteht im allgemeinen nur aus einem Lagerstuhl und einer meist wesentlich kürzeren und schwächeren Rippplatte, mitunter aber noch aus einer die Aufstellung des Lagers erleichternden Grundplatte, in der der Lagerstuhl durch Stahlkeile festgestellt wird. Zur Erzielung einer gleichmäßigen Druckübertragung wird außer der oben erwähnten Zementschicht unter dem Lager noch zwischen Trägeruntergurt und Rippplatte eine 4 bis 5 mm starke Blei- oder Kupferplatte eingelegt. Die Befestigung der Grundplatte bzw. des Lagerstuhles mit dem Auflagerquader erfolgt wiederum durch Steinschrauben oder durch an jene angegossene, in den Quader eingreifende, einfache oder kreuzförmige Rippen (Abb. 9 und 10 auf Tafel XVI).

Das Ripplager wird entweder als Zapfenkipplager oder als Tangentialkipplager ausgeführt. Das Zapfenkipplager besitzt einen am Lagerstuhl angegossenen Halbzapfen, der in eine entsprechende Höhlung der Ripplatte eingreift (Abb. 9 und 20), oder einen abgedrehten Bolzen aus Schmiedeeisen oder Gußstahl, der von jedem der beiden Lagerteile fast zur Hälfte umschlossen wird (Abb. 11, 16 und 18).

Zur Verhütung einer Seitenverschiebung der Ripplatte infolge Erschütterungen versieht man diese Platte und den Lagerstuhl mit einem Schliß und schiebt in diesen einen Dübel mit rundem Kopf ein, oder man schraubt vor die Stirnen der Platte oder des Lagerstuhles Platten, die über den anderen Lagerteil hinweggreifen, oder man stattet den einen Lagerteil mit Vorsprüngen, den anderen mit entsprechenden Vertiefungen aus. Zu dem gleichen Zwecke erhält der Vollzapfen an beiden Enden Bundringe.

Beim Tangentiallager wird in den (meist gußeisernen) Lagerstuhl eine oben schwach gewölbte Stahlplatte (Stützplatte) eingesetzt und auf sie der Träger mit einer angenieteten oder angeschraubten ebenen Stahlplatte gelagert. Die Verschiebung beider Platten wird durch Dorne verhindert, die durch beide Platten gesteckt werden und oben verjüngt sind, damit sich der Träger ungehindert neigen kann (Abb. 26).

Um ein bewegliches Ripplager (Gleitkipplager) zu erhalten, stellt man den Lagerstuhl zweckmäßig auf ein Walzenlager (Abb. 16, 18 und 20).

Beim festen Ripplager ist der Lagerstuhl in der Regel höher als beim beweglichen, damit beide Auflagerquader die gleiche Höhenlage erhalten können; zweckmäßig gibt man dem Lagerstuhl am festen Auflager eine Ausparung und Seitenrippen (Abb. 11 und 12).

Bezeichnet A den Auflagerdruck in kg, a die Länge, b die Breite und d die Dicke der Ripplatte in Zentimetern, k die zulässige Beanspruchung für 1 qcm (bei Gußeisen $k = 300$ kg, bei Stahl $k = 1200$ bis 1500 kg), z die Anzahl der Rippen des Lagerstuhles, δ_1 die Dicke der Rippen, δ die Dicke der

Lagerstuhlgrundplatte, h die Höhe und b die Breite des Lagerstuhles, alle Maße in Zentimetern (Abb. 11 und 12), dann ist

$$d = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3a}{bk} \cdot A},$$

$$\delta = \frac{h}{3} \cdot \left[1 - \sqrt{\frac{b - 4z\delta_1}{b - z\delta_1}} \right]$$

unter der Bedingung, daß $4z\delta_1 < b$ ist (nach der „Hütte“).

$$\text{Für } h = 3\delta \text{ ist } b = 4z\delta_1$$

$$\text{„ } h = 4\delta \text{ „ } b = 4,2z\delta_1$$

$$\text{„ } h = 5\delta \text{ „ } b = 4,6z\delta_1$$

$$\text{„ } h = 6\delta \text{ „ } b = 5,0z\delta_1$$

$$\text{„ } h = 7\delta \text{ „ } b = 5,45z\delta_1.$$

Ferner ist $d_1 = \frac{A}{1500b}$ bei Stahl und $d_1 = \frac{A}{700b}$ bei Gußeisen. Bei einem mit einer Ausparung versehenen Lagerstuhl (Abb. 20) ist die Höhe der Ausparung angenähert

$$h_1 = h \cdot \left(1 - \frac{1}{4} \frac{a}{b} \frac{A}{h^2 k} \right) \text{ cm}$$

(nach Häfeler) und der Halbmesser des Halbzapfens, wenn φ den halben Konvergenzwinkel der Berührungsfläche bezeichnet, bei gußeisernem Lagerstuhl

$$r = 3 \text{ cm} + \frac{A}{600 b \sin \varphi} \text{ (nach Häfeler; Abb. 20).}$$

Die Stärke der Grundplatte wird bei 1 Meter Trägerstützweite zu

$$d_2 = 3 + 0,07 l \text{ cm}$$

angenommen. Die beiden Stahlplatten beim Tangentialgelenk erhalten eine Höhe von

$$h = 0,025 \sqrt{\frac{a}{b} A} \text{ cm (Abb. 26).}$$

Der Halbmesser des Vollzapfens ist

bei Gußeisen zu $r = 0,0026 \frac{A}{l}$ cm und

bei Stahl zu $r = 0,0020 \frac{A}{l}$ cm

und der Halbmesser des abgerundeten Kopfes der stählernen Stützplatte des Tangentialkipplagers zu $r = 0,012 \frac{A}{l}$ cm anzunehmen.

Brücken von einer größeren Spannweite als etwa 15 m erhalten als bewegliches Lager ein **Walzenlager (Krollenlager)**, damit nur rollende (nicht gleitende) Reibung der Längsverschiebung des Trägers entgegenwirkt (Abb. 14 und 15).

Das Walzenlager besteht aus einer Grundplatte (Unterslagsplatte), aus einer oder mehreren Walzen und aus einer Krollplatte (Überslagsplatte). Das einfachste Walzenlager besitzt nur eine Walze (Abb. 13 und 13a auf Tafel XVI); man wird es zweckmäßig stets da wählen, wo man mit einer Walze auskommen kann. Nach Herz ist die Beanspruchung S einer Walze zwischen ebenen Platten, wenn P die Last für 1 cm Walzenlänge, E den Elastizitätsmodul in t/qcm und r den Walzenhalbmesser in cm bedeutet,

$$S = 0,42 \cdot \sqrt{\frac{PE}{r}} \text{ Tonnen.}$$

Gewöhnlich ist die Anordnung mehrerer Walzen notwendig, und dann wird, wie oben bemerkt wurde, zweckmäßig ein Kipplager auf den Walzenstuhl aufgesetzt, um den Auflagerdruck auch bei unter der Last durchgebogenem Träger auf alle Walzen möglichst gleichmäßig zu verteilen. Bei Anordnung einer einzigen Walze ist eine Kippvorrichtung entbehrlich.

Die Grundplatte besteht gewöhnlich aus Gußeisen; sie erhält dann die gleiche Stärke wie die Grundplatte des Kipp-lagers. Zur Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Druckübertragung auf das Pfeilermauerwerk und zur Erleichterung

der Aufstellung hat man die Grundplatte auch zweiteilig hergestellt und zwischen beide Teile eine 4 bis 5 mm starke Blei- oder Kupferplatte eingelegt, auch wohl den Oberteil zur Vergrößerung des Flächendruckes auf diese Platten und zum besseren Ausgleich etwa vorhandener Unebenheiten mit einer gerillten Unterfläche versehen (Abb. 18).

Die Walzen sind gußeiserne, auch stählerne Vollzylinder, die mit achsialen Zapfen in einen aus Flacheisen (Höhe = $\frac{1}{2}$, Dicke = $\frac{1}{6}$ des Walzendurchmessers) oder aus Winkleisen gebildeten und an den Enden durch Stehbolzen (Durchmesser = $\frac{1}{4}$ des Walzendurchmessers) verbundenen Führungsrahmen gesteckt werden, damit sich der gegenseitige Abstand der Walzen (> 2 cm, um das Lager reinigen zu können) nicht verändern kann. Zur Verhütung einer Querverschiebung haben die Walzen an den Enden Wülste, die über die Grund- und Rollplatte hinweggreifen (Abb. 14 und 15 auf Tafel XVI).

Statt der Vollwalzen werden auch Flachwalzen (Stelzen, Pendel) verwendet, d. h. seitlich abgeflachte Walzen, die vor den Vollwalzen den Vorteil besitzen, bei gleicher Lagerlänge größere Durchmesser und dadurch größere Beweglichkeit erhalten zu können (Abb. 18 bis 20). Denn die im Walzenlager auftretende Reibung ist nicht nur vom Auflagerdruck A (kg), sondern auch vom Walzendurchmesser d (cm) abhängig und berechnet sich je nach der geringeren oder sorgfältigeren Einfettung des Lagers zu

$$R = \frac{0,25 A}{d} \quad \text{bis} \quad R = \frac{0,15 A}{d} \quad \text{kg.}$$

Die Flachwalzen sollen bei einer mittleren Wärme und bei nur durch Eigengewicht belasteter Brücke senkrecht stehen. Sie erhalten zwei Führungsrahmen von je $\frac{1}{3} d$ Höhe, damit sie ihre Parallelität nicht einbüßen, und werden gegen Umkippen dadurch geschützt, daß man die mittlere Stelze oben und unten mit einem Zapfen ausstattet und diese in Vertiefungen der Roll- und Grundplatte eingreifen läßt (Abb. 22 und 23 auf Tafel XVI).

N. Bernhard (Charlottenburg) hat das Pendellager so ausgebildet, daß es bei einer Schiefstellung der Pendel unter Wahrung der Stützhöhe wenigstens als Gleitlager bestehen bleibt (D. R. P. Nr. 123 912 a). Die Endpendel werden hier als halbe Walzen ausgeführt, die sich gegen einen Anschlag I (Abb. 24 und 25) legen, wobei die Nasen n zur gegenseitigen Stützung der Pendel dienen, oder die Führungsrahmen werden so stark gemacht, daß sie als Anker wirken können, wenn sich die Pendel beim Umlegen wieder gegenseitig auf die Nasen n stützen.

Es empfiehlt sich, die Rollvorrichtung möglichst hoch anzuordnen, damit sie einerseits den von der Pfeilerkrone abprallenden Regentropfen und Schmutzteilchen mehr entzogen wird, andererseits besser zugänglich und leichter zu reinigen ist (Preußischer Ministerialerlaß vom 15. November 1894). Auch hier dürfen die Grundplatten nicht in den Auflagerquader eingelassen werden, sie sind vielmehr über diesen hervorragend anzuordnen. Gegen Wasseransammlung und Schmutz wird das Walzenlager häufig mit einem Blechkasten umhüllt (Abb. 18 und 19).

In den nachfolgenden Formeln bezeichnet A den Auflagerdruck in Kilogrammen, b die Walzenlänge und d den Walzendurchmesser in Zentimetern, l die Stützweite des Trägers in Metern.

1. Anzahl der Walzen.

Vollwalzen aus Gußeisen:

$$n = \frac{0,046 A}{bd}$$

Vollwalzen aus Gußstahl:

$$n = \frac{0,036 A}{bd}$$

Flachwalzen aus Gußeisen:

$$n = \frac{0,043 A}{bd}$$

Flachwalzen aus Gußstahl:

$$n = \frac{0,034 A}{bd}$$

2. Walzendurchmesser (nach Winkler)

	bei eingleisiger Bahn	bei zweigleisiger Bahn
Vollwalzen	$d = 10 + 0,10 l$	$d = 10 + 0,13 l$
Flachwalzen	$d = 15 + 0,16 l$	$d = 15 + 0,20 l$

Für Flachwalzen auch (nach Häfeler)

$$d = 5 \text{ cm} + 0,2 l$$

ferner $a = 0,4 d$ und $a_1 = 0,6 d$ (Abb. 21).

Bei durchgehenden Trägern empfiehlt es sich, entweder zwischen zwei parallelen Platten unter dem Lagerstuhl oder bei Ripplagern zwischen dem Lagerstuhl und dem im unteren Teile rechteckig gestalteten Vollzapfen Keile anzubringen, um die Höhenlage der Stützen genau regeln zu können.

Siebenter Teil.

Bewegliche Brücken.

§ 56. Erklärung und Einteilung.

Bewegliche Brücken sind hölzerne oder eiserne Brücken, bei denen entweder der ganze Überbau oder nur ein Teil desselben durch Drehung um eine wagerechte oder senkrechte Achse oder durch Hebung oder Verschiebung aus seiner normalen Lage so gebracht werden kann, daß der Verkehr über die Brücke zeitweilig ganz unterbrochen ist und unter der Brücke ein zum Passieren der auf dem überbrückten Land- oder Wasserwege verkehrenden Fahrzeuge genügend hoher und breiter Raum entsteht.

Nach der Art der Bewegung unterscheidet man: Roll- oder Schiebebrücken, Hubbrücken, Zug- und Klapp- (oder Wipp-) Brücken; sowie Dreh- und Kranbrücken auch rechnet man zu den beweglichen Brücken die Schiffbrücken.

Bei den beweglichen Brücken ist die Konstruktion und namentlich die maschinelle Einrichtung oft eine recht verwickelte; ihre genaue Beschreibung würde hier viel zu weit führen und auch nicht dem Zweck unseres „Leitfadens“ entsprechen; wir begnügen uns daher im folgenden hauptsächlich mit einigen allgemeinen Erläuterungen der verschiedenen Arten beweglicher Brücken und verweisen diejenigen, die sich mit diesem Gegenstande eingehender beschäftigen wollen, auf das „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ Bd. II Abt. III (Leipzig 1888) und auf das Werk des Professors W. Dieß „Bewegliche Brücken“ (Leipzig 1897); in beiden von uns benutzten Werken sind die beweglichen Brücken sehr ausführlich behandelt.

§ 57. Roll- oder Schiebebrücken.

Bei den Roll- oder Schiebebrücken ruht der in wagerechter Richtung verschiebbare und eine größere Länge als die zu überspannende Öffnung besitzende Teil auf Rollen, die auf Schienen laufen (Abb. 1 auf Tafel XX). Damit die Brücke verschoben werden kann, wird entweder eine zwischen ihrem Hinterende und der festen Fahrbahn angebrachte Klappe gesenkt, oder die Brücke wird (z. B. mit Hilfe von Wasserdruckzylindern, die unter ihrem Schwerpunkt oder in dessen Nähe angeordnet werden) so weit gehoben, daß sie auf der festen Fahrbahn in Richtung der Brückenlängsachse zurückgezogen werden kann, oder die Brücke wird seitlich (schräg) verschoben (Abb. 2 auf Tafel XX). Der bei geschlossener Brücke auf dem Lande verbleibende Teil muß ein solches Gewicht erhalten, daß sich der Schwerpunkt noch über dem Landpfeiler befindet.

Die Verschiebung wird bei sehr kleinen Rollbrücken durch 1 oder 2 Mann bewirkt oder (bei Fußgängerbrücken) mit Hilfe von mittels Kurbelvorgelege getriebenen Zahnrädern an einer Laufradachse, bei größeren und schwereren Brücken aber mit Hilfe von Getrieben, die in Zahnstangen eingreifen, oder durch Wasserdruck und mittels Ketten. Zur sicheren Führung der Brücken sind die Laufräder oder die Lauffschienen oder die festen Stützrollen oder auch die Untergurte der Brückenträger mit Vorsprüngen auszustatten.

Die Hauptträger bestehen meistens aus Eisen (gewalzten I-Trägern, Blechträgern oder Gitterträgern), und die Fahrbahn ist entweder oben oder unten angeordnet. Auch doppelte Rollbrücken mit Stützstreben sowie Rollbrücken mit festliegenden Hauptträgern und angehängter Fahrbahn (hängende Fahren) und Rollfahren, bei denen der Überbau und gleichzeitig auch der stützende Unterbau (die Pfeiler) verschoben werden, wobei sich die Rollbahn auf der Flußsohle befindet, sind mehrfach zur Ausführung gekommen.

§ 58. Hubbrücken.

Bei den Hubbrücken läßt sich entweder der ganze Überbau der Brücke (Fahrbahn und Hauptträger) oder nur die Fahrbahn allein senkrecht in die Höhe heben, während die Hauptträger in der zum Durchlassen der Schiffe (meist ohne Masten) nötigen Höhe festliegen. Gewöhnlich werden an den vier Ecken des zu hebenden Teiles hölzerne oder eiserne Ständer oder Türme mit Kopsrollen angeordnet und über diese Rollen Ketten gelegt, an deren einem Ende der bewegliche Brückenteil befestigt wird, während am anderen Ende Gegengewichte angebracht werden. Die Bewegung der Ketten geschieht in der Regel durch Winden (Abb. 3 auf Tafel XX).

Bei neueren Ausführungen hat man den Überbau der Hubbrücken (Hauptträger und Fahrbahn) mehrfach an besondere, auf hohen eisernen Ständern über den Brückenhauptträgern liegende und mit den Ständern befestigte Träger mittels Ketten gehängt, die über Rollen laufen und am anderen Ende Gegengewichte tragen und wieder durch Winden bewegt werden. In den Abb. 4 bis 8 auf Tafel XX ist eine Hubbrücke des Dortmund-Emskanals in Schnitt, Ansicht, Seitenansicht und Aufsicht dargestellt, die an 14 mm starken Drahtseilen hängt und mittels eines Kurbelantriebes um etwa 3,5 m gehoben wird. Die Fahrbahnbreite beträgt etwa 2,5 m. (Einen Querschnitt der Fahrbahn zeigt Abb. 8 auf Tafel XVII.) Auch Hubbrücken, die von unten gehoben werden, sind ausgeführt worden.

Soll nur die Fahrbahn lotrecht gehoben werden, so kann man an die Querträger des Fahrbahngerippes Zugstangen befestigen, deren obere Enden sich bei gesenkter Brücke auf die Untergurte der genügend hoch gelagerten Hauptträger auflegen, während die als Verlängerung der Zugstangen dienenden Ketten über oberhalb der Obergurte angebrachte und auf durchgehenden Wellen sitzende, Gegengewichte tragende Rollen gehen, die von einem in der Brückenmitte angeordneten Getriebe bewegt werden (Chitpore-Hubbrücke in Kalkutta).

Soll die Brücke nur um den Wasserhöhenunterschied zwischen Ebbe und Flut gehoben werden, so kann man sie an dem einen Ende auf feste Ripplager, an dem anderen auf Walzenlager legen und das beweglich aufgelagerte Brückende mit Hilfe von Wasserdruckzylindern, die unter dem Endquerträger anzuordnen sind, so weit heben, daß bei Flut die mastlosen Schiffe passieren können (Hubbrücke in Hamburg).

§ 59. Zug- und Klappbrücken.

Zugbrücken führen meistens nur über Festungsgräben oder schiffbare Kanäle. Jede Zugbrücke besitzt eine um eine wagerechte Endachse drehbare Klappe (Zugklappe, Brückenklappe), die mit Hilfe von Ketten oder Seilen aufgezogen und niedergelassen werden kann. Die Zugklappe besteht aus einem mit Bohlen überdeckten und gut verstrebten (meist hölzernen) Rahmen (Abb. 10 auf Tafel XX) mit mehreren Längsbalken zwischen dem Drehbalken und dem Kopf- oder Stoßbalken, an dem die Zugketten befestigt sind. Bei größerer Länge als etwa 4,0 m ist die Klappe durch Sprengstreben zu versteifen. Zweckmäßig wählt man den Drehpunkt der Zugklappe in Höhe der Oberkante des Bohlenbelages.

Bei Festungszugbrücken werden die Zugketten über Rollen geführt, die in der Mauer des Festungstores befestigt sind. Am anderen Ende der Ketten befinden sich Gegengewichte, die mit der Brückenklappe in jeder Stellung im Gleichgewichte bleiben müssen, damit zum Öffnen und Schließen der Brücke nur eine ganz geringe Kraft erforderlich ist.

Das Gegengewicht ist ein gleichbleibendes oder ein veränderliches. Im ersten Falle gleitet es auf einer krummen Bahn (Sinusoidenbrücke von Belidor), oder es hängt mittels einer Kette an einem mit spiralförmigem Umfange versehenen Rade, das an einer auch die zum Aufwinden der Zugkette dienenden Räder tragenden Welle sitzt (Zugbrücke mit Spiralarädern von Derché). Bei der Ponceletschen Konstruktion besteht das veränderliche Gegengewicht aus gußeisernen, in verschiedener Anzahl auf Bolzen angereihten Platten; bei der

Delille'schen Zugbrücke ist das Gegengewicht mit der Klappe durch eiserne Stangen verbunden und wird auf einer Leitkurve geführt.

Die sog. Portalbrücken (Abb. 9 und 10 auf Tafel XX, aus „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ Bd. II Abt. III Tafel VII, Abb. 3) haben über der Drehachse aufgestellte, abgespreizte Ständer mit bei geschlossener Öffnung wagerecht schwebenden, drehbaren Ziehbäumen (Zugruten), die durch Querbalken und gekreuzte Streben miteinander verbunden sind und am Vorderende die Brückenketten, am Hinterende kurze Ketten zum Aufziehen der Brücke tragen. Mitunter sind auch auf die Ständer sog. Schwungbäume befestigt worden, die mit ihrem Hinterteile nach oben drehen, so daß die Zugklappe beim Öffnen nach abwärts schlägt; beim Loslassen sinken die Schwungbäume mittels eines Gegengewichtes wieder herab, und die Klappe schließt sich.

Besitzt die zu überbrückende Öffnung eine größere Weite, so wird die Brücke mit Ziehbäumen oder Schwungbäumen zweiflügelig, d. h. mit zwei sich gegenüberstehenden Klappen ausgeführt (Abb. 9 und 10 auf Tafel XX).

Wenn die Drehachse nicht am Ende, sondern im Schwerpunkt des beweglichen Brückenteiles oder in seiner Nähe sich befindet, so nennt man die Brücke eine Klappbrücke (auch wohl Wippbrücke). Das Öffnen dieser Brücken wird durch Herunterziehen der mit einem Gegengewichte versehenen Hinterklappe bewirkt, und zwar bei kleineren Brücken von Hand (mit Hilfe von Seilen oder Ketten), bei größeren und weniger gut abbalancierten mittels Zahnradgetriebes oder hydraulischen Druckes.

Die Hinterklappe wird meistens kürzer als die Vorderklappe gewählt; man findet Klappbrücken, bei denen die Hinterklappenlänge nur den sechsten Teil der Vorderklappenlänge beträgt.

Die Drehachse ist in der Regel fest konstruiert und besteht dann meistens aus Schweißeisen; sie erhält einen kreis- oder kastenförmigen Querschnitt (Abb. 13 und 14 auf Tafel XX,

Knippelsbrobrücke in Kopenhagen) und wird durch zwei oder mehrere, zweckmäßig in der Höhenlage etwas verstellbare Zapfenlager gestützt; sie geht entweder ganz durch oder wird in der Mitte gestoßen, um die Brücke in der Längsrichtung in zwei Teile teilen und bei Ausbesserungen den Verkehr auf der einen Brückenhälfte aufrechterhalten zu können. Liegt unter der sich beim Öffnen der Brücke senkenden Hinterklappe ein Pfeiler, so ist in diesem ein Hohlraum (Keller) herzustellen, in den sich die Hinterklappe versenken kann. Trägt die Hinterklappe einen Bohlenbelag usw., so wird dieser Hohlraum nicht überdeckt. Wenn die Klappbrücke den mittleren Teil einer längeren Brücke bildet und diese genügend hoch über dem Hochwasser liegt, so kann man die Hinterklappe etwas in die angrenzende Öffnung der festen Brücke hineinragen lassen.

Man hat auch die Klappbrücken mit beweglicher Drehachse ausgeführt und bei der einen Art die Drehachse durch gezahnte, in der Schwerachse des beweglichen Brückenteiles liegende Sektoren auf jeder Seite der Klappe ersetzt, die beim Öffnen der Brücke auf Zahnstangen abrollen, die auf dem Pfeilermauerwerk liegen (Abb. 11 auf Tafel XX), bei der anderen Art aber an dem Hinterende der Klappe mit Spurkränzen versehene Führungsrollen angebracht, die sich beim Öffnen der Brücke längs gekrümmter, am Pfeilermauerwerk befestigter Führungsschienen bewegen.

Die Klappbrücken erhalten entweder eine größere Anzahl in Abständen von 0,8 bis 1,4 m angeordneter Hauptträger, die an beiden Enden durch Querträger verbunden und am Hinterende mit Gegengewichten versehen werden, oder nur zwei und durch mehrere Querträger verbundene Hauptträger (Abb. 12 u. 15 auf Tafel XX, aus „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ Bd. II Abt. III, Tafel II, Abb. 3). Bei den eisernen Klappbrücken sind die Hauptträger entweder gewalzte I-Träger oder Blechträger, mitunter auch Bogensachwerkträger mit Kämpfer- und Scheitelf gelenken. Das Gegengewicht besteht entweder aus einer sich über die ganze Fahrbahnbreite erstreckenden Gußeisenplatte oder aus einem Gußeisen- oder

Blechkasten, der mit Gußeisenblöcken oder Steinen usw. gefüllt ist (Abb. 14). Bei einfacher Klappbrücke ruht das Vorderende der Hauptträger bei niedergelassener Klappe auf einer festen Lagerplatte, gegen die es häufig noch mit Hilfe einer am Hinterende angebrachten Anhubvorrichtung angedrückt wird. Bei doppelten Klappbrücken stemmen sich die niedergelassenen Klappen sprengwerkartig gegeneinander und übertragen ihren Druck entweder nur gegen die Drehachsen oder auch noch gegen feste Pfeilerlager. Man kann aber auch die Klappen voneinander unabhängig machen; letzteres ist empfehlenswerter, weil dadurch Bewegungen der Landpfeiler vermieden werden. Die Drehachse selbst wird meistens nicht zur Unterstützung der niedergelassenen Träger benutzt, sondern es wird gewöhnlich in ihrer Nähe und auf der Seite der Vorderklappe ein festes, zweckmäßig in der Höhenlage etwas verstellbares Stützlager angeordnet. Bei doppelten Klappbrücken sind häufig auch am hinteren Klappenende Anhubvorrichtungen zum festen Andrücken der Brückenflügel gegen jenes Stützlager angebracht worden.

Die Hinterenden der Träger stützen sich entweder gegen den Überbau des Hohlraumes im Pfeiler oder gegen die angrenzende feste Brücke (Abb. 14 auf Tafel XX). Die Vorderenden der Klappen werden miteinander verriegelt oder durch übergreifende Daumen oder durch Hakenbolzen miteinander verbunden, die unter die Unterkante der beiden Klappen an der Anschlußstelle greifen und durch Schrauben festgeklemmt werden können.

Die Überdeckung der Fuge zwischen Brückenfahrbahn und fester Fahrbahn erfolgt bei Straßenbrücken mit Hilfe kleiner Klappen oder dadurch, daß man am Endquerträger der festen Brücke Konsolen zum Tragen der bis dicht an die Fugen verlängerten festen Fahrbahn anordnet und zum Fugenschluß ein durchgehendes Gußstück benutzt (Abb. 14).

Ist nur eine schmale Öffnung für den Durchgang von Schiffsmasten erforderlich, so wird diese in der sonst festen Brücke durch etwa 1,0 bis 1,25 m breite, um eine wagerechte

Achse drehbare Klappen geschlossen, die einfach von Hand mit Hilfe von Ringen geöffnet werden; die durchschnittenen Träger der Brücke müssen dann entweder von dem nächstgelegenen, besonders kräftig zu konstruierenden Pfeiler durch Streben gestützt werden oder aus einem Stück bis zum zweitnächsten Pfeiler bestehen.

§ 60. Dreh- und Kranbrücken.

Drehbrücken eignen sich besonders zur Überdeckung von Öffnungen größerer Weite; sie lassen sich verhältnismäßig leicht bewegen und geschlossen sicherer unterstützen. Bei starkem Schiffsverkehr werden ihnen jedoch und besonders auf Kanälen oder kanalisierten Flüssen Hub- oder Klappbrücken vielfach vorgezogen.

Bei den Drehbrücken erfolgt die Bewegung der Brückenbahn um eine Lotrechte, zwischen den Enden der Hauptträger ruhende, in der Brückenachse oder auch (seltener) seitlich von ihr angeordnete Drehachse.

Man unterscheidet gleicharmige und ungleicharmige Drehbrücken. Bei den letzteren, nur eine Öffnung überdeckenden Brücken liegt der Drehzapfen gewöhnlich auf einem Landpfeiler und dem einen Ende des beweglichen Theiles näher als dem anderen, und der kürzere, durch Gegengewichte beschwerte Arm stellt bei geöffneter Brücke das Gleichgewicht her (Abb. 16 auf Tafel XX, aus „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ Bd. II Abt. III S. 97, Abb. 86). Bei den gleicharmigen Drehbrücken dagegen befindet sich der Drehzapfen in der Mitte des beweglichen Theiles und auf einem Mittelpfeiler (Drehpfeiler), und die Drehbrücke überdeckt zwei gleich große Öffnungen (Abb. 17 und 18 auf Tafel XX). Besitzt die Öffnung eine große Weite, so ordnet man zwei ungleicharmige (zweiflügelige) Drehbrücken an, deren Drehzapfen und Gegengewicht sich auf einem Landpfeiler befinden (Abb. 19 auf Tafel XX).

Die beiden Enden der geschlossenen Drehbrücke ruhen auf beweglichen Auflagern, die vor dem Öffnen der Brücke gesenkt

werden müssen. Die mittlere Unterstüzung wird verschieden ausgeführt. Entweder ruht das Gesamtgewicht der Drehbrücke während des Ausschwenkens auf einem auf dem Drehpfeiler liegenden Rollkranz, dessen Durchmesser ungefähr gleich der Brückenbreite ist, und der Drehzapfen dient lediglich zur Führung, oder es ruht ganz auf dem Drehzapfen, während ein Rollkranz oder zwei auf einer kreisförmigen Bahn (dem unteren Laufkranze) sich bewegende Laufräder nur ein seitliches Kippen der Brücke zu verhindern haben, oder endlich kommt der Hauptteil des Brückengewichtes auf den Drehzapfen und nur ein geringer Teil auf die Laufräder.

Nach der letzteren, von Schwedler erdachten Konstruktion sind in Deutschland vielfach gleicharmige Drehbrücken gebaut worden. Abb. 17 und 18 auf Tafel XX stellen eine derartige Drehbrücke schematisch dar. Die Hauptträger der geschlossenen Brücke lagern auf drei Stützen A, B und C, so daß der Drehzapfen D und das Stützrad E keine Last empfangen. Die Mittelstütze B ist so angeordnet, daß AB größer als BC ist. Beim Öffnen der Brücke wird der Auflagerpunkt A durch Fortnahme von Keilen so weit gesenkt, daß sich die Brücke zunächst auf den Drehzapfen D, dann auf das zwischen A und B über dem Drehpfeiler und in der Brückenachse liegende Stützrad E auflegt und somit von den Stützen C und B abhebt, was natürlich nur dann möglich ist, wenn sich der Schwerpunkt der Brücke in der Nähe des Drehzapfens und zwischen diesem und dem Stützrad E befindet. Diese Bewegung kann durch ein bei A angebrachtes Gewicht befördert werden. Zur Verhinderung eines seitlichen Kippens der Brücke sind unter den Hauptträgern Laufräder mit senkrecht zur Brückenachse gerichteten, in der Ebene des Drehzapfens liegenden Achsen angebracht und entweder mit Spielraum über dem Schienenlaufkranze montiert oder mittels Tragsfedern (wie Wagenräder) gegen die Hauptträger abgestützt, damit sie bei geschlossener Brücke vollständig entlastet sind. Diese Räder laufen mit dem Stützrad E auf derselben kreisförmig gebogenen Lauffchiene. Statt der Laufräder hat man auch bei

einigen kleineren Drehbrücken (z. B. in Pola und Triest) Weickumsche Kugelkränze verwendet und damit eine Verminderung des Gesamtdrehwiderstandes erzielt.

Zur Vermeidung der vielen sich aus der statischen Unbestimmtheit der auf mehreren Stützen frei aufliegenden Träger ergebenden Übelstände empfehlen Dr. Proell und Scharowsky die ihnen durch Reichspatent Nr. 10308 geschützte und in Abb. 20 auf Tafel XX skizzierte Konstruktion. Bei dieser liegt der untere Laufkranz 1 der Drehbrücke auf den kürzeren Armen eines Systemes konzentrisch angeordneter Hebel h mit auf dem Drehpfeiler fest aufgelagerten Drehachsen d , und an den längeren Armen dieser Hebel hängen Gewichte g , die eine senkrecht aufwärts gerichtete, einen Teil des Eigengewichtes der Brücke aufnehmende Reaktion von ganz bestimmter Größe erzeugen. Wegen der freien Beweglichkeit der Hebel kann sich die Mittelstütze unter der Verkehrslast ungehindert senken, so daß die Hauptträger in bezug auf die zufällige Last nicht als durchgehende, sondern als einfache, auf zwei Stützen frei aufliegende Balken anzusehen sind.

Beim Öffnen der Drehbrücke müssen die beiden Endauflager (bei der Schwedlerschen Konstruktion, wie bemerkt, nur ein Endauflager) mindestens um das Maß der Durchbiegung des freien Trägerendes bei fehlender zufälliger Last gesenkt werden, was entweder durch Hebung des Drehzapfens (meistens mittels hydraulischer Presse) oder durch Senkung der Endauflager bewirkt werden kann. Nach dem Einschwenken ist der Drehzapfen wieder zu senken bzw. sind die Brückenden wieder anzuheben. Zum Heben und Senken der Brückenden werden Keile, Exzenter, Schraubentwinden, Kniehebel oder hydraulische Pressen benutzt.

Die Drehung kleinerer Brücken erfolgt von Hand mittels Hebelstangen, die Drehung größerer in der Regel mit Hilfe eines mit dem Laufkranze verbundenen oder von diesem getrennten Zahnradvorgeleges durch 1 bis 2 Mann. Gewöhnlich greift ein an einer lotrechten Welle (bei größeren Brücken auch an zwei Wellen) sitzendes kleines Triebrad in den am

Drehpfeiler befestigten Zahnkranz ein, und die Arbeiter drehen diese Welle mit Hilfe eines Stockschlüssels, Tunnelbaumes oder eines besonderen Rädervorgeleges und Kurbel. Größere Brücken werden auch durch Dampfkraft, Druckwasser und in neuester Zeit auch mittels elektrischer Kraft gedreht.

Damit sich die geschlossene Drehbrücke nicht seitlich verschieben kann, ist sie festzustellen. Der Verschluss erfolgt bei kleinen Brücken oft nur durch am Endpfeiler drehbar befestigte, einfallende schmiedeeiserne Klinken, bei größeren durch Kiegel, die von Hand oder mittels Kurbel und Zahnrad usw. bewegt werden, oder auch durch Kniehebel usw.

Zur Abmilderung aller Stöße beim Eindrehen der Brücke dienen häufig ähnlich den Eisenbahnpuffern gebildete Feder- oder Wasserdruckpuffer.

Die Brückenträger ordnet man bei genügender Bauhöhe unter der Bahn an und wählt bei eingleisigen Brücken zwei, bei zweigleisigen zwei oder vier (seltener drei) Träger. Bei Straßenbrücken mit Fahrbahn oben kann man auch eine größere Anzahl von Hauptträgern wählen. Die Hauptträger bestehen aus armierten Holzbalken (Abb. 16 auf Tafel XX) oder aus Blechträgern oder aus Fachwerk- oder Gitterträgern aus Flußeisen oder gewalztem Gußstahl. Blechträger bieten dem Winddruck eine zu große Angriffsfläche dar und sind daher nur bei kleineren Brücken zu empfehlen. Stahlträger wiegen weniger als Flußeisenträger, weil sie wegen ihrer größeren Tragfähigkeit schwächer bemessen werden können als letztere, und lassen sich daher leichter bewegen. Das Verhältnis der größten Trägerhöhe zur größten Armlänge beträgt gewöhnlich 1:4 bis 1:6, kann aber bis 1:8 gewählt werden. In der Regel nimmt die Trägerhöhe von der Brückenmitte nach den Enden hin allmählich ab.

Befindet sich die Drehachse an dem einen Brückenende, so nennt man die Drehbrücke **Kranbrücke** (Abb. 21 und 22 auf Tafel XX). Eine solche Brücke eignet sich nur für Eisenbahnverkehr und ist nur bei verhältnismäßig kleiner Spannweite ausführbar. Sie besitzt zwei durch drehbar befestigte

Stangen verbundene, je eine Schiene des Eisenbahngleises tragende und in Form von Kranauslegern gebildete Hauptträger (Blechträger), die sich beim Ausschwenken nach Art der Krane um ihre Endständer (Wendesäulen a) drehen und bei vollständiger Öffnung nebeneinander liegen. Nach dem Einschwenken müssen die Hauptträgerenden etwas gehoben werden (z. B. mittels exzentrischer Scheiben oder Keile), damit das Brückengleis in die Höhe des Landgleises kommt. Die Querstangen $e e_1$ laufen parallel zu einer durch die Mitte der beiden Drehachsen gezogenen Linie und verschieben sich beim Öffnen der Brücke parallelogrammartig. Die Wendesäulen bestehen vielfach aus vier Winkelleisen, die das senkrechte Trägerblech zwischen sich fassen; sie werden von eisernen, mit dem Mauerwerke verankerten Halsbändern r umfaßt und sitzen in Spurzapfen. Die Bewegung der Kranbrücke geschieht in einfachster Weise mit Hilfe einer gewöhnlichen Bockwinde mit Kette und Schubstange oder (wie in Abb. 21) aus einem Zahnstangensegmente y, in welches das Windewerk w eingreift (Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. II Abt. III, Leipzig 1888 S. 135 und Tafel V, Abb. 11 a und 11 b).

§ 61. Schiffbrücken (Pontonbrücken).

Mittels Schiffbrücken werden hauptsächlich Straßen, seltener Eisenbahnen über ein Gewässer geführt. Schiffbrücken lassen sich schneller und billiger als feste Brücken herstellen, sind aber teuer in der Unterhaltung und besitzen den weiteren Nachteil, daß der Verkehr auf ihnen während des Eisganges ganz unterbrochen werden muß.

Die Zwischenstützen der Schiffbrücken bilden Schiffe (Brückenschiffe, Brahme, Pontons), mitunter auch Flöße oder vollständig geschlossene Schwimmtonnen aus 4 bis 6 mm starkem Eisenblech. Die Brückenschiffe wurden früher stets aus Holz hergestellt, während jetzt eiserne Schiffe wegen ihrer Feuerfestigkeit, ihrer längeren Haltbarkeit und größeren Festigkeit vorgezogen werden.

Die hölzernen Brückenschiffe werden entweder mit ganz ebenem oder besser, weil dadurch ein größerer Aufstau des Wassers vor den Schiffen vermieden wird, mit vorn und hinten aufgebogenem Boden aus einfacher oder doppelter Bohlenlage und mit senkrechten oder der größeren Stabilität wegen etwas nach außen geneigten Seitenborden hergestellt (Abb. 24 und 25 auf Tafel XX). Die eisernen Brückenschiffe sind vollständig geschlossene, durch Querwände in wasserdichte Abteilungen zerlegte Hohlkörper aus etwa 4 mm starkem Eisenblech in einer zur Teilung des Wassers und zur Sicherung der Stabilität geeigneten Form. Jede einzelne Abteilung ist mittels eines gut abdichtenden Mannloches zugänglich zu machen. Bei der Pontonbrücke über den Dünamstrom bei Riga sind die ovalen Brückenschiffe gegen beide Enden hin zugespitzt und gehen schließlich in eine scharfe Spitze aus; sie sind durch sie kreuzende Ketten verankert, um sie möglichst widerstandsfähig gegen Treibeis zu machen und sie als Eisbrecher benutzen zu können (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1895 S. 39).

Je nach der Stärke der Verkehrslast wählt man die Länge der Brückenschiffe meistens bis zur 2- bis $2\frac{1}{2}$ fachen Bahnbreite, bzw. bis zur 5- bis 6 fachen Schiffsbreite und ihre Höhe zu 1,25 bis 1,50 m; letztere kann bei eisernen Schiffen geringer bemessen werden als bei hölzernen. Die Eintauchtiefe soll bei der zu erwartenden stärksten Verkehrslast nicht mehr als etwa 0,6 m betragen. Hiernach sind Zahl und Größe der Schiffe zu bestimmen.

Gewöhnlich werden je zwei oder drei Brückenschiffe zu einem Joch (Brückenglied) fest verbunden und gegen Fortführung durch die Strömung mit Hilfe von in der Regel zweiarmigen und mit den Schiffen durch Ketten oder Taue verbundenen, stromaufwärts in den Fluß geworfenen Ankern (Stromanker) und bei größeren Flüssen auch gegen Treiben durch von unten kommende starke Winde bei geringer Wassergeschwindigkeit mit Hilfe von stromabwärts ausgeworfenen Ankern (Windanker) gesichert. Gewöhnlich erhalten die

zweischiffigen Joche nur einen, die dreischiffigen aber zwei Stromanker.

Bei Straßenschiffbrücken besteht der Überbau aus einzelnen Streckbalken in Abständen von 0,7 bis 0,9 m von Mitte zu Mitte, die einen einfachen oder doppelten, durch Saumschwellen begrenzten Bohlenbelag tragen (Abb. 24 u. 25, Straßen- und Eisenbahnschiffbrücke bei Maxau, aus „Handbuch der Ingenieurwissenschaften“ Bd. II Abt. III, Tafel VII Abb. 5). Bei Eisenbahnschiffbrücken hat man die die Fahrstienen unmittelbar tragenden Längsträger aus zwei übereinanderliegenden, meist quadratischen Balken oder auch aus Blechträgern gebildet. Bei neueren Schiffbrücken sind die einzelnen Joche vielfach in einem größeren Abstände voneinander angeordnet und dann für den Überbau eiserne Fachwerkträger gewählt worden.

Die Fahrbahn ist durch die Schiffe so zu unterstützen, daß der Druck möglichst zentral auf die Schiffe übertragen wird, und nicht etwa einseitig auf einen Schiffsbord wirkt. Bei zweischiffigen Jochen müssen daher die Streckbalken über beide Schiffe reichen und mit diesen fest verbunden werden, und bei dreischiffigen Jochen sind sie über dem Mittelschiff mit ihren Enden nebeneinander im Wechsel zu legen (Abb. 25 auf Tafel XX).

Am Zusammenstoß zweier Joche ist zwischen ihnen eine, besonders bei den Durchlaßjochen, schnell zu öffnende und zu schließende, jedoch, um bei ungleicher Belastung der Joche auf diese einen Druck übertragen zu können, feste, steife und elastische Verbindung herzustellen. Bei der in Abb. 23 auf Tafel XX dargestellten Konstruktion (Schiffbrücke über den Stößensee bei Spandau) besteht die Längsverbinding aus einem einfachen Keilverschluß, bei den Straßenträgern der Maxauer Brücke (Abb. 26 u. 27) aus 3 m langen, einen Teil der Saumschwellen bildenden Überlegbalken B (Rüddelbalken), die in vier eisernen Bügeln (Rüddelbändern) mittels Druckschrauben r niedergepreßt werden; außerdem sind hier die Mitteljoche noch durch vier Spannketten zusammengekuppelt. Die Anordnung bei den Eisenbahnträgern ist die gleiche, nur

werden die eisernen Bügel mit Keilen festgehalten. Das auf den Köddelbalken liegende Schienenstück ist mit den angrenzenden Schienen durch Laschen verbunden, deren Schrauben bei Aufhebung der Brückenjochverbindung zu lösen sind. Die Kupplung der Durchlaßjochs mit den Mitteljochen erfolgt bei dieser Schiffbrücke außer durch vier Spannfetten bei den Straßenträgern noch durch Druckhebel *t* (Abb. 28), die durch Bänder und Keile *p* gehalten werden, und bei den Eisenbahnträgern noch durch starke Vorsteckeriegel *R* (Abb. 29), weiter durch kräftige gelenkartige, sich in seitwärts angeordnete, **U**-eiserne Verstärkungsbacken der Längsschwellen einlegende und durch Vorsteckeile *x* gehaltene Schmiedeeisenlaschen *L* und endlich durch drei kleine Splintbolzen an den 3 m langen Gleisstück, welche die Schienen mit den an den Längsschwellen festgeschraubten Winkelleisen *s* verbinden (Handbuch der Ingenieurwissenschaften Bd. II Abt. III, S. 144 und 145, Abb. 115 und 116).

Zum Durchlassen der Schiffe werden ein oder mehrere Brückenglieder ausfahrbar eingerichtet. Die Durchlaßöffnung ist bei Flußschiffen zu etwa 12 m, bei Dampfschiffen aber mindestens zu 14 m anzunehmen. Das Öffnen und Schließen der Brücke bereitet keine Schwierigkeiten: nach Lösung der Längsverbinding mit den benachbarten Jochen läßt man das auszufahrende Joch durch Abwicklung der Ankerketten von der Strömung abwärts treiben und lenkt es dabei mittels des Steuerruders so weit zur Seite, daß die Durchfahrtsöffnung völlig frei wird; beim Zurückfahren windet man die Ankerketten wieder auf. Die Winde wird bei kleineren Brücken durch Menschen, bei größeren mittels Maschinen gedreht.

Die Uferrampen, welche die Schiffbrücke mit dem Lande verbinden und daher am Ufer und auf dem ihm zunächst liegenden Brückengliede ruhen, sind so lang zu wählen, daß ihre Neigung beim höchsten und beim niedrigsten Wasserstande für Straßenbrücken nicht mehr als etwa 1 : 15 und bei Eisenbahnbrücken nicht mehr als etwa 1 : 30 beträgt, auch sind sie

drehbar (zum Heben und Senken) einzurichten. Die Drehachse wird meistens am Ufer angeordnet.

Die Uferrampen bestehen aus Längsbalken, die mit einem Bohlenbelage überdeckt und in entsprechenden Abständen auf hölzerne oder eiserne Unterzüge gelagert werden, die an Bockgerüsten an Schraubenspindeln hängen oder auf starken Durchsteckbolzen ruhen. Die Höhenlage der Rampen wird durch Hebevorrichtungen (z. B. durch einfache Zugwinden) geregelt. Auf dem ersten Brückenjoch vom Lande wird die Rampe mit Röddebalken *B* fest verschraubt, die ein Gelenk (*m*) erhalten (Abb. 30 auf Tafel XX). Bei der Maxauer Eisenbahnschiffbrücke sind die das Geleis tragenden Doppelbalken am ersten Land- und am ersten Schiffsbocke gestoßen und die Stöße mit Federn ausgestattet, durch deren Vermittelung der Druck auf die an Lotrechten Schraubenspindeln hängenden eisernen Unterzüge *c* (Abb. 31) übertragen wird.

Sachregister.

Die Ziffern bezeichnen die Seitenzahlen.

- Abdeckung der Gewölbe 83. 226
Abdichtung der Kanalbrücken 262
Abführung des Tagewassers 390
Aquädukte 257
Armierter Träger bei Holzbrücken 315
Ausfugen 195
Ausführung der Gewölbe 173
AusrüstungsVorrichtungen 217
- Bausteingewölbe 174
Balkenbrücken, einfache hölzerne 308
— mit verstärkten Holzträgern 312
— — zusammengesetzten Holzträgern 316
— eiserne, mit vollwandigen Trägern 350
Balkendurchlässe 77
Belageisen 385. 389
Belastung des Baugrundes, zulässige 106
Betongelenkbrücken 180
Betongewölbe auf Eisenbrücken 388
— ohne Eiseneinlage und ohne Gelenke 179
— mit Eiseneinlage 184
Betongründung 127
Betonpfeilerrost 119
Betonröhrendurchlaß 51
Betonerschüttung 116
Bewegliche Brücken 419
- Blechgewölbe 380
Blechkonsolen für Fußwege 368
Blechtafeln zur Brückeneindeckung 376
Blechträger 355
Blindes Widerlager 152
Bogenschrauben zur Ausrüstung von Gewölben 220
Bohlenbelag, einfacher 295. 373. 395
— doppelter 296. 373. 402. 406
— mit Beschotterung 298. 374
Bordstein 390
Böschungsfügel 72
Breite der Brückenbahn 26
Bruchsteingewölbe 177
Brückenauge 225
Brückenbahn bei Holzbrücken 295
— — Steinbrücken 242
Brückendecke 295
Brückenkopf 266
Brückentafel 295
Brunnengründung 127
Brunnenkranz 131
Brunnenfchling 131
Brüstungen auf Steinbrücken 239
- Dauer der Brücken 39
— — Hölzer 269. 374
Deckplattenstärke 67
Dilatationsvorrichtung 399
Dohlen 43
Doppeldurchlaß 70. 100

- Drainröhrendurchlaß 46
 Drehbrücken 426
 Dücker 43
 Durchfahrthöhe 20
 Durchflußprofil 7
 Durchlaßachse 44
 Durchlässe 43
 Durchlaßsohle 45

E
 Eisbrecher 280
 Eisengewicht der Blechträgerbrücken 37
 Eisene Balkenbrücken mit vollwandigen Trägern 350
 Eispfahl 280
 Eispfahlcappe 280
 Endpfeiler 141. 151. 277. 401
 Entwässerung der Brückengewölbe 228
 Endwiderlager bei Holzbrücken 292
 Erdbogen 79. 115
 Etagenbrücken 252

F
 Fachwerkbrücken 341
 Fachwerkconsolen für Fußwege 369
 Fachwerkpfeiler 288
 Fahrbahnanschlüsse an massive Widerlager 401
 Fahrbahnbedeckung der eisernen Eisenbahnbrücken 391
 — — — Straßenbrücken 372
 Fahrbahngerippe bei eisernen Balkenbrücken 362
 Fahrbahnplatte der eisernen Eisenbahnbrücken 391
 — — — Straßenbrücken 372
 Fallkessel 64. 73
 Fangdamm 109
 Flachbogengewölbe 164
 Flächenlager 410
 Flachwalzenlager 416
 Flügelabdeckung 96
 Flußeiserner Röhrendurchlaß 62
 Formänderungen der Gewölbe 187
 Formeisen 385

F
 Fugenschnitt, englischer 205
 — französischer 205
 Fundament der gewölbten Durchlässe 101
 — — Plattendurchlässe 65. 73
 Fußwege auf Eisenbrücken 389
 — — Holzbrücken 303
 — — Steinbrücken 245
 Fußwegtafel auf Eisenbrücken 389

G
 Gefriergründung 139
 Gegliedertes Widerlager 157
 Geländer, eiserne 241. 406
 — hölzerne 304
 Gelenkbrücken 190
 Geschosjoche 287
 Gewölbe aus einzelnen getrennten Bogen 193
 — — gemischtem Mauerwerke 187
 Gewölbeform bei Durchlässen 81
 — — Steinbrücken 164
 Gewölbe mit unterbrückten oder verlorenen Widerlagern 89
 Gewölbestärke bei Steinbrücken 166
 Gewölbte Durchlässe 79
 Gleitsflächenlager 411
 Gleitpfeiler 413
 Grundablaß bei Kanalbrücken 265
 Grundbogen 115
 Grundjoch 285
 Gründungen der Brücken 106
 Gruppenpfeiler 141. 142. 255
 Gurtwinkel 356
 Gußeiserne Muffenrohre 60
 — Platten für Brückentafeln 375. 404
 — Röhrenpfeiler 125
 Gußeiserner Röhrendurchlaß 60

H
 Halenstein 96
 Halbelliptisches Gewölbe 165
 Halbkreisgewölbe 164
 Hängeblech 380

Hängesprengwerksbrücken 339
 Hängewerksbrücken 325
 Häupter der gewölbten Durchlässe
 102
 Hauptträger eiserner Balkenbrücken
 351
 Herdmauern 66
 Hintermauerung der Gewölbe 83.
 222
 Höhenlage der Kämpfer 170
 Holzene Brücken 268
 — Pfähle für Gründungen 122
 Holzerner Röhrendurchlaß 62
 Holzpflaster auf Holzbrücken 299
 — — Eisenbrücken 374
 Subbrücken 421

Joche, aufgesetzte 285
 — durchgehende 277
 Jochpfähle 278

Kämpfer 170. 195
 Kanalbrücken 259
 Kappengewölbe auf Eisenbrücken
 387
 Kastadendurchlaß 74
 Kastensfangdamm 110
 Keildübel 319
 Keile bei Lehrgerüsten 217
 Kiesbede auf eisernen Eisenbahn-
 brücken 399. 406
 Kipplager 412
 Kippwalzenlager 413
 Klappbrücken 422
 Klotzholzbrücken 324
 Knotenstein 96
 Knüppelbrücken 274
 Kosten der Brücken 34
 Kosten gewölbter Durchlässe 45
 Kranbrücken 429
 Kranzhölzer 209
 Kreissegmentbogengewölbe 164
 Kuhhorn 171

Lagerkonstruktionen 409
 Landpfeiler 141. 143
 Längengefälle der Brückenbahn
 31
 Längschwellerobebau auf hölzer-
 nen Eisenbahnbrücken 302
 — — eisernen Eisenbahnbrücken
 396. 398. 402. 405
 Längsdübel 319
 Lehrgerüste 207
 Leinpfad auf Kanalbrücken 262
 Leiterbrücken 276
 Lichthöhe der Brücken 17
 Lichtweite der Brücken 17

Minenkammer 266
 Mittelpfeiler von Holzbrücken 277.
 290
 — — Steinbrücken 141
 Mittel zur Vermeidung schädlicher
 Formänderungen der Gewölbe
 187
 Moniergewölbe 184
 Monierplatten 69
 Mörtel für Steinbrücken 173

Natürliches Widerlager 152
 Nietdurchmesser 356
 Nietteilung 356

Oberjoch 285
 Ochsenauge 225
 Offene Durchlässe 76

Parabolisches Gewölbe 85. 165
 Parallelflügel 71. 92. 157
 Pendellager 416
 Pfahlrostgründung 121
 Pfeileraufsatz 145
 Pfeilerkopf 145
 Pfeilermauerwerk 147
 Pfeiler mit Hohlräumen 150.
 254

- Plattendurchlässe 65
 Pontonbrücken 430
 Portalbrücken 423
 Pressluftgründung 137
 Quadergewölbe 175
 Queraussteifung eiserner Brücken 370
 Querdübel 319. 321
 Quergefälle der Brückenbahn 33
 Querschwellenoberbau auf hölzernen Eisenbahnbrücken 300
 — — eisernen Eisenbahnbrücken 391. 401. 405
 Querträger eiserner Brücken 366. 392. 396
 Rampenkanäle 43. 78
 Röhrendurchlässe 47
 Rollbrücken 420
 Rollenlager 415
 Sandschüttung-Gründung 121
 Sandtöpfe 218
 Sattelholzbrücken 313
 Schablone für Stampfbetondurchlässe 58
 Schalbretter auf Lehrgerüsten 207
 Schalholzer auf Lehrgerüsten 208
 Schiebebrücken 420
 Schiefe Brücken 5
 — Gewölbe 197
 Schiefer Anschluß eiserner Träger 368
 Schienenauszug 399
 Schienendurchlaß 76
 Schiffbrücken 430
 Schlammfang bei Durchlässen 64
 Schmiedeeiserne Schraubenpfähle für Gründungen 125
 Schotterdecke auf eisernen Eisenbahnbrücken 399. 406
 Schwellenträger auf eisernen Eisenbahnbrücken 393
 Schwellrostgründung 119
 Senkbrunnen, eiserne 135
 — gemauerte 128
 — hölzerne 136
 Sechsschrauben zur Anstiftung von Gewölben 220
 Sicherheitschwelken auf Eisenbahnbrücken 302
 Sohlengewölbe 79
 Spandillräume 182. 223
 Sprengwerksbrücken 332
 Spundwand 111
 Spurweite der Gleise 17
 Stampfbetondurchlaß 57
 Stampfbetonröhren 51
 Standpfeiler 141
 Stauhöhe 15
 Steinbrücken 141
 Steinbrüstungen 239
 Steinpflasterung auf Eisenbrücken 375
 Steinplattenbelag auf Brücken 376
 Stelzenlager 416
 Stichbogengewölbe 164
 Stirnflügel 71
 Sturmmauer gewölbter Durchlässe 90
 — von Kanalbrücken 260
 — — Steinbrücken 237
 Stockwerksbrücken 252
 Straßenrinnen auf Brücken 391
 Strebentonsolen für Fußwege 368
 Strompfeiler 141. 143
 Stützswand 110
 Talbrücken 251
 Tangentialkipplager 413
 Tangentiallager 410
 Tonnenblech 380
 Tonröhrendurchlaß 47
 Trägerwellblech 382
 Tragpfeiler 141. 142.
 Trapezeisen 385
 Trockengründung 114
 Trogblech 377

- Übermauerung der Brückenge-
 wölbe 222
 Überschüttung der Brückengewölbe
 226
 Uferpfeiler 141
 Umgrenzung des lichten Raumes
 17
 Umschließung der Baugrube 109
 Umwölbte Durchlässe 89
 Unterhaltungskosten von Brücken
 39
- Verdübelte Balken 319
 Verklammerte Balken 317
 Verkleidetes Widerlager 152
 Verlorenes Widerlager 152
 Verzahnte Balken 317
 Viadukte 251
 Vorkopf der Strompfeiler 143
- Wahl des Brückenbaustoffes 34
 Walzenlager 415
 Wangenmauern von Plattendurch-
 lässen 66. 73
 Wasserleitungsbrücken 257
- Wegeüberführungen 248
 Wegeunterführungen 249
 Wellblech 382. 389
 Widerlager gewölbter Durchlässe
 79
 — hölzerner Brücken 292
 — massiver Brücken 141. 151
 — mit Strebepfeilern 81
 Windverband bei eisernen Brücken
 371
 Winkelflügel 72. 93. 159
- Zahl der Brückenöffnungen 21
 Zahndübel 319. 321
 Zapfenkopplager 413
 Zementbetonplatten mit Eisenein-
 lage 69. 376
 Zementröhrendurchlaß 51
 Zorseisen 385
 Zugbrücken 422
 Zwillingsträger 361
 Zwischenlängsträger 363. 397
 Zwischenpfeiler bei Holzbrücken
 290
 — — Steinbrücken 141. 143.
 145.

Dükeranlagen

1) Röhrenförmiger Düker (nach Heinz) Abb 1-4

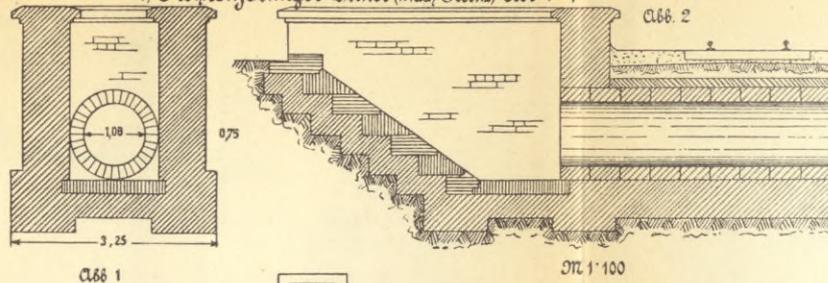
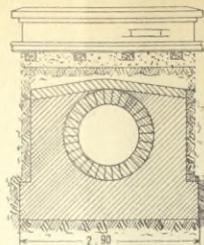


Abb. 3



3, Dükeranlage bei Riesenbeck am Dortmund-Emo-Kanal (Abb. 8-13)

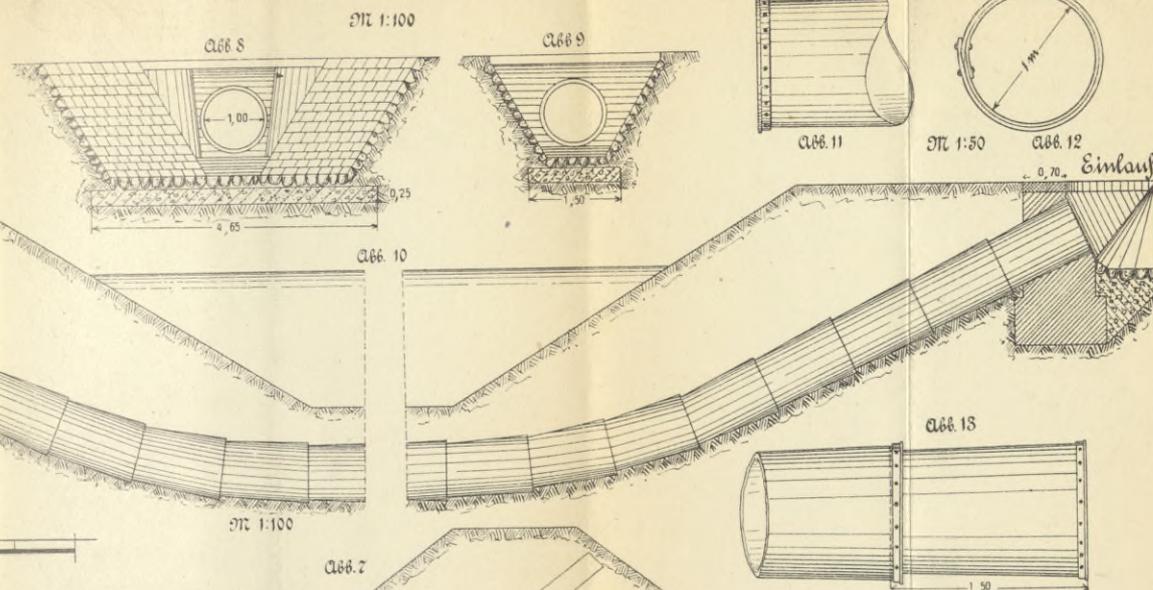
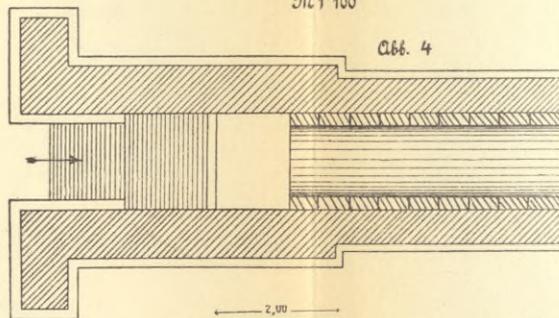
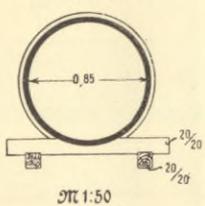
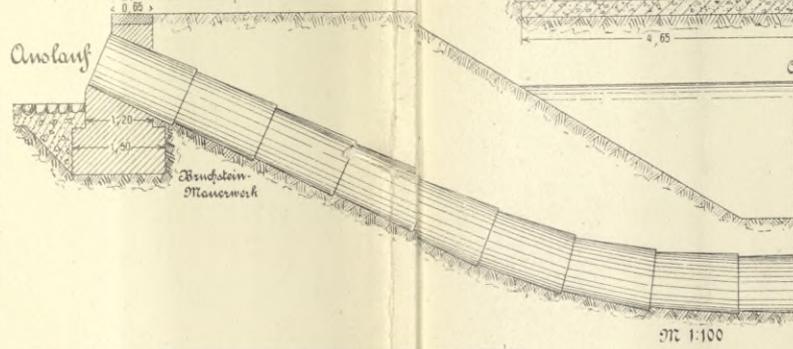


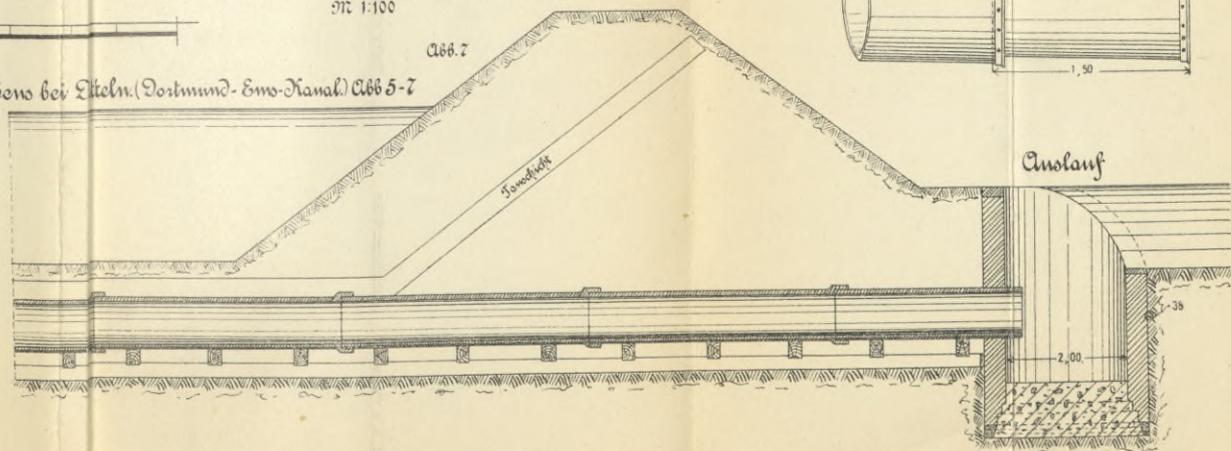
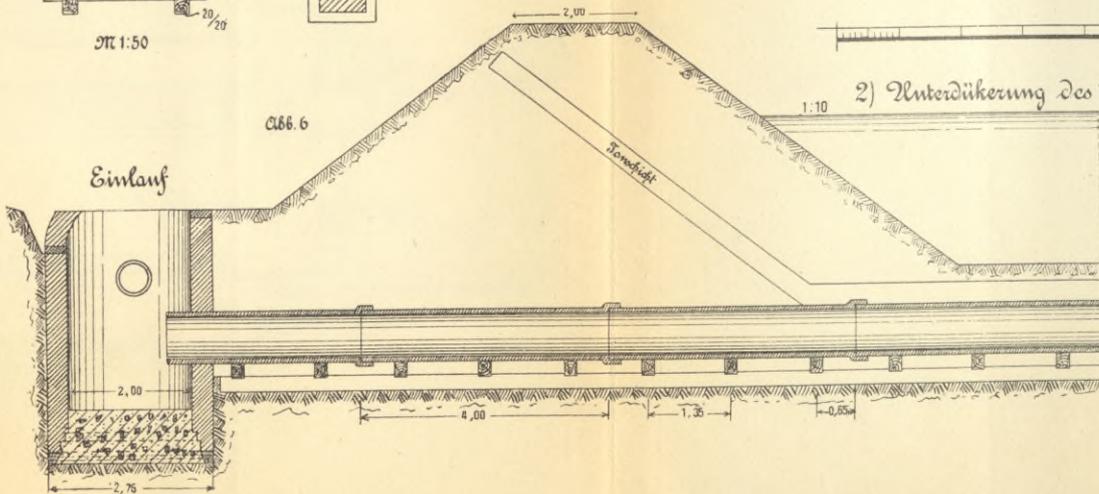
Abb. 5



Anlauf



2) Unterdükerung des Wallgrabens bei Eiteln (Dortmund-Emo-Kanal) Abb 5-7



Plattendurchlass mit angekragten Wangenmauern Abb. 1-5

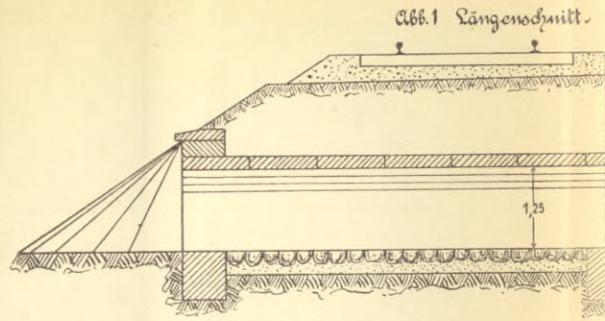


Abb. 2 Grundriss: Plan view of the slab passage showing the L-shaped profile of the side walls.

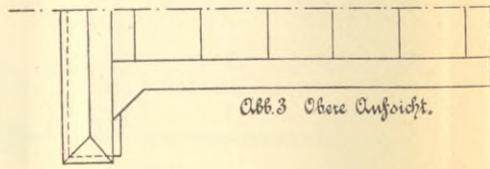


Abb. 3 Obere Ansicht.

Abb. 4 Schnitt: Section view of the side wall structure, showing a vertical dimension of 100.

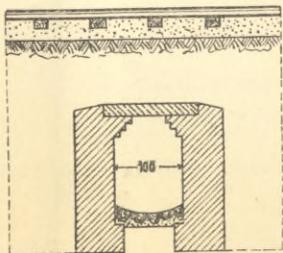
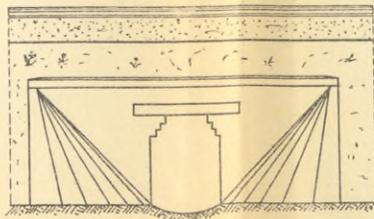
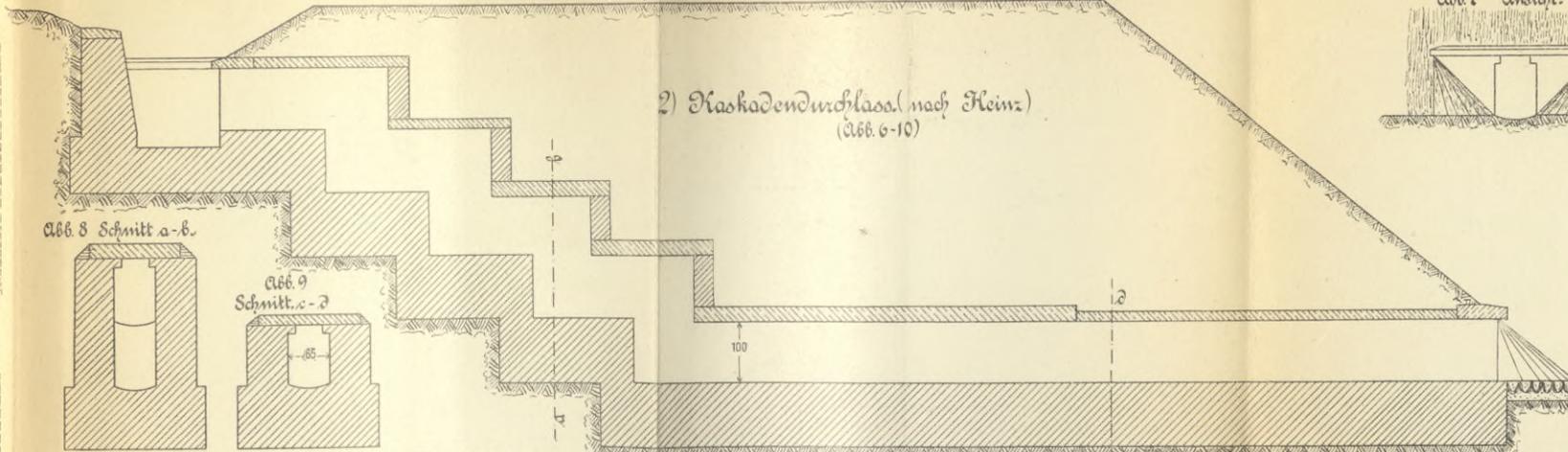


Abb. 5 Ansicht: Front view of the side wall structure, showing a sloped roof and a vertical dimension of 100.



Plattendurchlässe.

Abb. 6 Längenschnitt.



2) Kaskadendurchlass (nach Heinz) (Abb. 6-10)

Abb. 8 Schnitt a-b: Section view a-b of the cascade passage, showing a vertical dimension of 100.

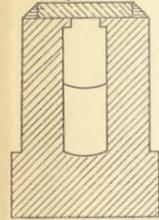


Abb. 9 Schnitt c-d: Section view c-d of the cascade passage, showing a vertical dimension of 65.

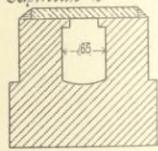


Abb. 10 Grundriss: Plan view of the cascade passage, showing the stepped profile and a vertical dimension of 100.

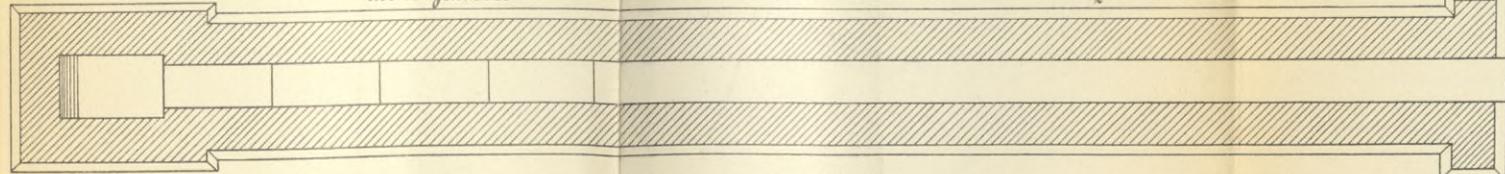


Abb. 7 Ansicht: Front view of the cascade passage, showing a vertical dimension of 100.

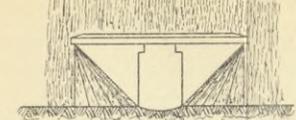
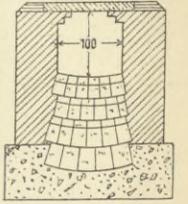


Abb. 12 Schnitt a-b: Section view a-b of the cascade passage, showing a vertical dimension of 100.



3) Kaskadendurchlass (Abb. 11-12)

Abb. 11 Längenschnitt: Longitudinal section of the third cascade passage, showing a vertical dimension of 200.

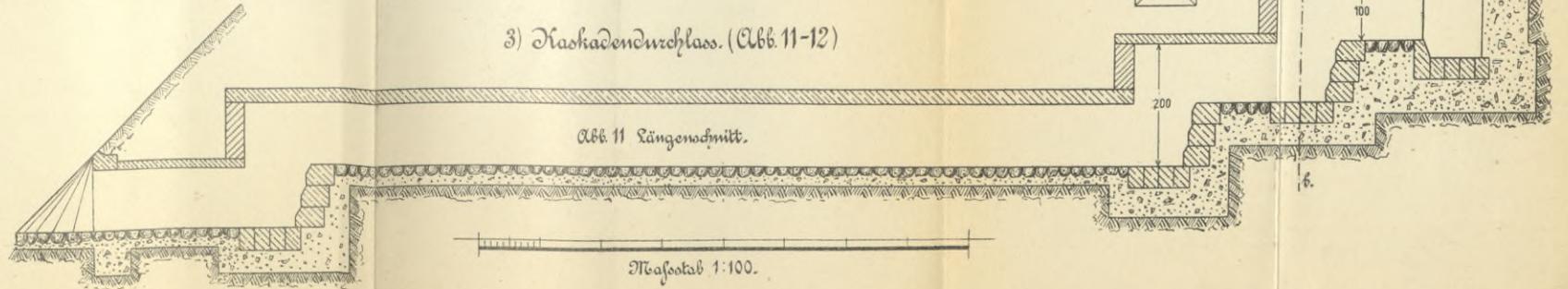
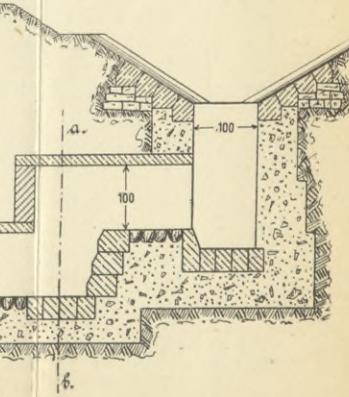
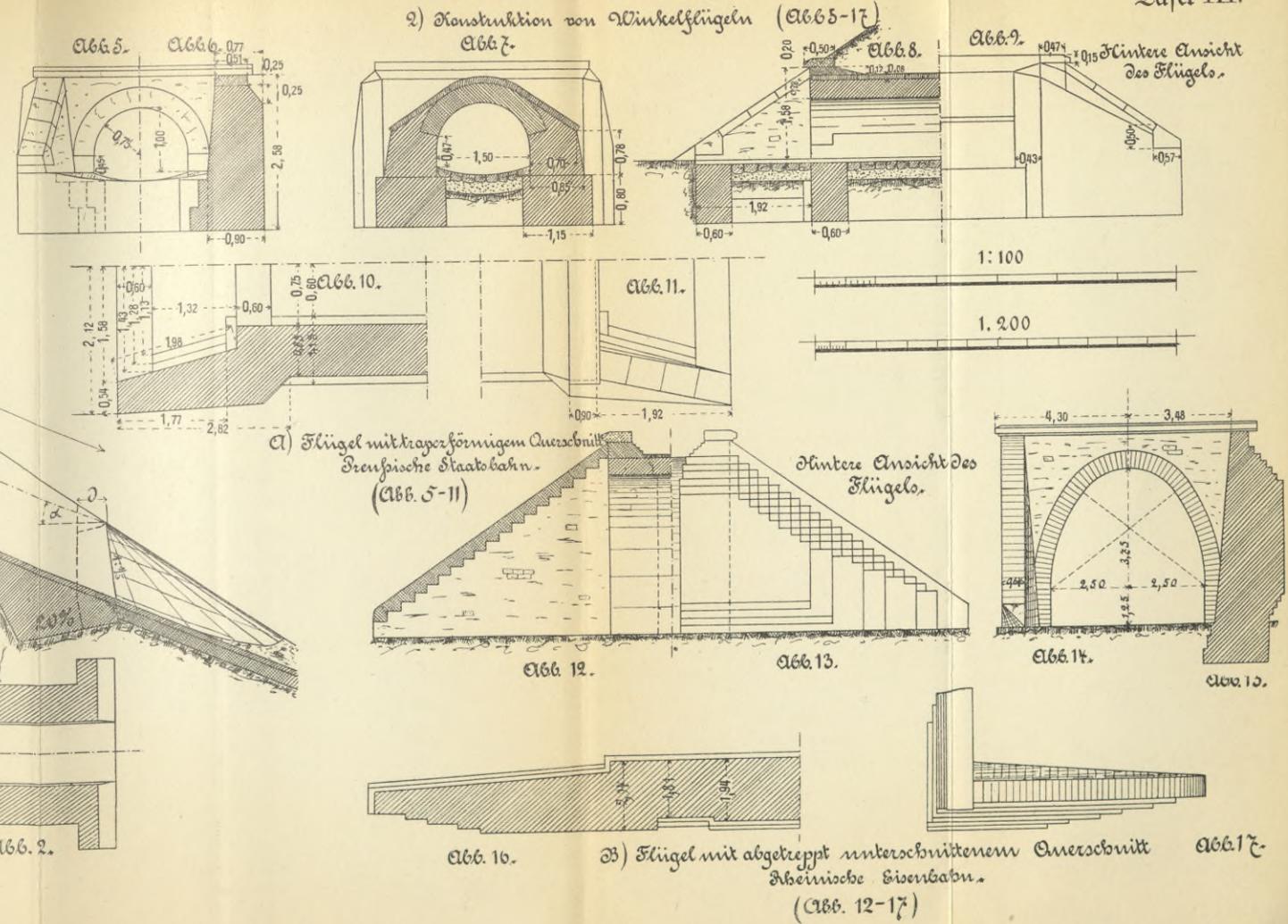
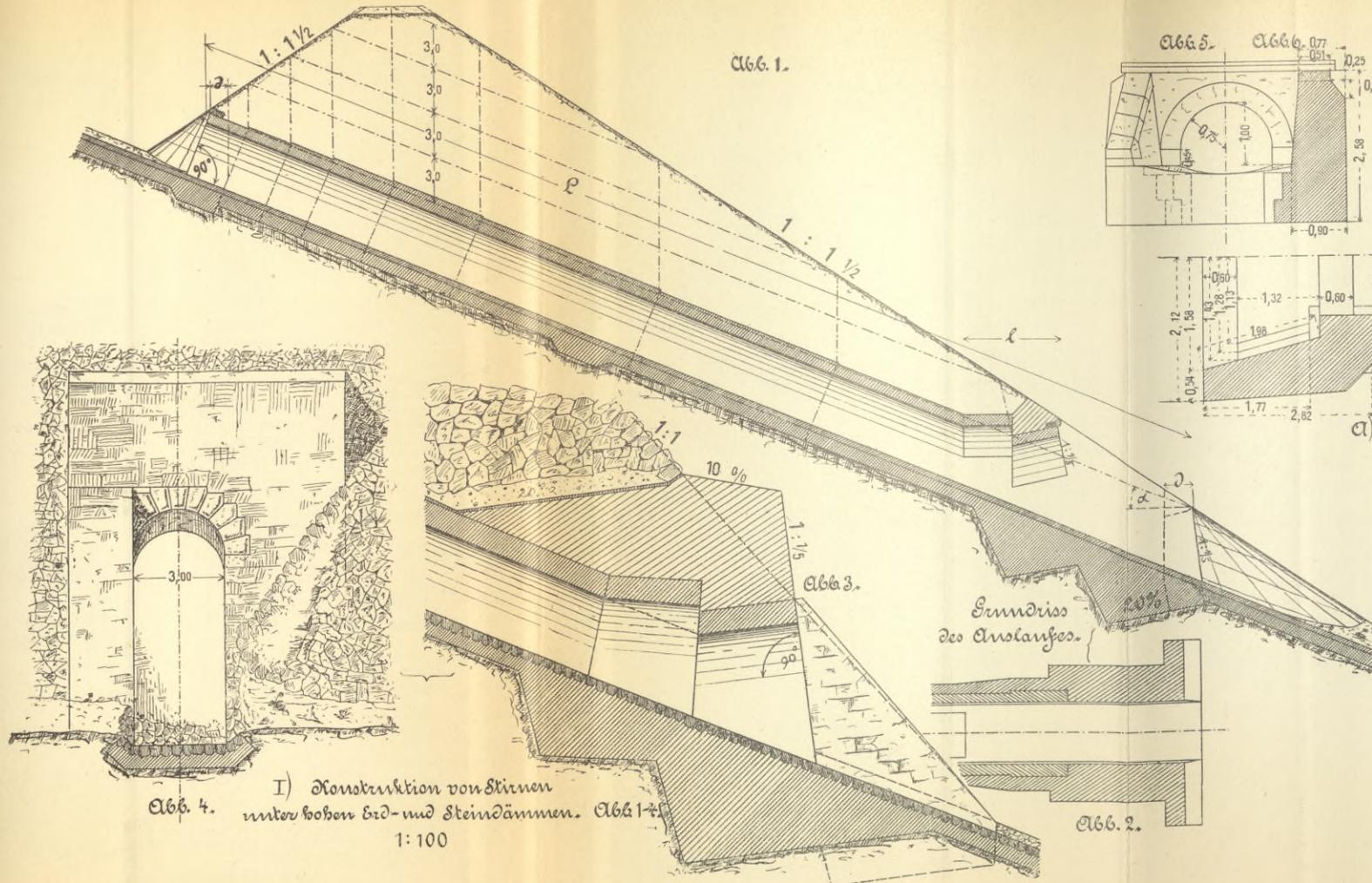


Abb. 13 Schnitt a-b: Section view a-b of the third cascade passage, showing a vertical dimension of 100.





Konstruktion von Winkelflügeln (Böschungswinkel)

Abb. 1-7 Schräger Flügel mit geböschter Vorderfläche

Abb. 1 Vorderansicht (Anriss)

Abb. 4 Seitenansicht

Abb. 5 Stirndeckquader A.

Abb. 2 Stirndeckquader A.

Abb. 8 Vorderansicht (Anriss)

Abb. 9 Seitenansicht

Abb. 8-12 Schräger Flügel mit lotrechter Vorderfläche

Abb. 2 Grundriss (Horizontalprojektion)

Abb. 3 Wahre Größe

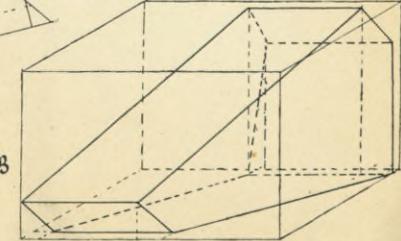
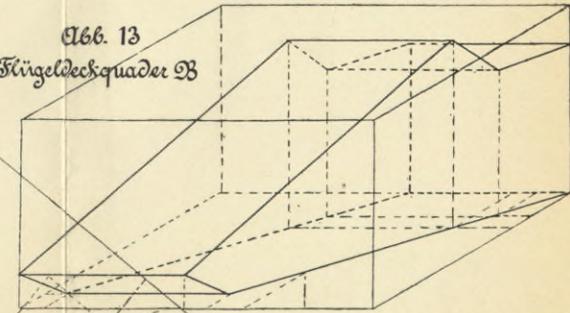
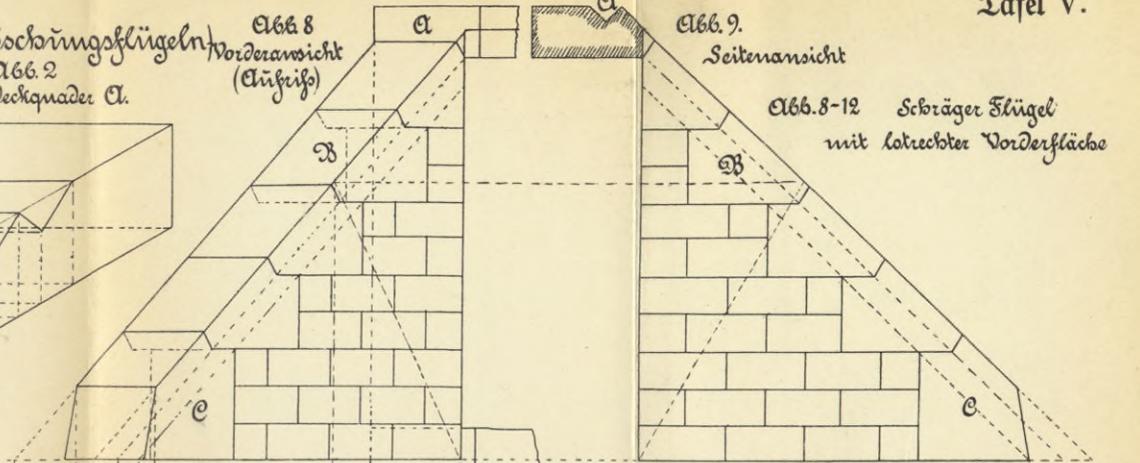
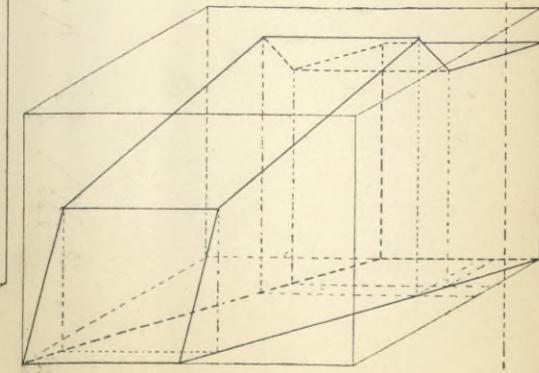
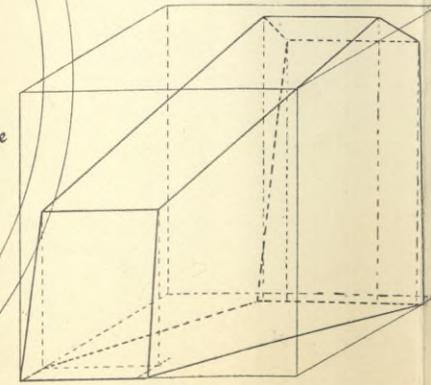
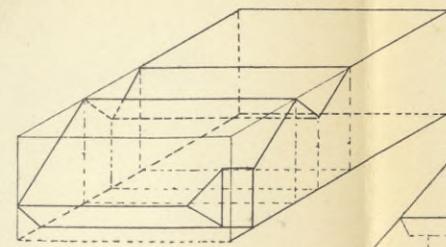
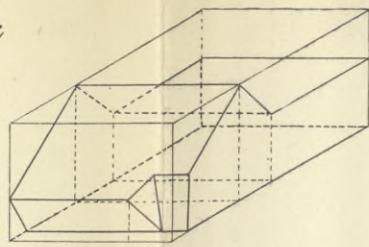
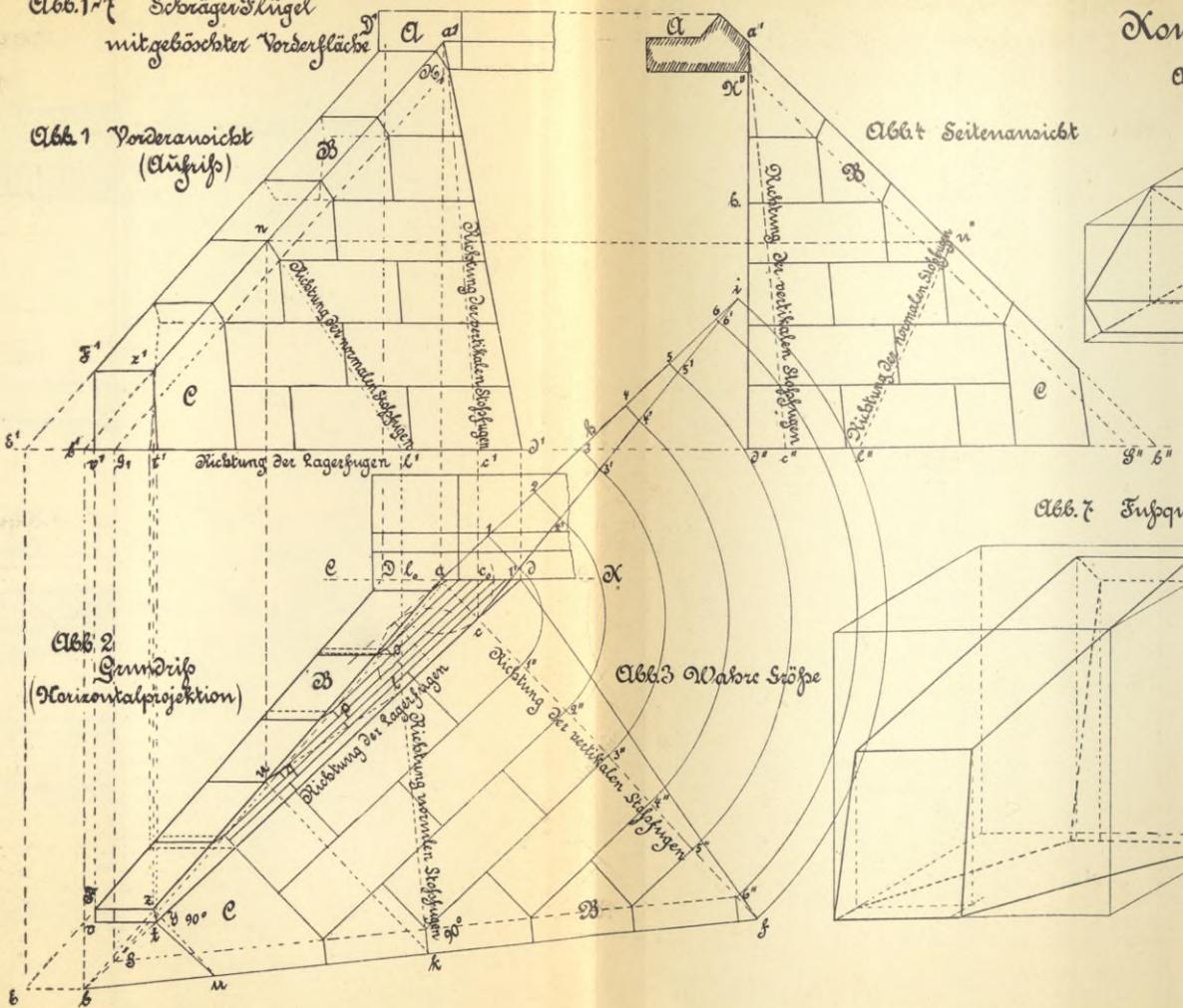
Abb. 7 Fußquader C

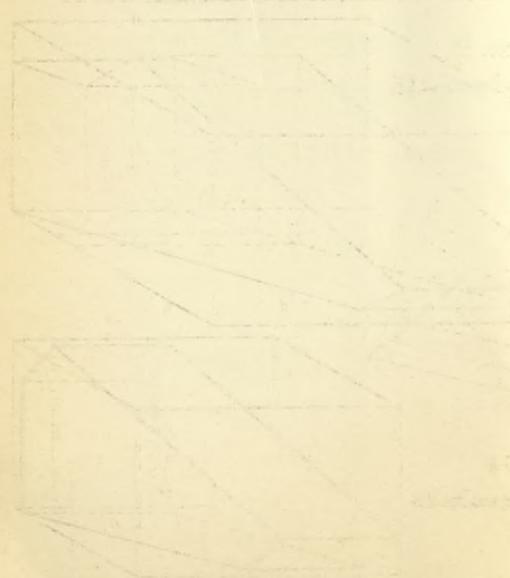
Abb. 11 Fußquader C

Abb. 13 Flügeldeckquader B

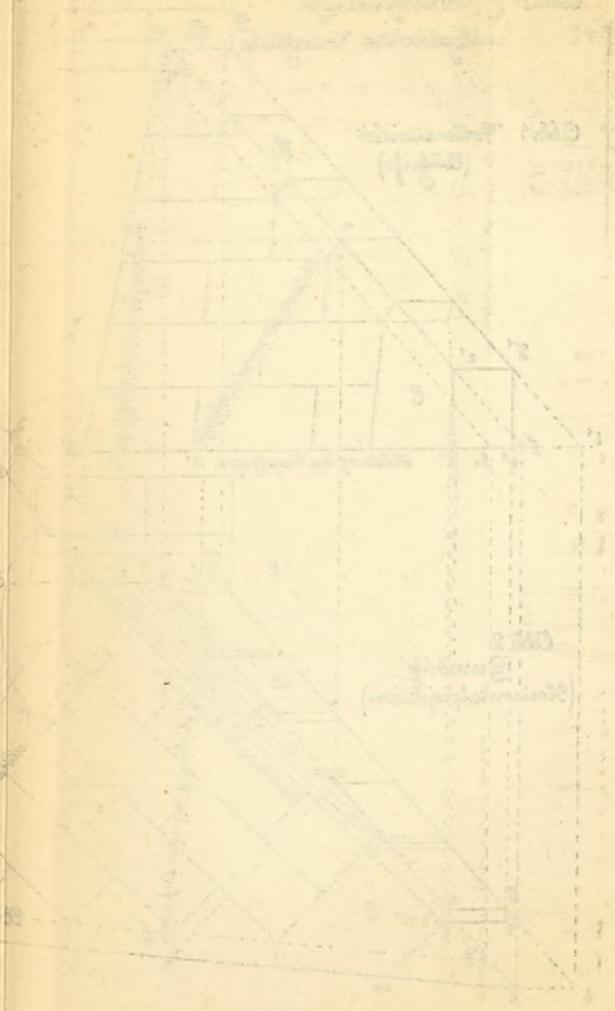
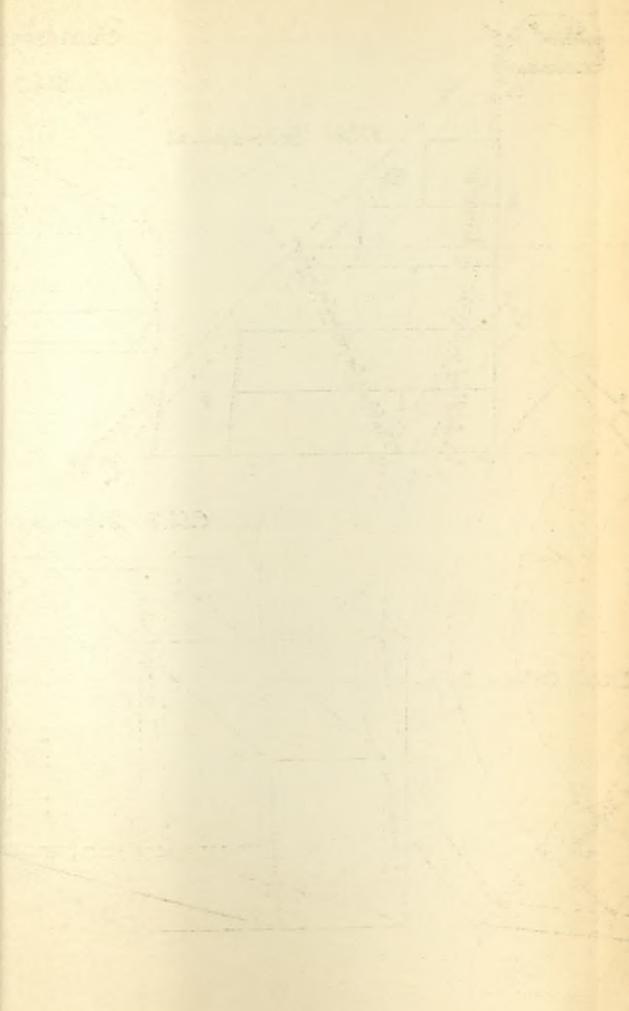
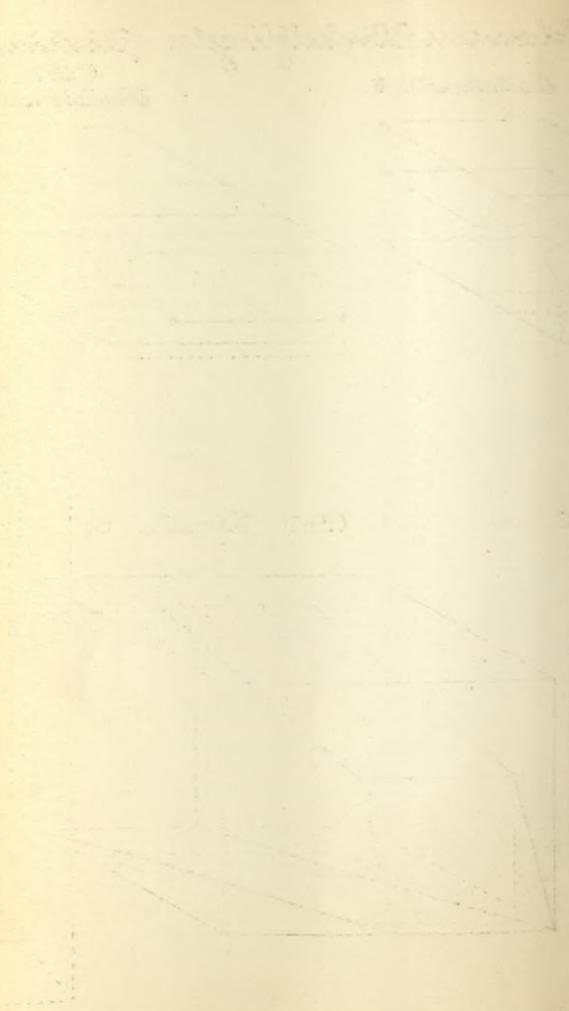
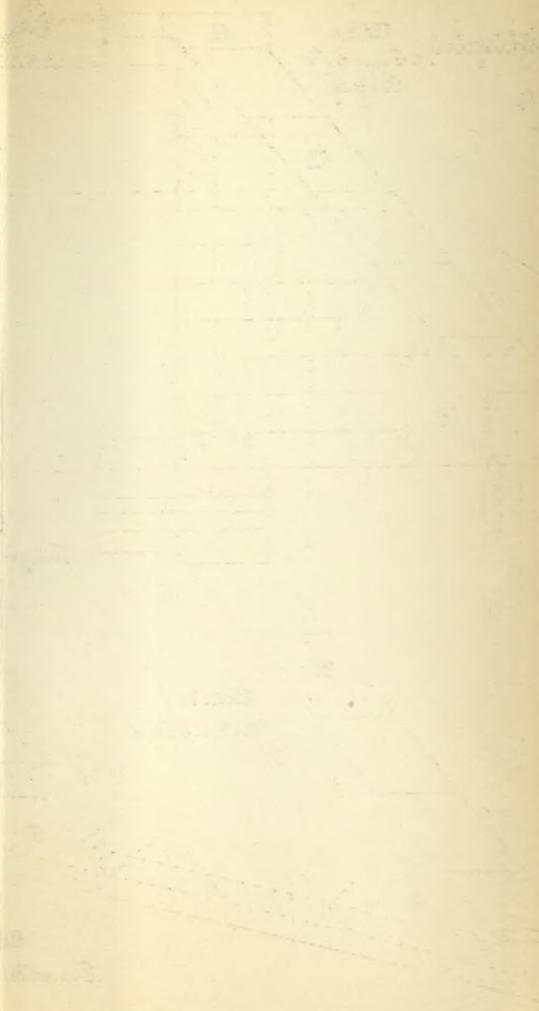
Abb. 10 Wahre Größe

Abb. 6 Flügeldeckquader B



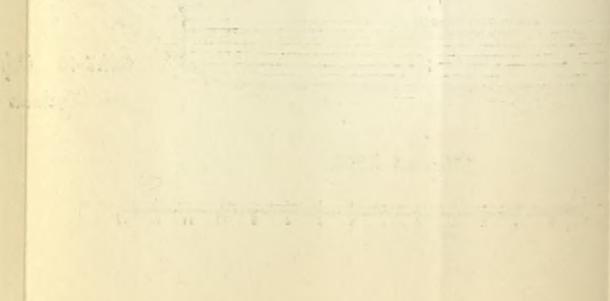
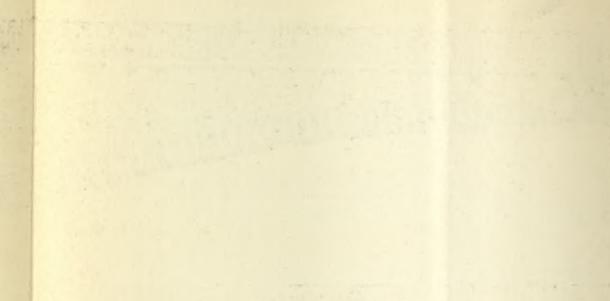


Technical drawing of a rectangular object with a slanted top surface.





Faint text at the bottom left of the page.



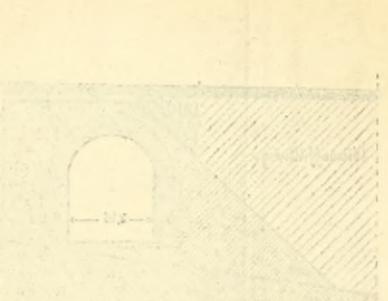
Faint text at the bottom left of the second page.



Faint text at the bottom left of the third page.



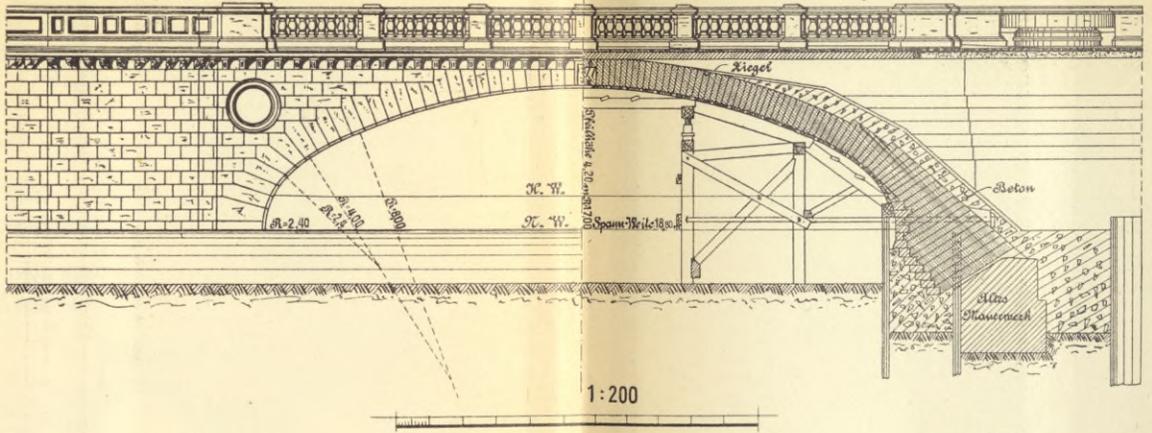
Faint text at the bottom left of the fourth page.



Faint text at the bottom left of the fifth page.

A, Bellealliance-Brücke zu Berlin (Abb. 1-3).

Abb. 2. Längenschnitt.



B, Eisenbahnbrücke über die Adda bei Morbegno in Italien (Abb. 4-10).

Abb. 5. Ansicht.

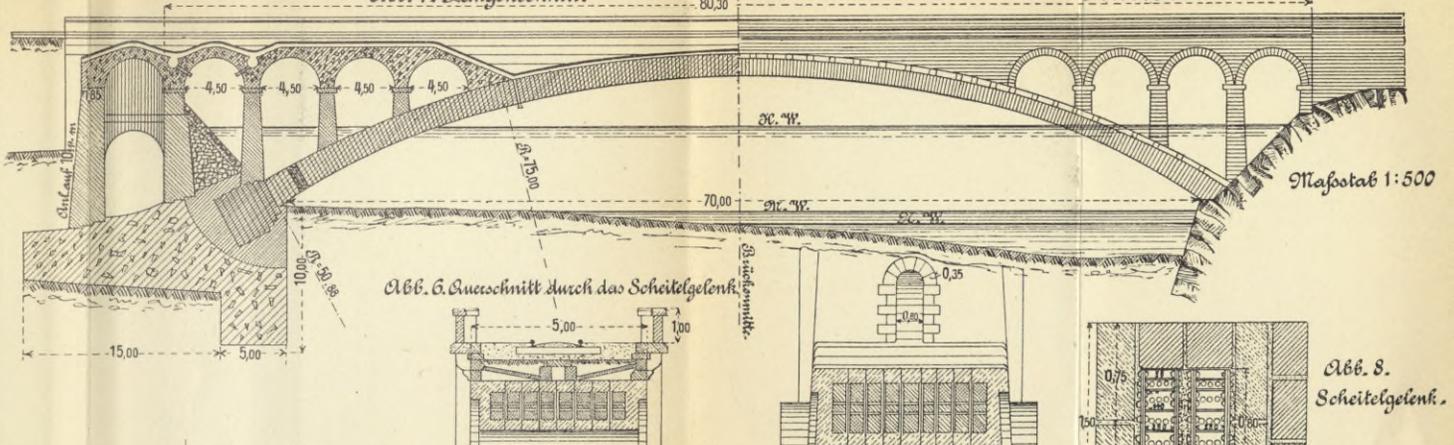


Abb. 3 Querschnitt.

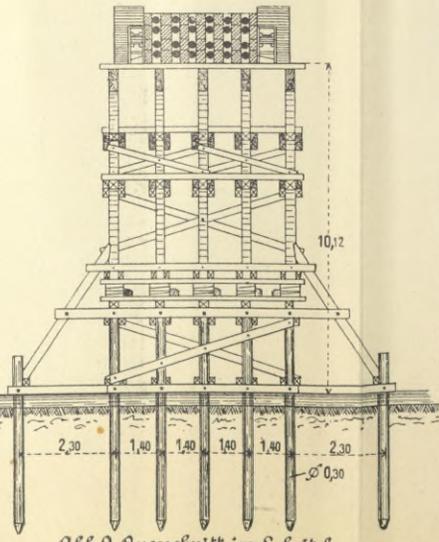
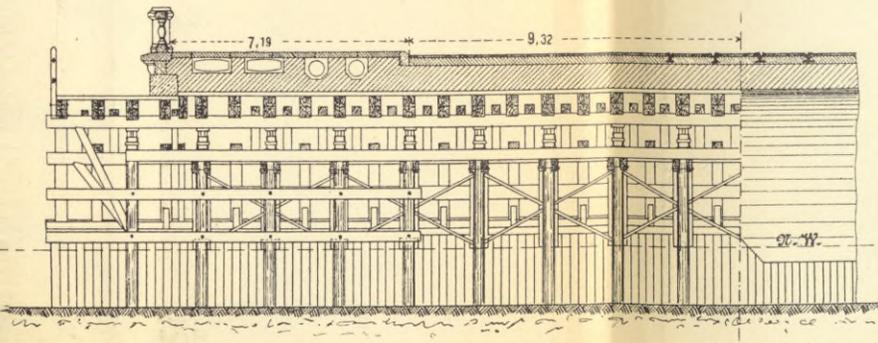


Abb. 9. Querschnitt im Scheitel.

Abb. 6. Querschnitt durch das Scheitelgelenk.

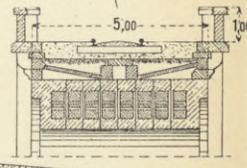


Abb. 7. Querschnitt durch das Kämpfegelenk.



Abb. 8. Scheitelgelenk.

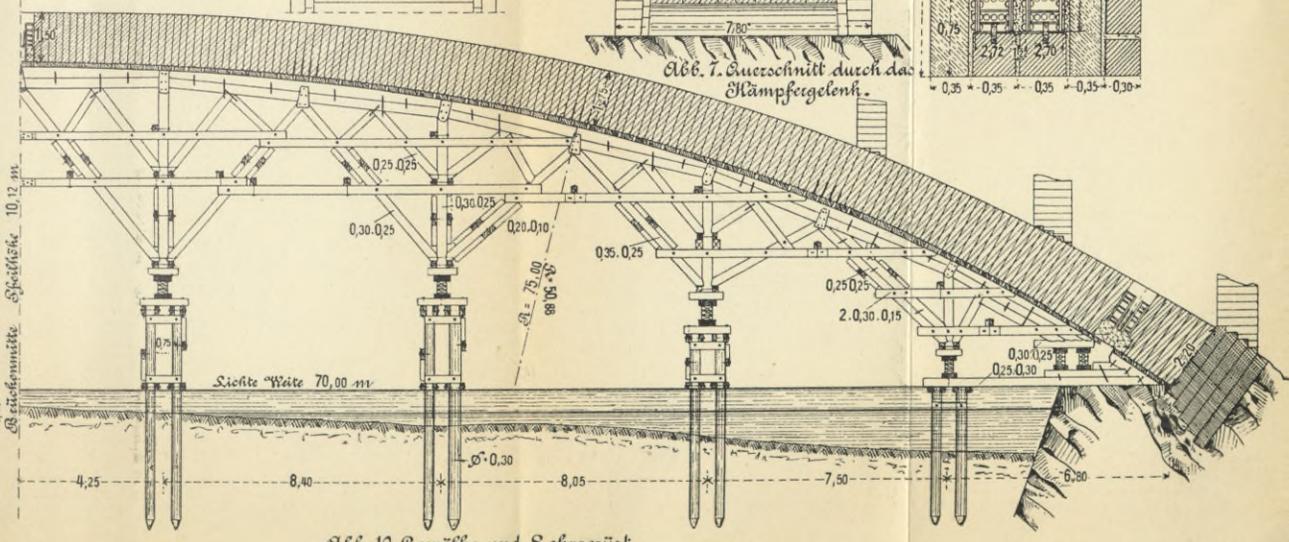
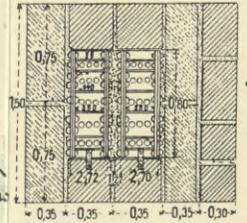
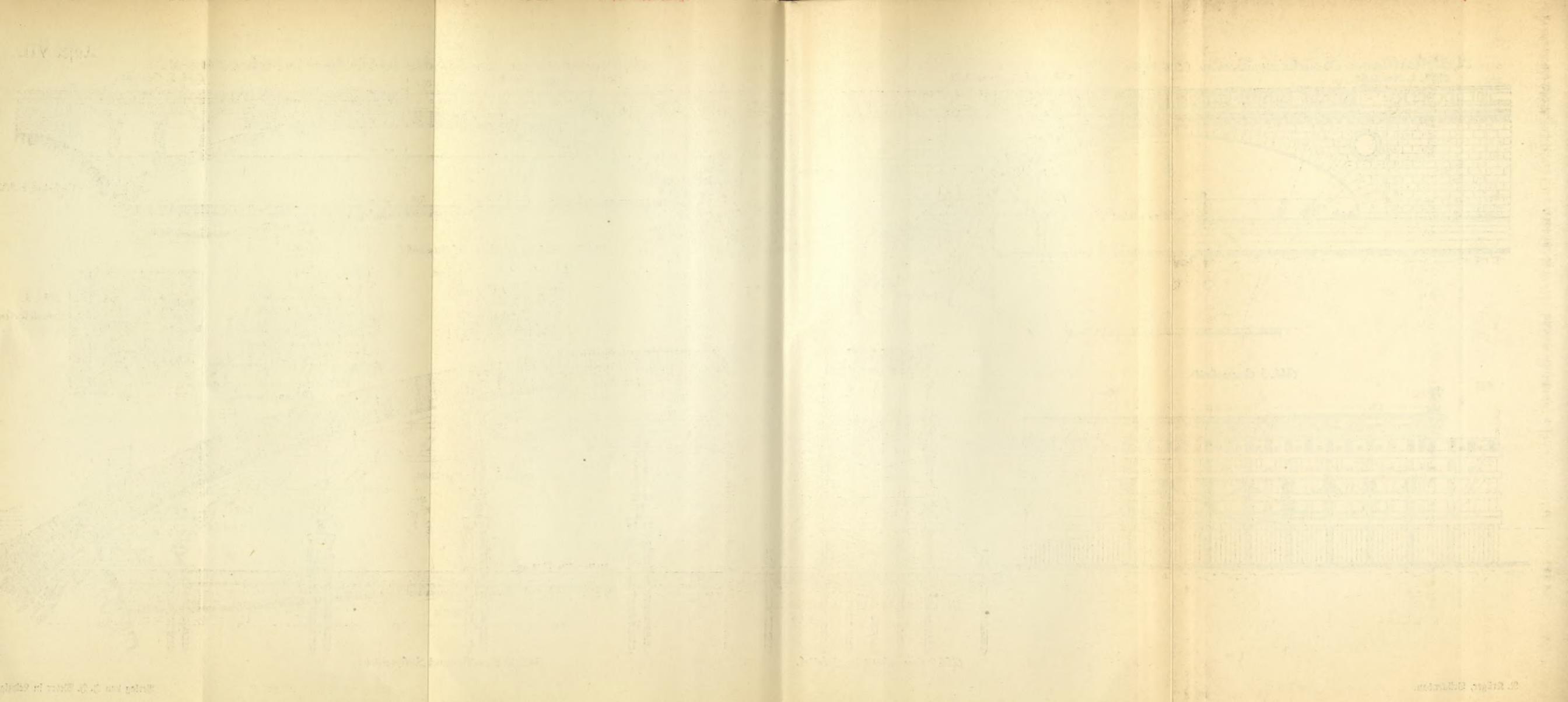


Abb. 10. Sewölbe und Seltgerüst.



Konstruktion schiefer Gewölbe.

Gewölbe mit von den Stirnen aus nach dem Gewölbeinnern allmählich ansteigenden Krämpferlinien.

Abb. 1 Ansicht.

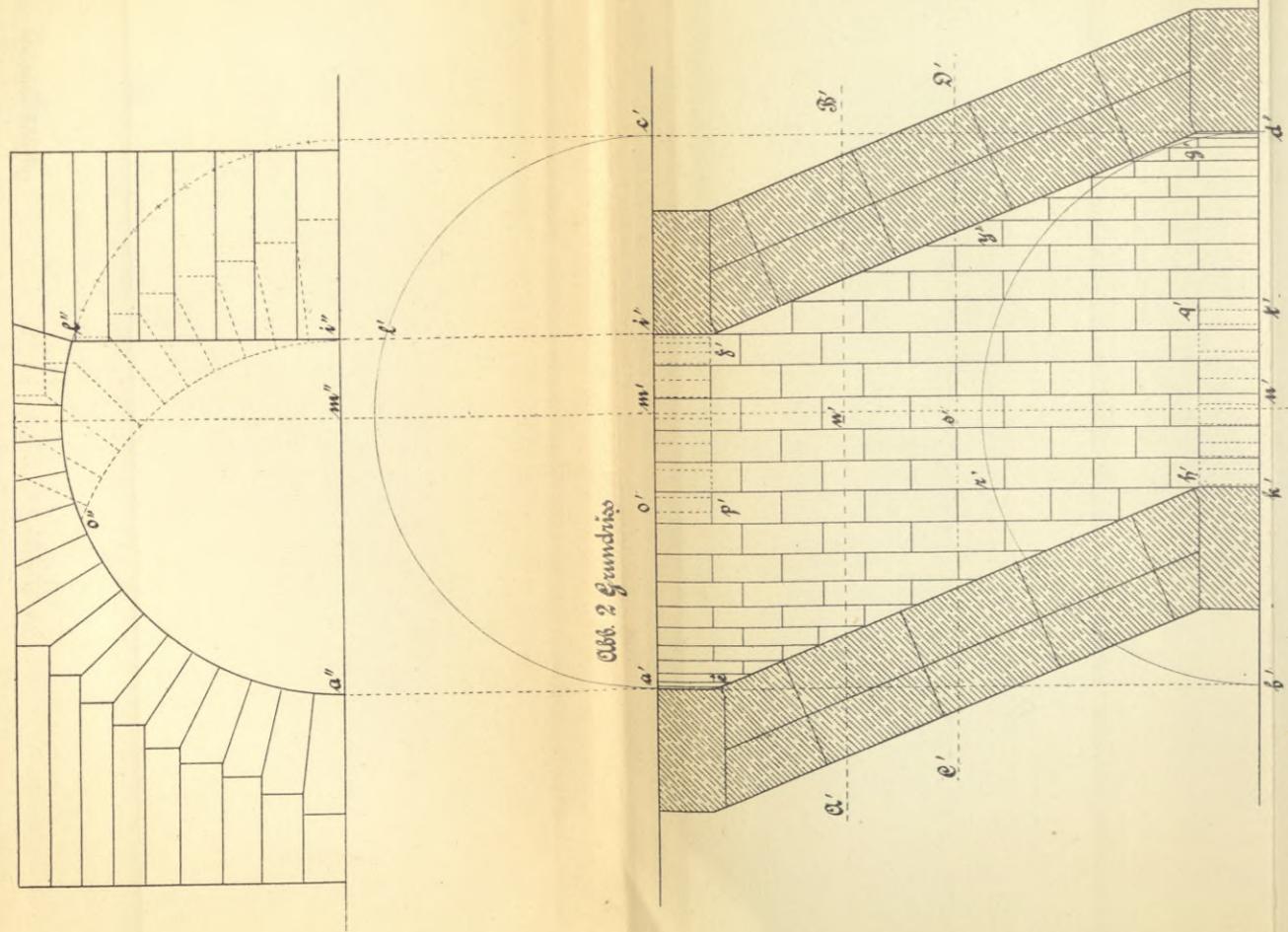


Abb. 2 Grundriss

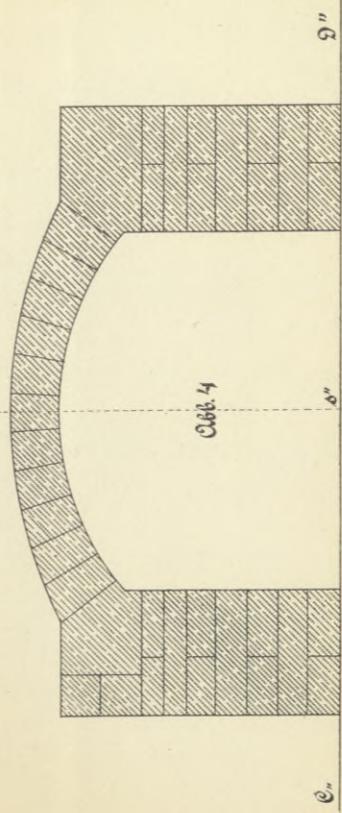


Abb. 4

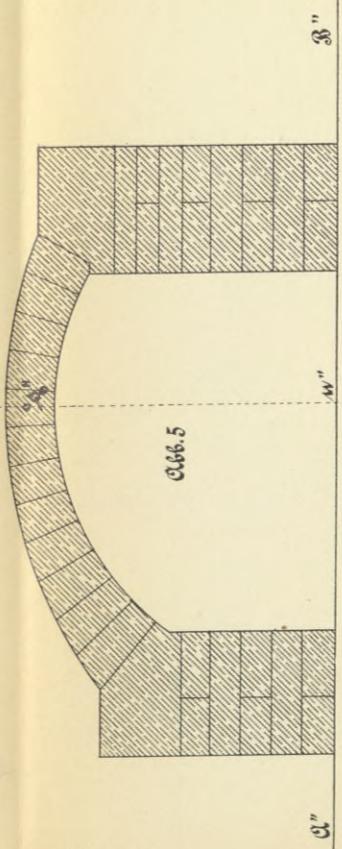


Abb. 5

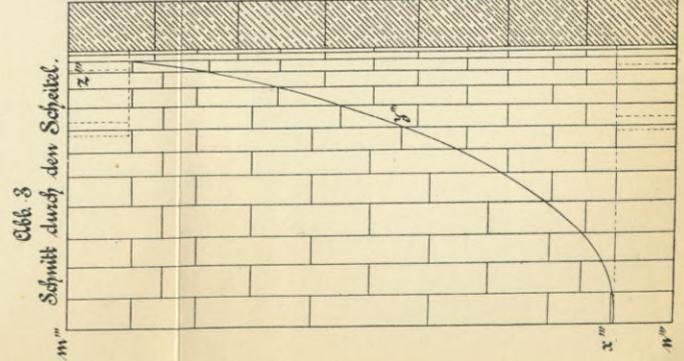


Abb. 3

Schnitt durch den Scheitel.

Abb. 6

Gewölbeanfänger.

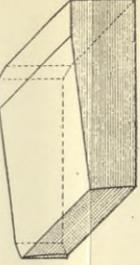


Abb. 7

Stein zur Seite des Gewölbeanfängers.

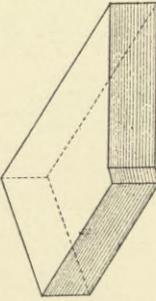


Abb. 9

Schlussstein.

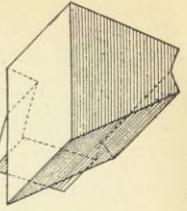
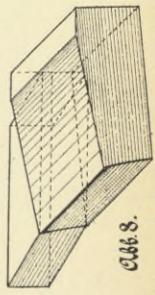


Abb. 8.

Stein oberhalb des Gewölbeanfängers.





Konstruktion schiefer Gewölbe.

Zur Bestimmung der Stoßfugen auf dem äusseren Mantel.

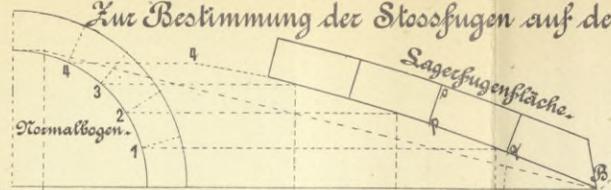


Abb. 3.

Abb. 6.
Konstruktion der Ellipse.

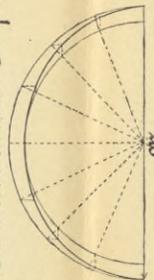
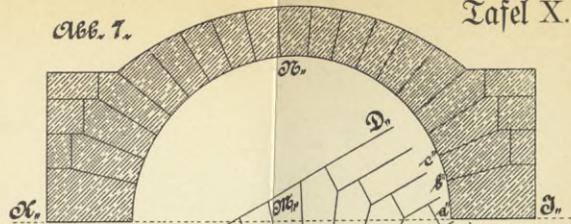


Abb. 7.

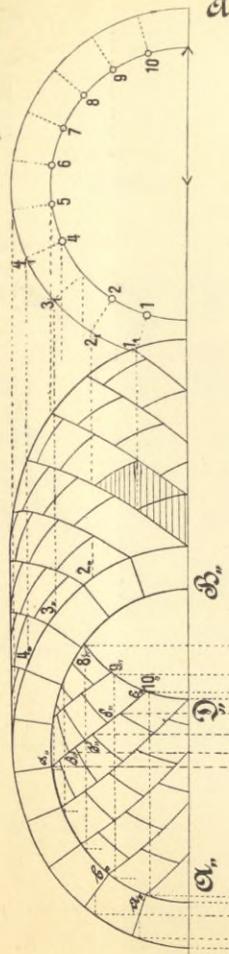


A, Englischer Fugenschnitt für ein schiefes Gewölbe mit kreisförmigem Normalschnitt. (Abb. 1-5).

Normalbogen.

Abb. 1.

Ansicht (Aufsicht).



Abwickelung der inneren Leihung.

Grundriss.

Abb. 2.

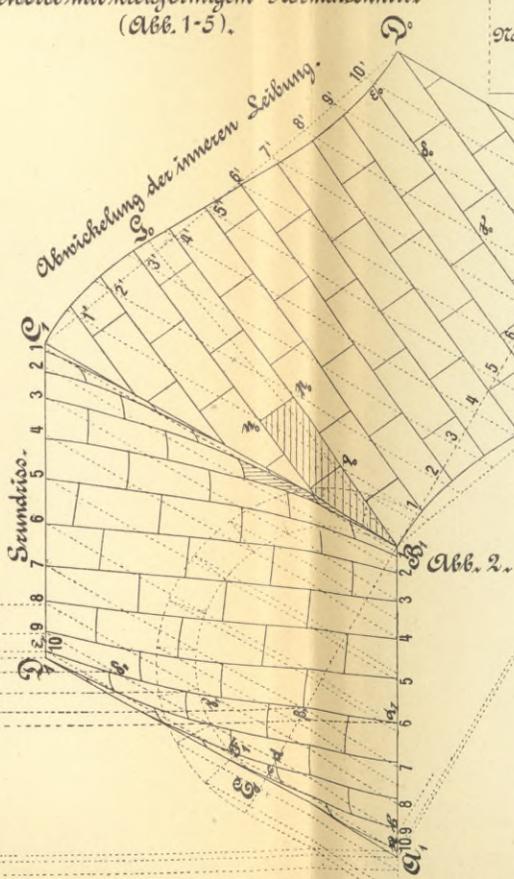


Abb. 4. Abwickelung der äusseren Leihung.

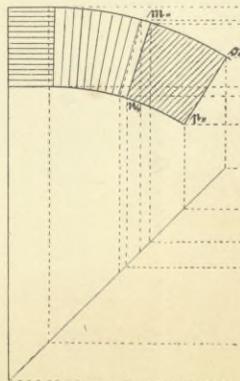


Abb. 5.

B, Gewölbe, dessen an den Stirnen liegenden Teile schief und dessen mittlerer Teil grade ausgeführt ist. (Abb. 6-8).

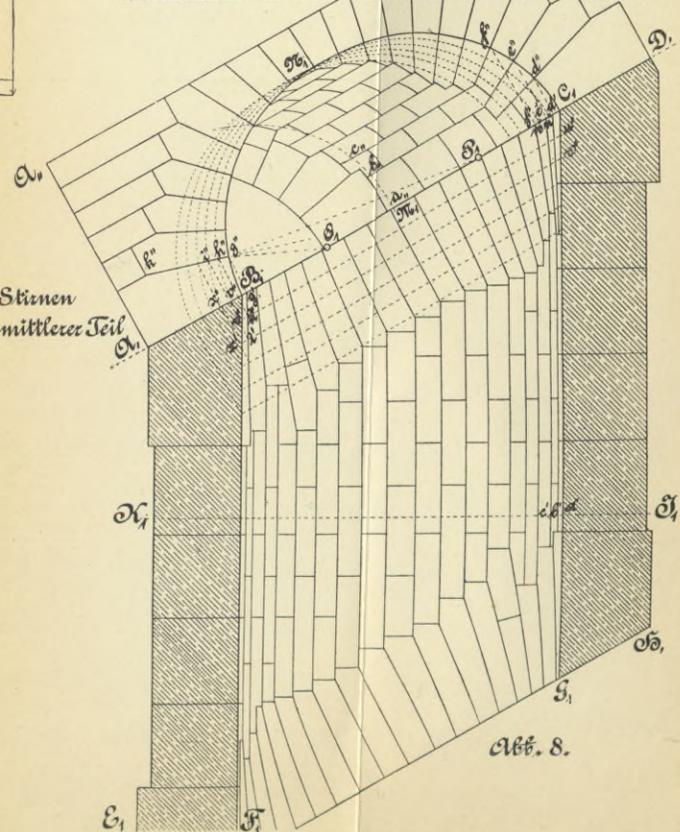
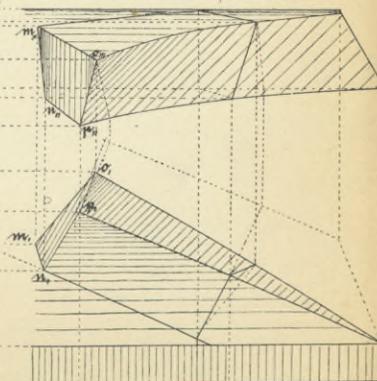
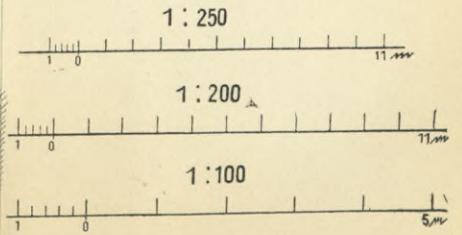
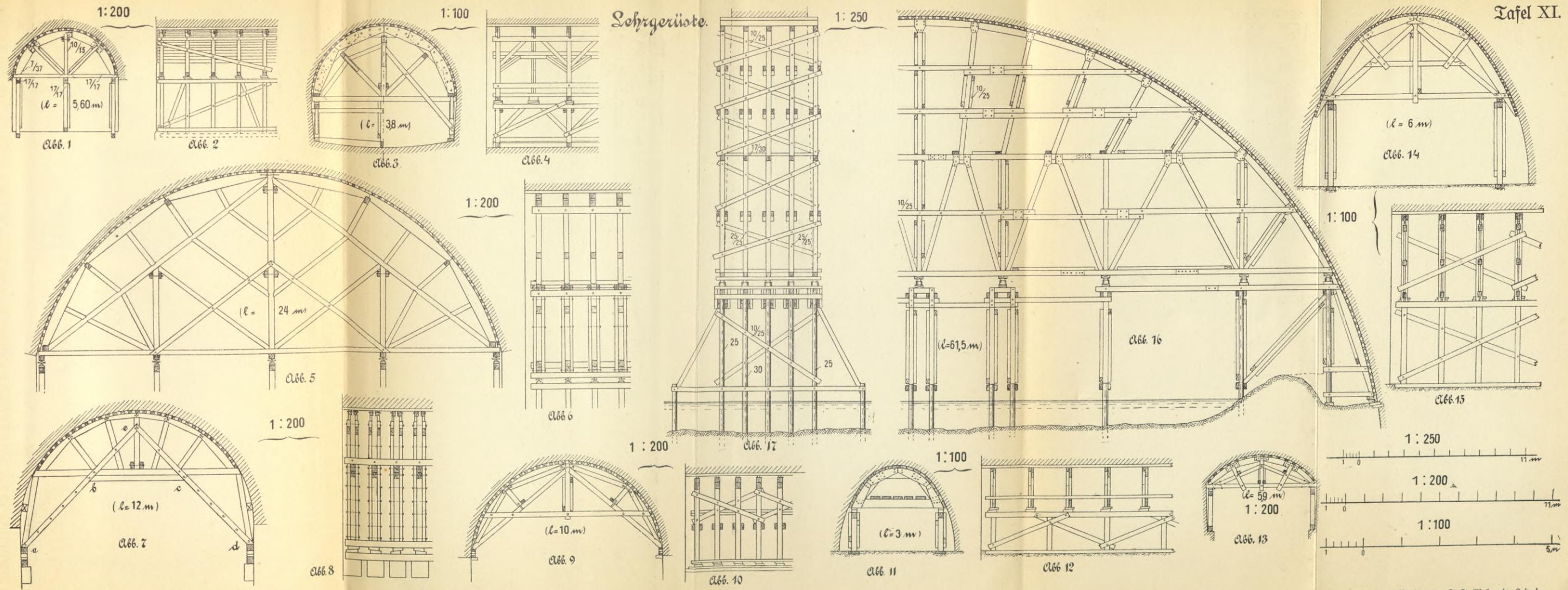


Abb. 8.

Stützgerüste



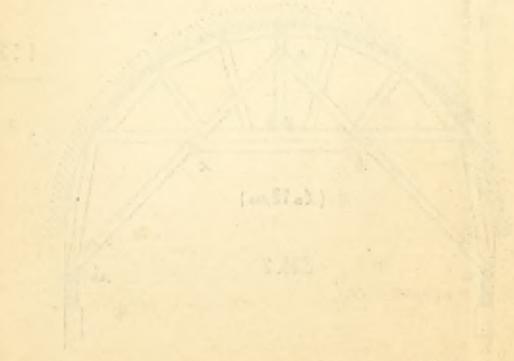
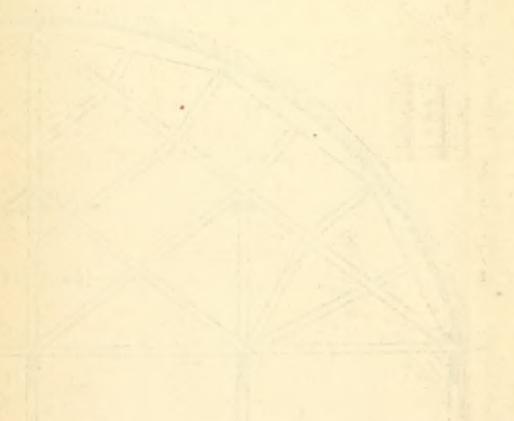
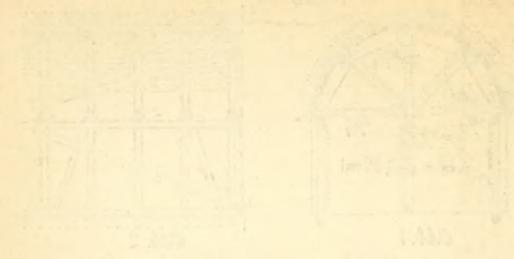


Abb. 1. Ansicht.

Abb. 2. Längenschnitt.

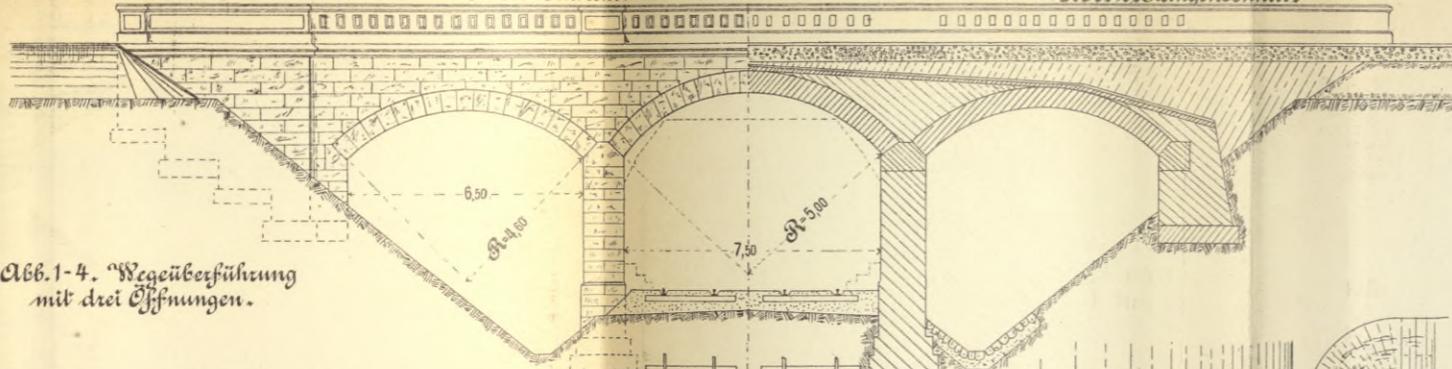


Abb. 1-4. Wegeüberführung mit drei Öffnungen.

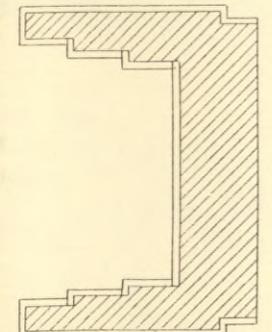


Abb. 3. Grundriss der Pfeiler.

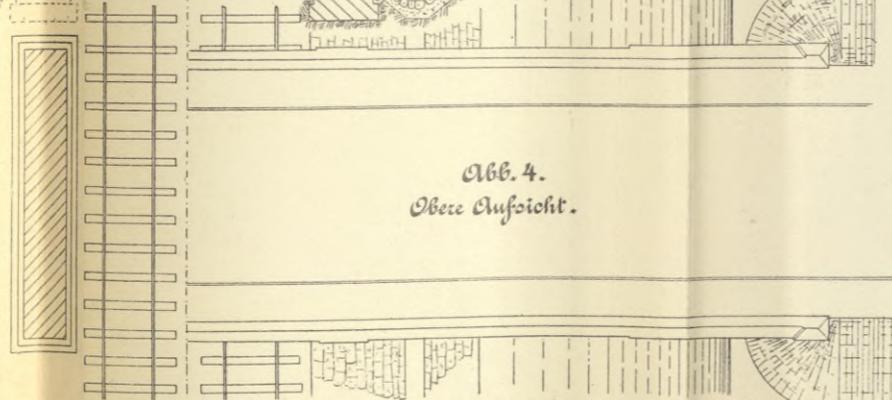


Abb. 4. Obere Ansicht.

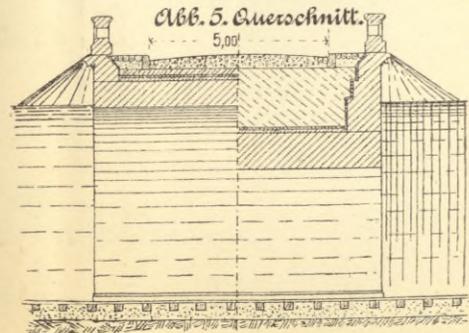


Abb. 5. Querschnitt.

Abb. 16-19. Weg- u. Dachunterführung der Endosfer Hohlenhalde (Saarbrücken-Fürz-Bahn).

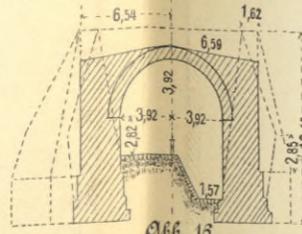


Abb. 16. Querschnitt.

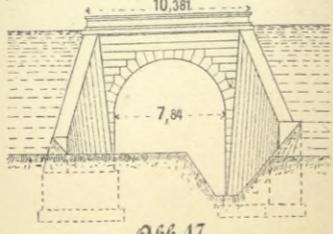


Abb. 17. Ansicht.

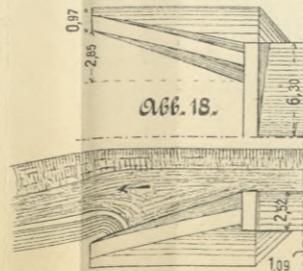


Abb. 18.

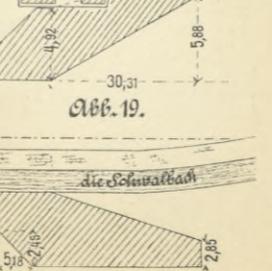


Abb. 19.

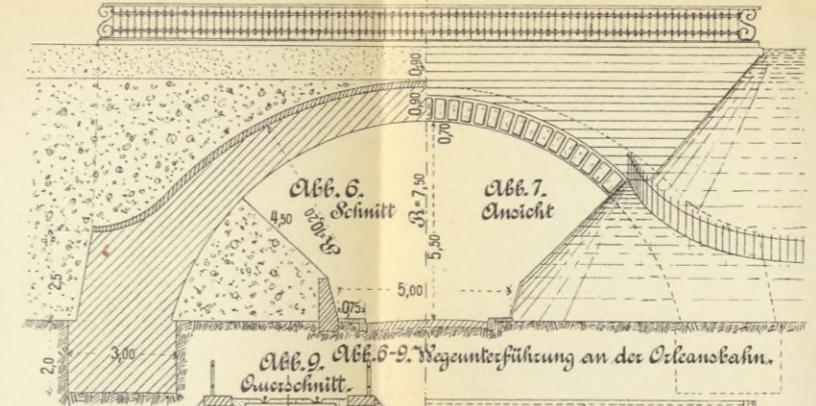


Abb. 6. Schnitt.

Abb. 7. Ansicht.

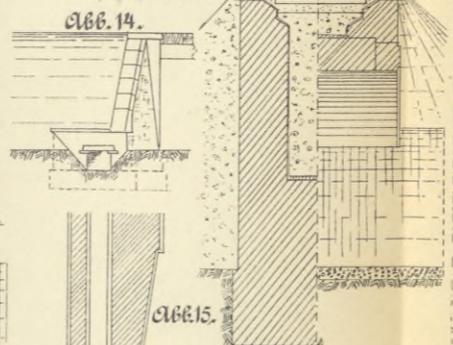


Abb. 8. Aufsicht.

Abb. 9. Querschnitt.

Abb. 8-9. Wegeunterführung an der Orleansbahn.

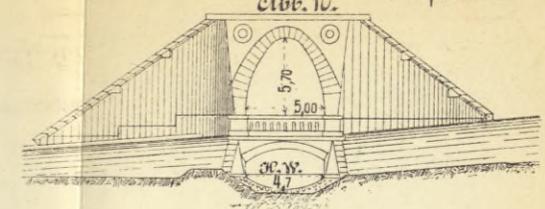


Abb. 10.

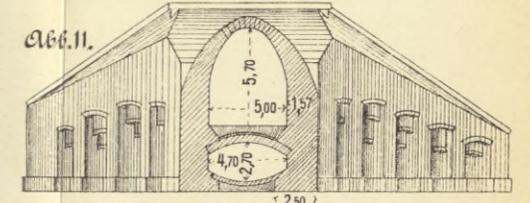


Abb. 11.

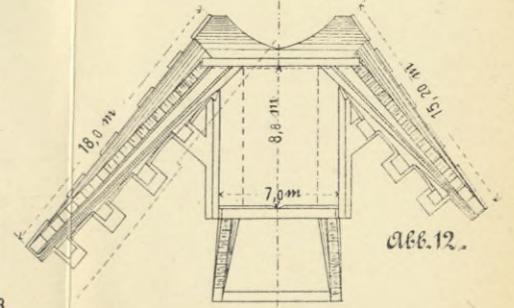


Abb. 12.

St. 1:450 für Abb. 10. 11. 12. 13.

St. 1:200 für Abb. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9.

St. 1:480 für Abb. 16. 17. 18. 19.

Abb. 10 bis 13. Bach- und Wegeunterführung an der Bahn Hannover-Altenleben.

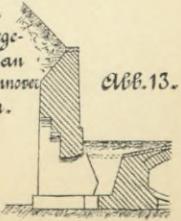
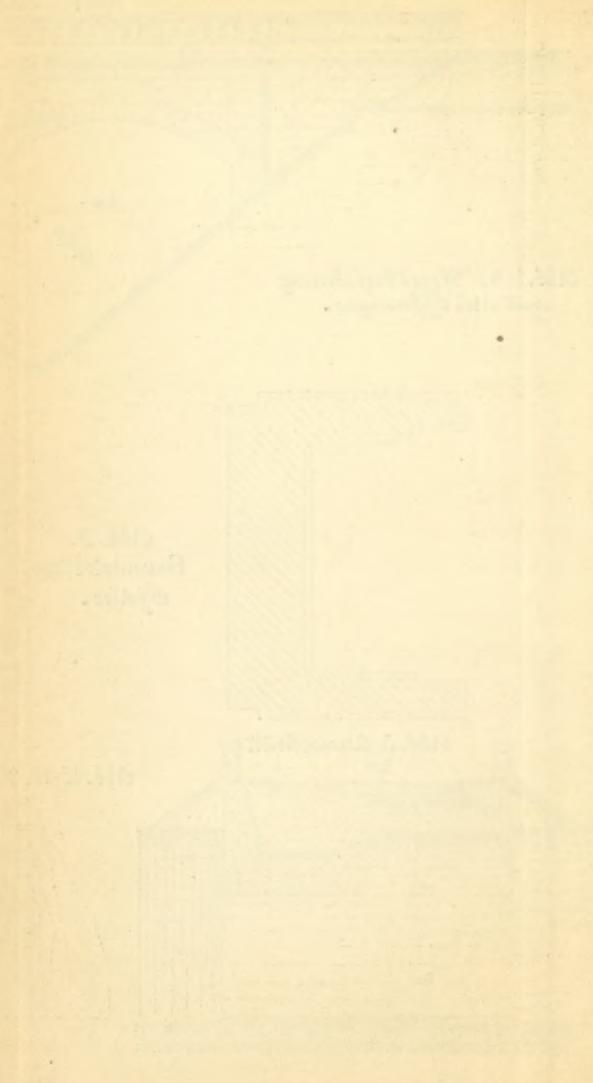
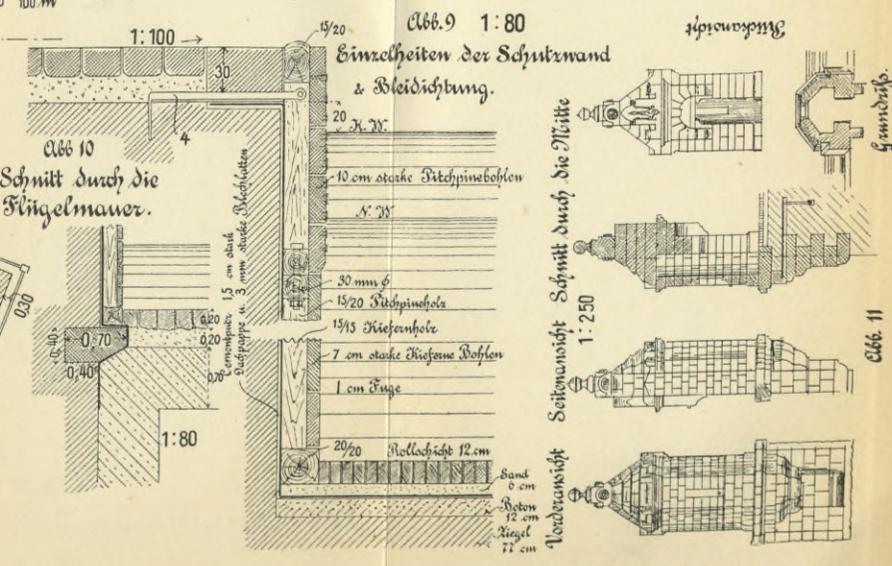
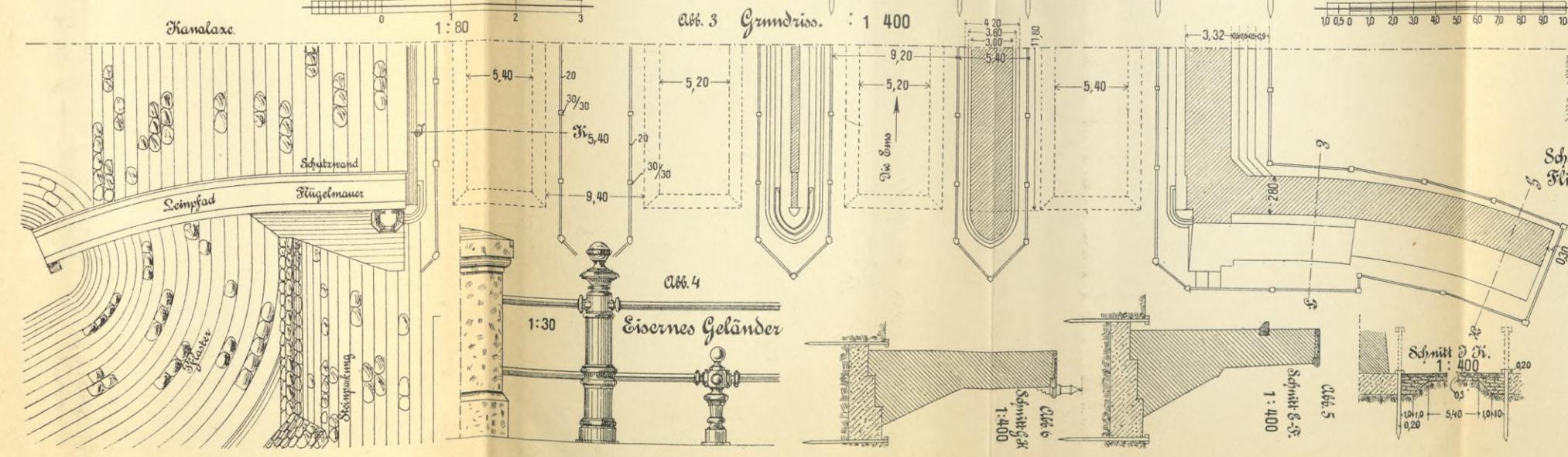
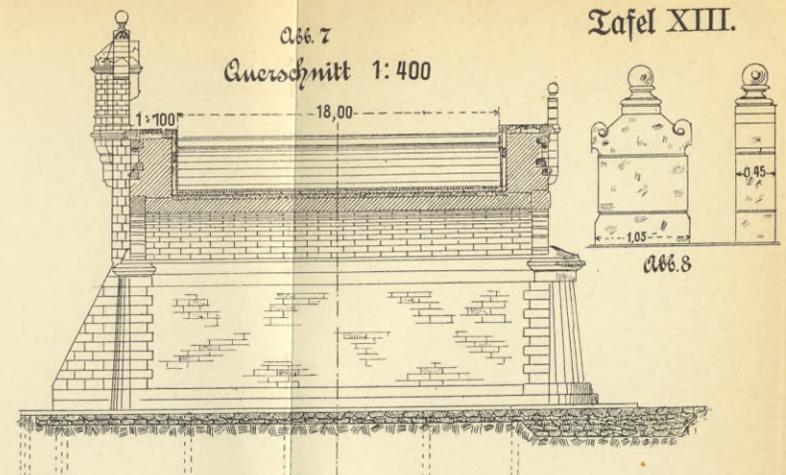
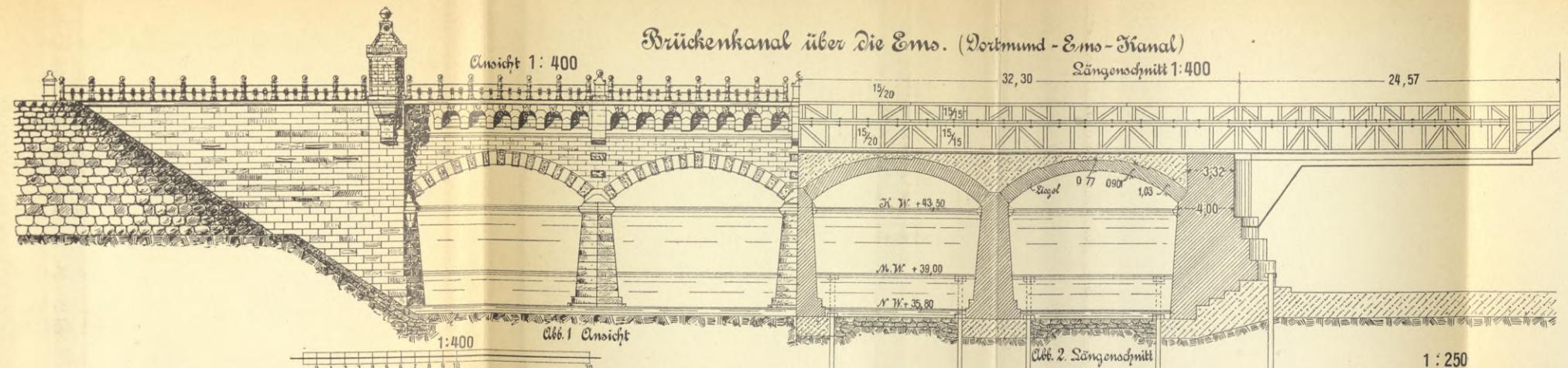


Abb. 13.

Wegeunterführungen und Wegeüberführungen.



Brückenskanal über die Ems. (Dortmund - Ems - Kanal)



Fußgängerbrücke über die kleine Weser in Bremen. (Abb. 1-9)

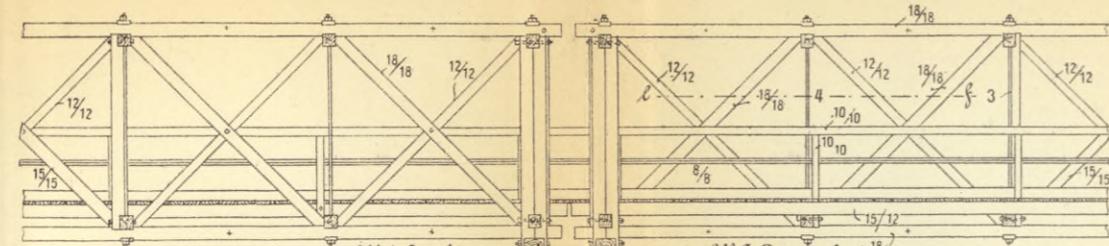


Abb. 1 Ansicht.



Abb. 6
Auerschnitt.

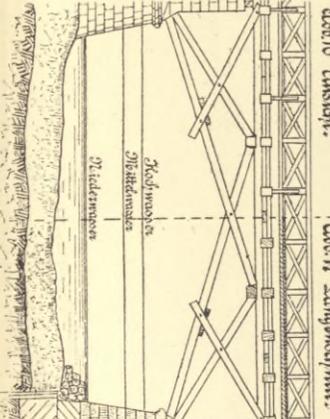


Abb. 10 Ansicht.
Stöße doppelte Stängelringbrücke.
System Stängelring.

Bremer Müll

Abb. 18. Auerschnitt.

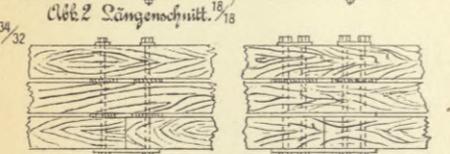


Abb. 2 Längenschnitt.
Abb. 3 Stöße im Obergurt.
Abb. 4 Stöße im Untergurt.

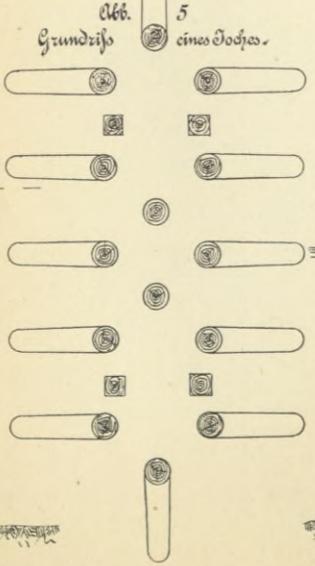


Abb. Grundriß eines Stöpsels.

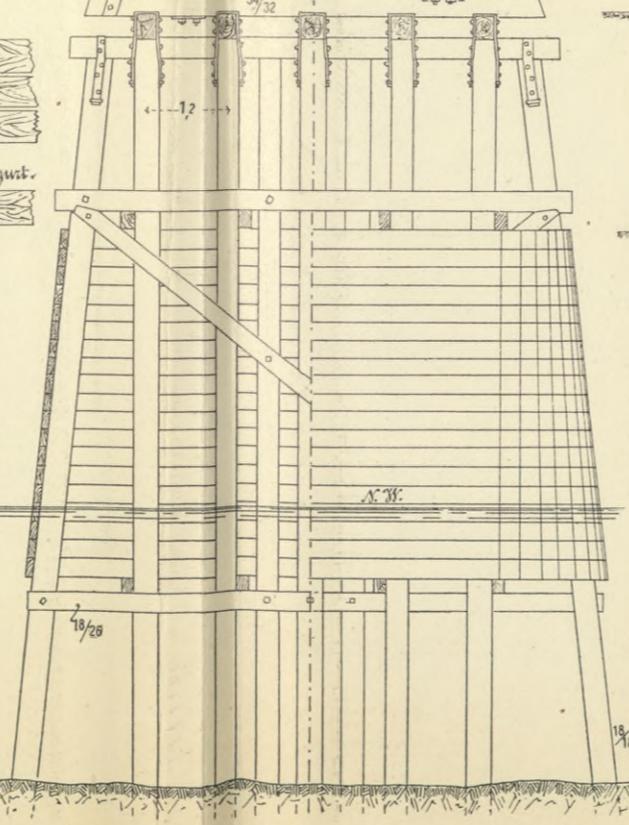


Abb. 10-12. Steife doppelte Kängewerkbrücke. (System Kängerring)

Abb. 10 Ansicht.

Abb. 11. Längenschnitt.

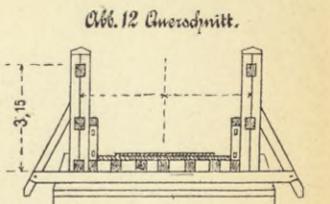
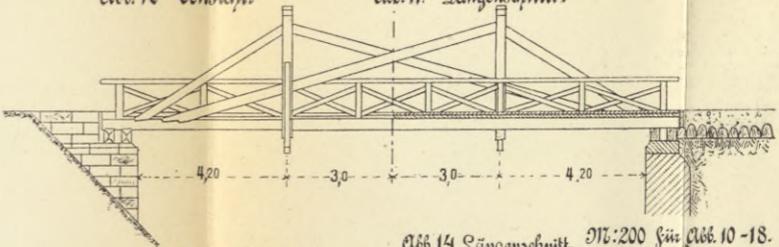


Abb. 12 Auerschnitt.

Abb. 13 Ansicht.

Abb. 14 Längenschnitt. M:200 für Abb. 10-18.

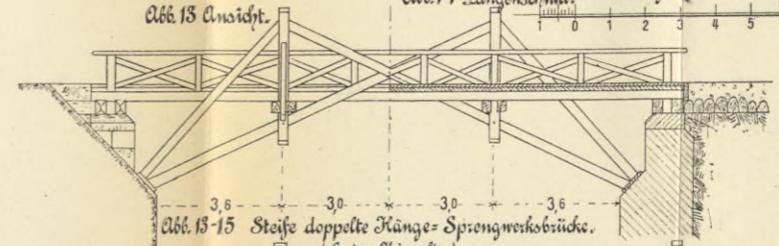


Abb. 13-15 Steife doppelte Känge-Sprongwerkbrücke.
(System Kängerring)

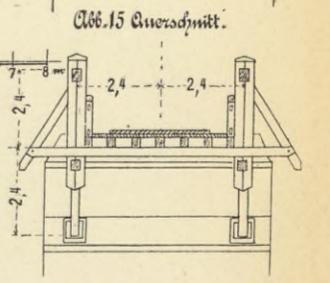
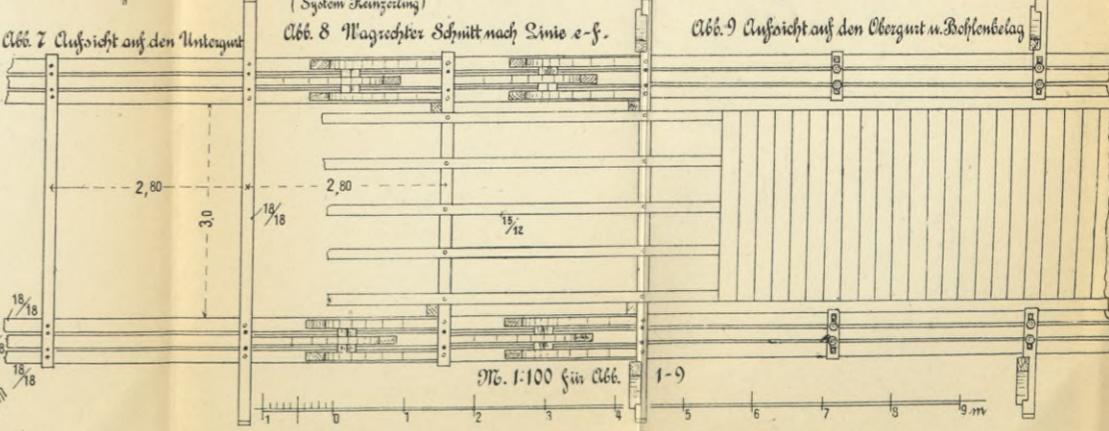


Abb. 15 Auerschnitt.

Abb. 7 Aufsicht auf den Untergurt

Abb. 8 Wagerechter Schnitt nach Linie e-f.

Abb. 9 Aufsicht auf den Obergurt u. Bohlenbelag



M:100 für Abb. 1-9

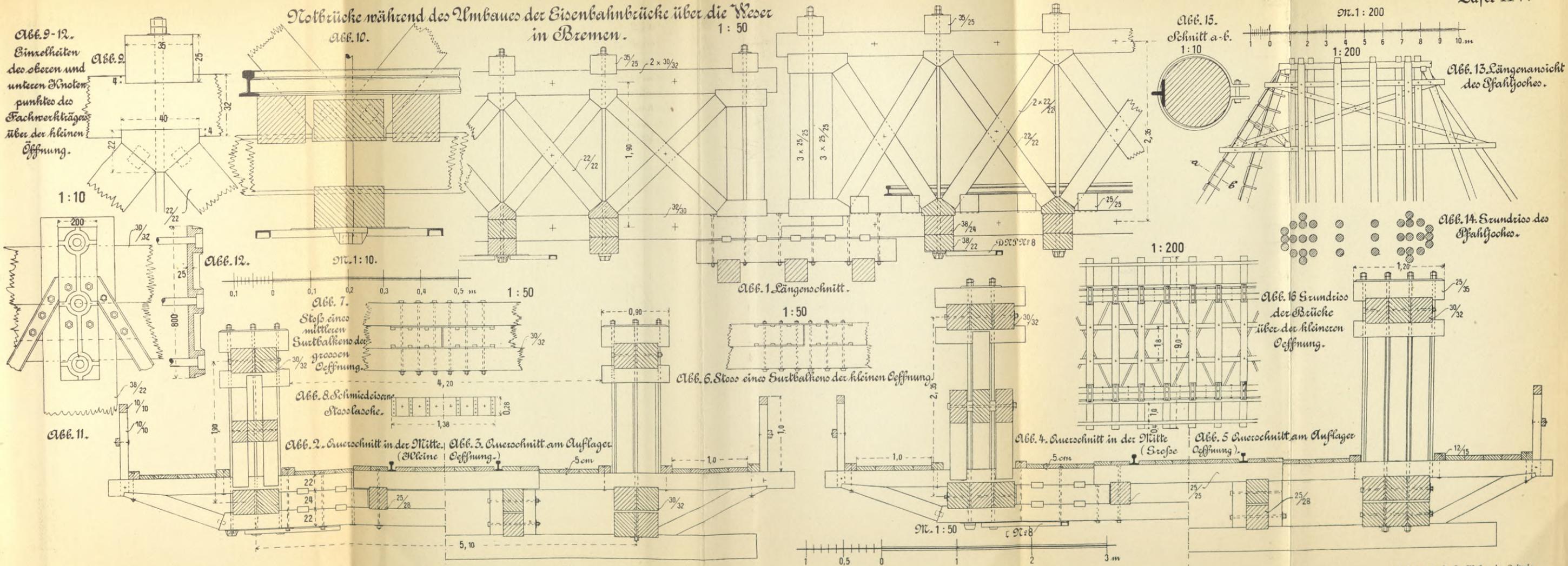
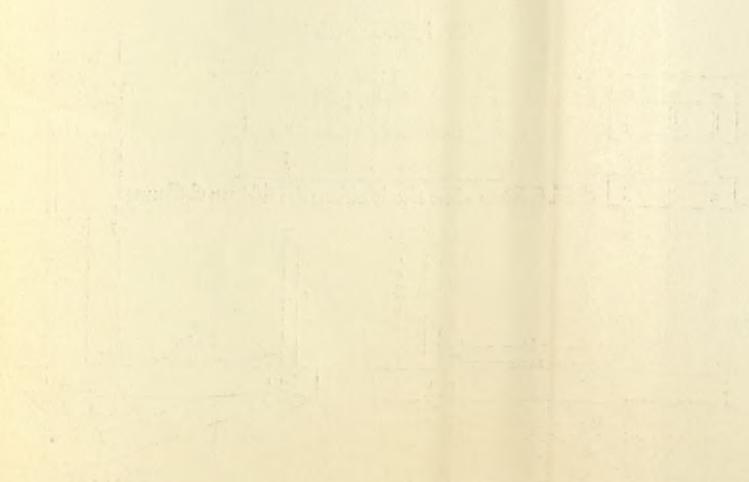


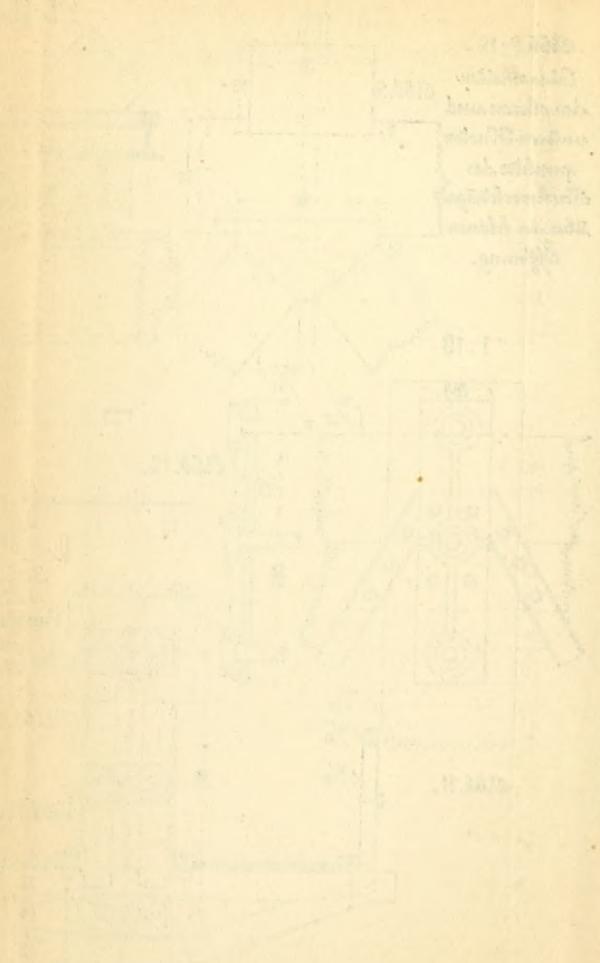


Fig. 1. Detail of the part.

ВЕРХНИЙ
 ЧАСТИ
 КОМПОНЕНТА



ПОДРОБНОСТЬ



ПОДРОБНОСТЬ

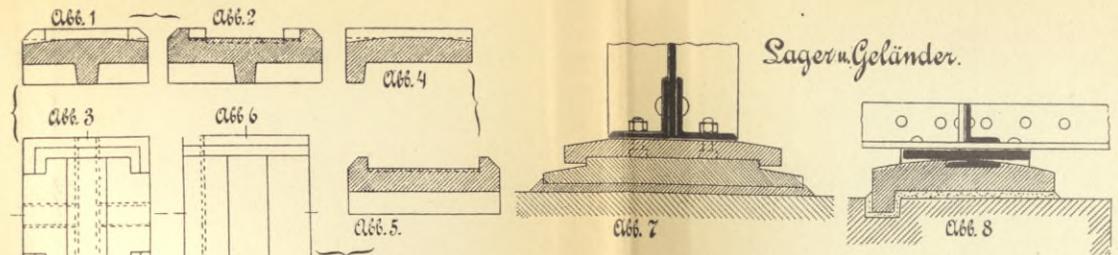


Abb. 1-3 festes Flächenlager.
Abb. 4-6 Gleitflächenlager.

Sager u. Geländer.

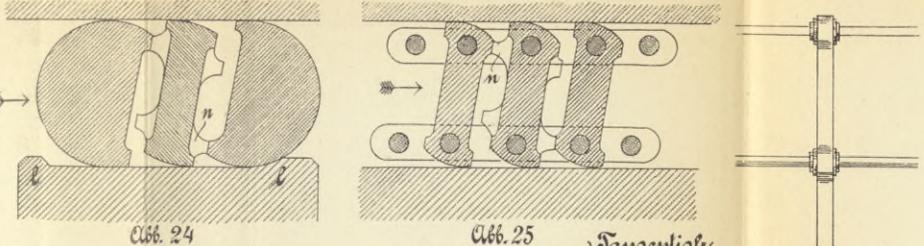
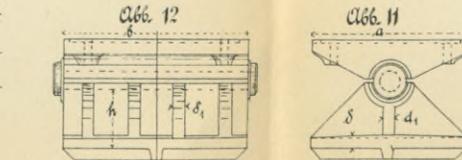
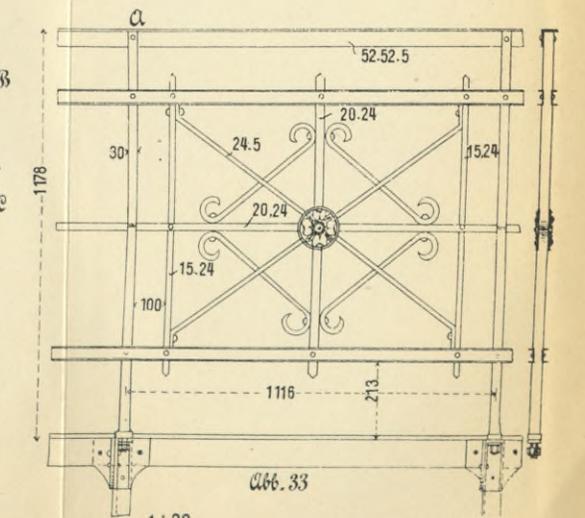
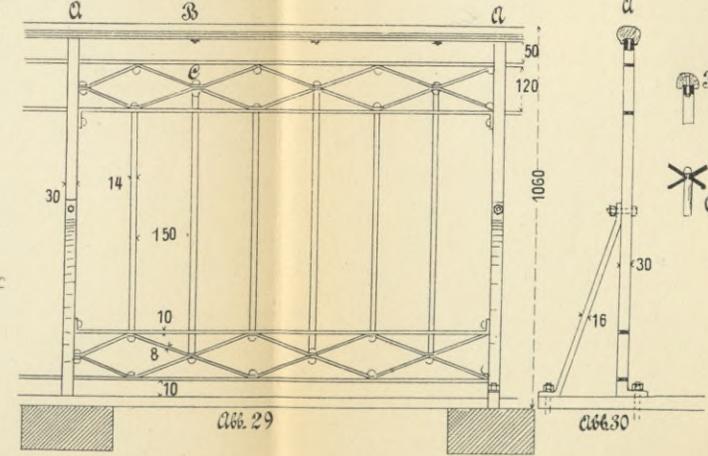
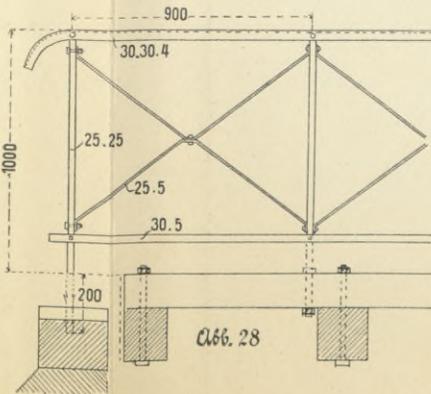
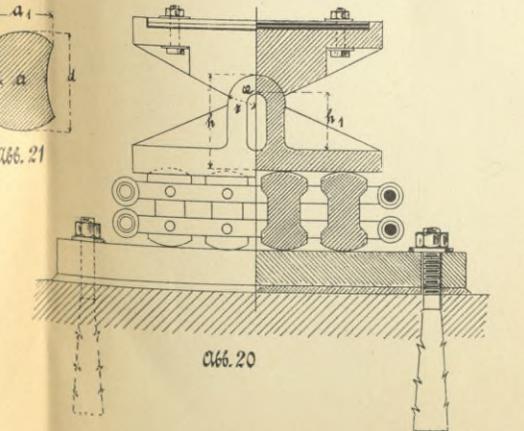
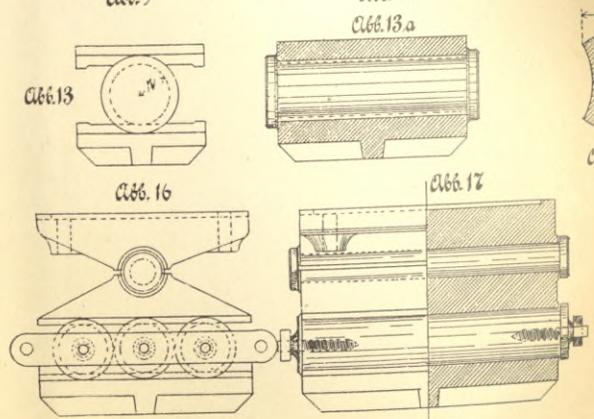
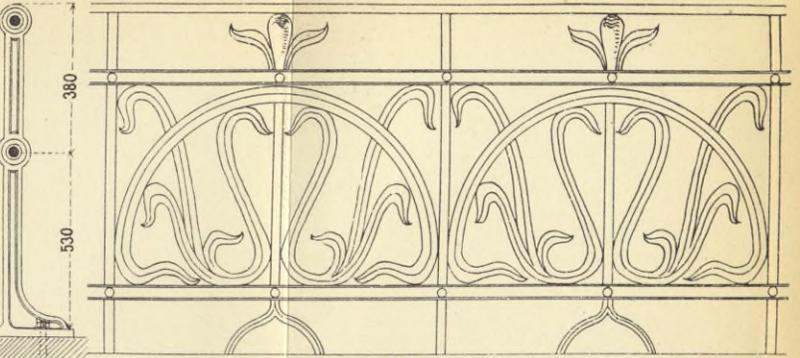
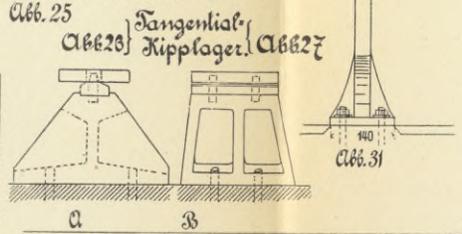
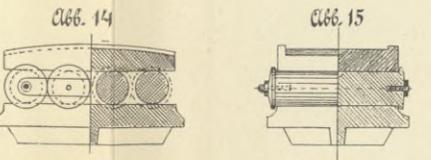
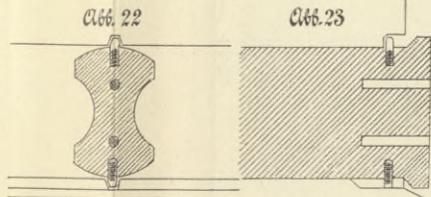
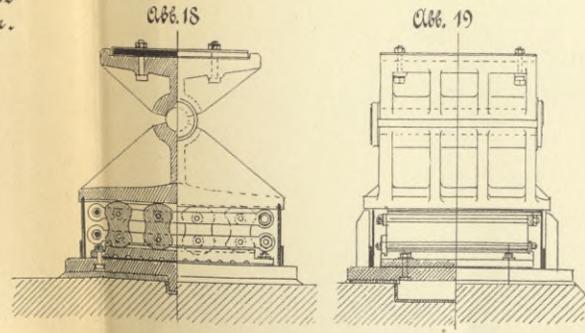
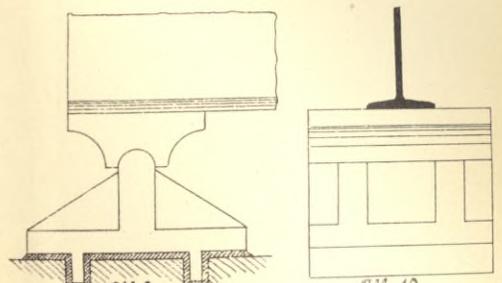
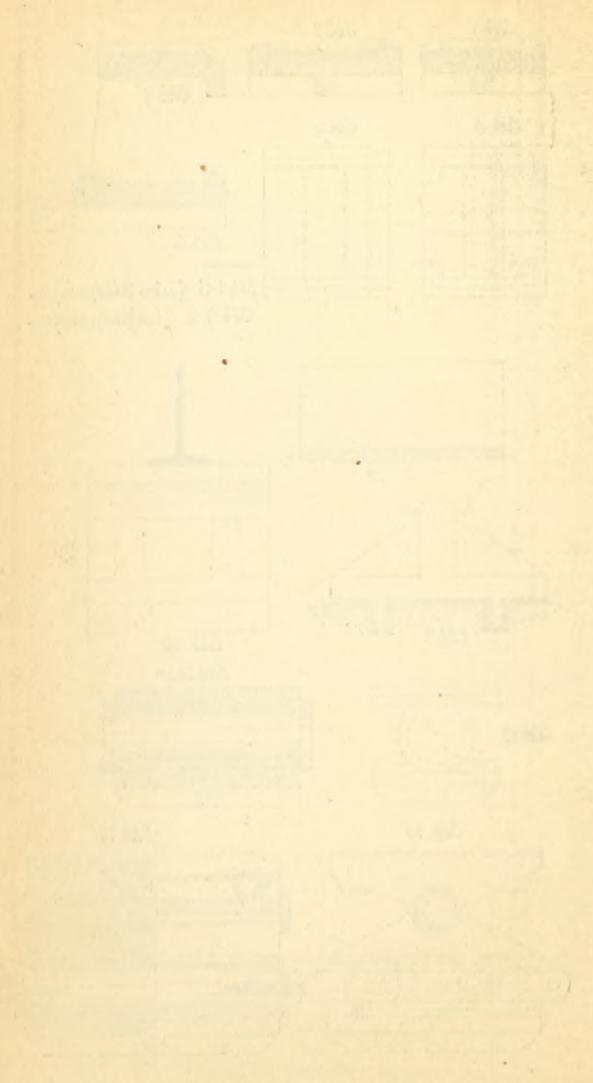


Abb. 25 Tangential-
Abb. 26 Kipplager, Abb. 27





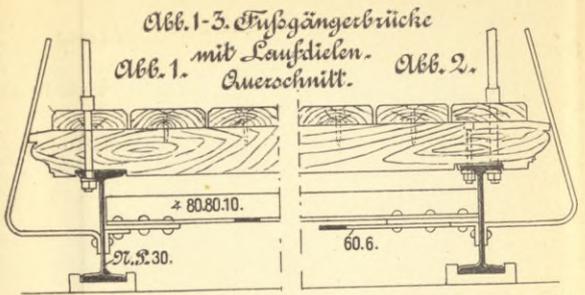


Abb. 1-3. Fußgängerbrücke mit Laufböden. Abb. 1. Querschnitt. Abb. 2.

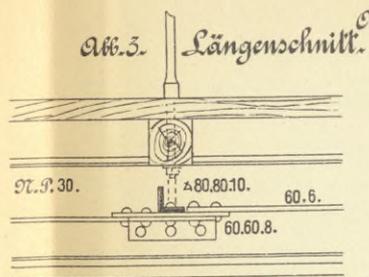


Abb. 3. Längenschnitt.

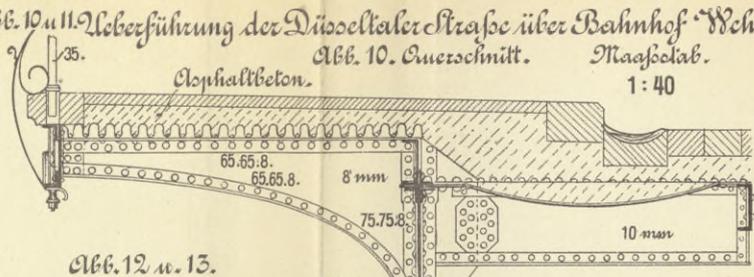


Abb. 10 u. 11. Überführung der Düsseldorfer Straße über Bahnhof 'Weichahn'. Abb. 10. Querschnitt. Maßstab. 1:40.

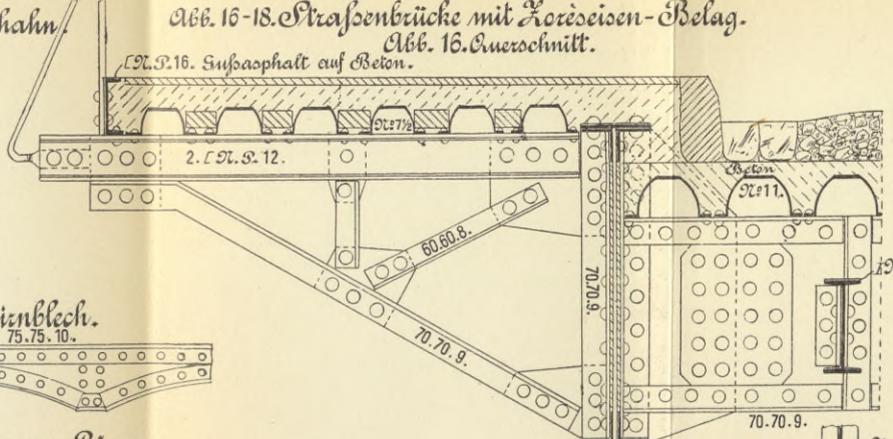


Abb. 16-18. Straßenbrücke mit Korzeisen-Belag. Abb. 16. Querschnitt.

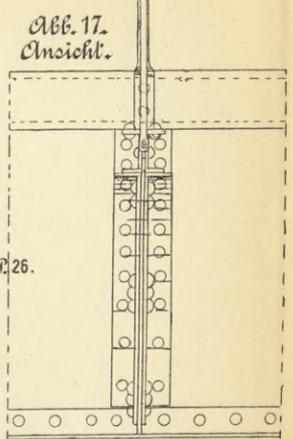


Abb. 17. Ansicht.

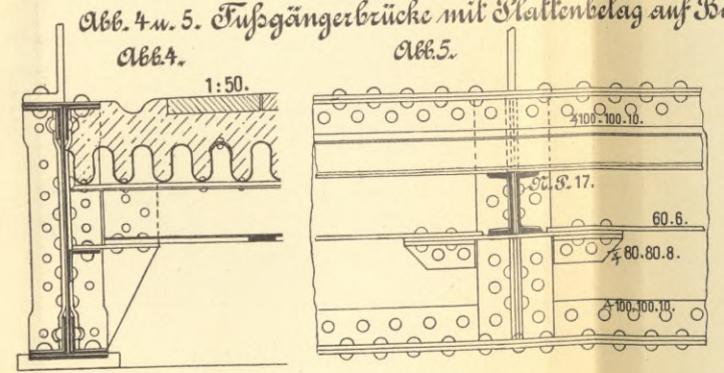


Abb. 4 u. 5. Fußgängerbrücke mit Plattenbelag auf Beton. Abb. 4. 1:50. Abb. 5.

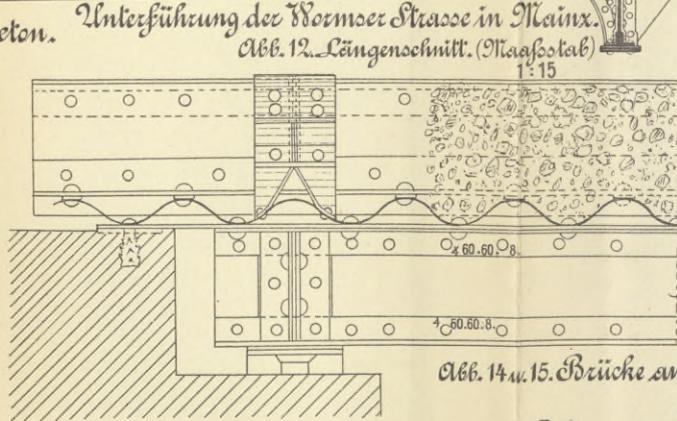


Abb. 12 u. 13. Unterführung der Normer Straße in Mainz. Abb. 12. Längenschnitt. (Maßstab) 1:15.



Abb. 11. Eisenblech. 75.75.10.

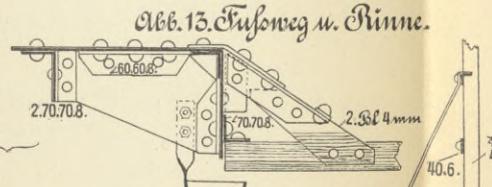


Abb. 13. Fußweg u. Rinne. 2.70.70.8. 2.38.4 mm.

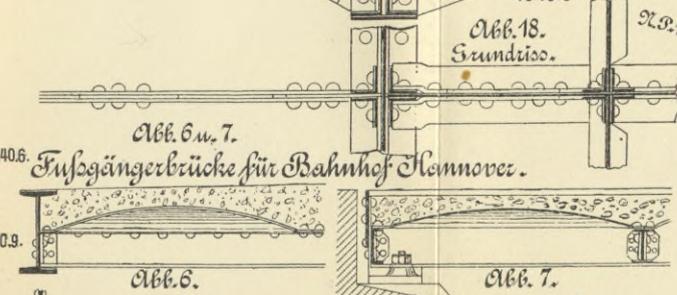


Abb. 6 u. 7. Fußgängerbrücke für Bahnhof Hannover. Abb. 6. 40.40.6. 70.70.9. Abb. 7.

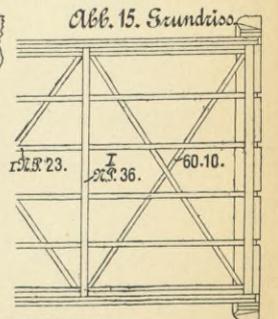


Abb. 15. Grundriss. 23.36. 60.10.

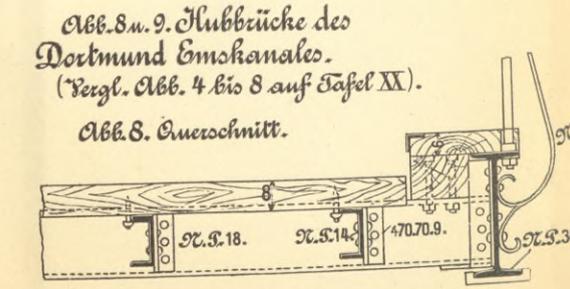


Abb. 8 u. 9. Hubbrücke des Dortmund-Emokanals. (Vergl. Abb. 4 bis 8 auf Tafel XX). Abb. 8. Querschnitt. 70.70.9. 70.70.9.

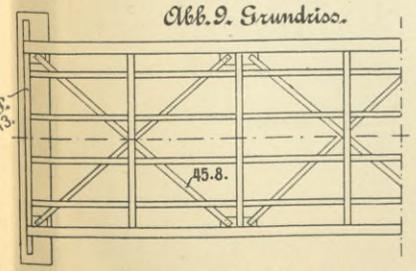


Abb. 9. Grundriss. 45.8.

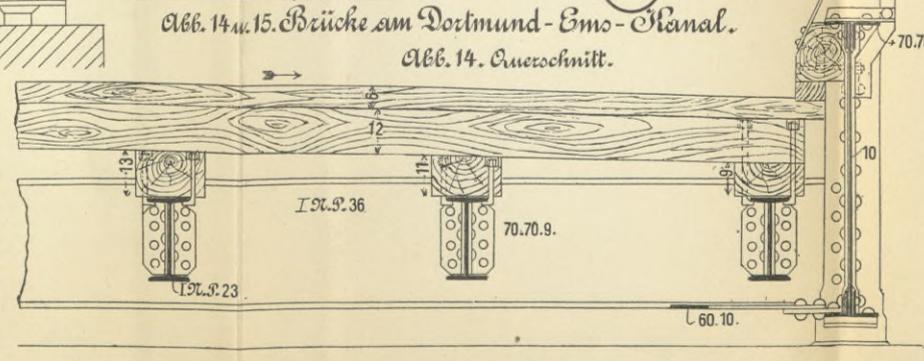


Abb. 14 u. 15. Brücke am Dortmund-Emo-Kanal. Abb. 14. Querschnitt. 70.70.9. 60.10.

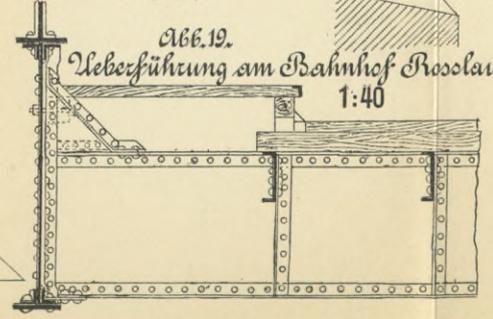
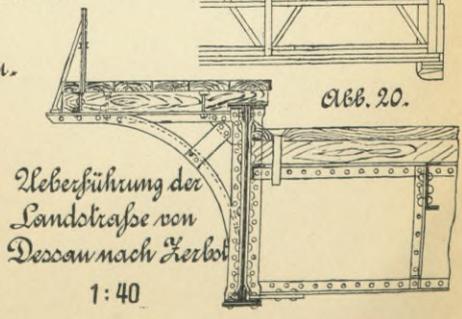


Abb. 19. Überführung am Bahnhof Posenau. 70.70.9. 60.10. 1:40.



Überführung der Landstraße von Dessau nach Zerbst. 70.70.9. 60.10. 1:40.

M. 1:40 für Abb. 10, 11, 19, 20.

M. 1:20 für Abb. 1-9, 14, 16-18.

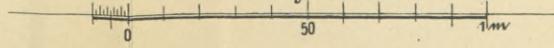
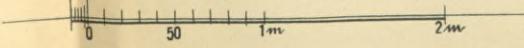


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5

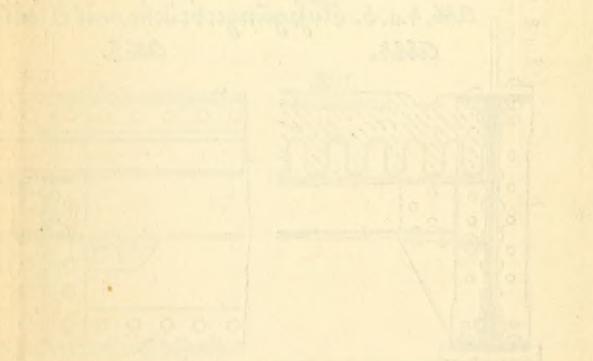
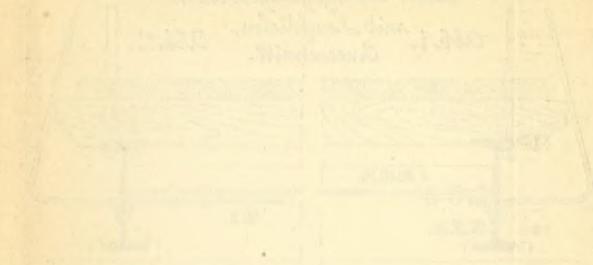
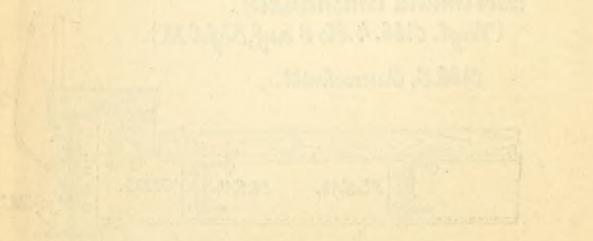
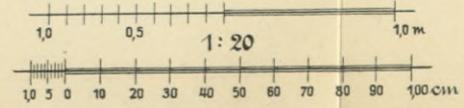
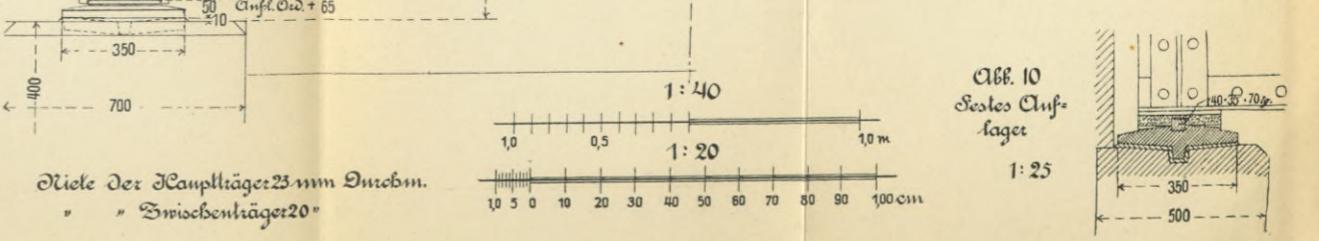
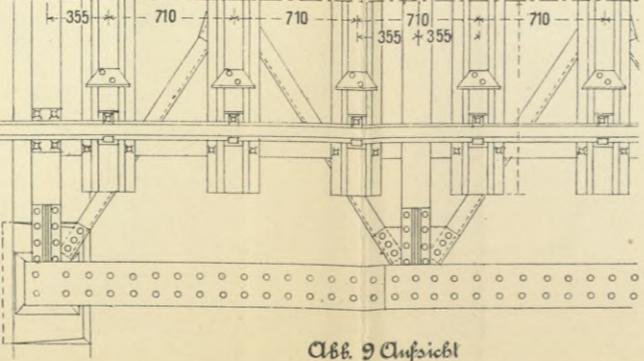
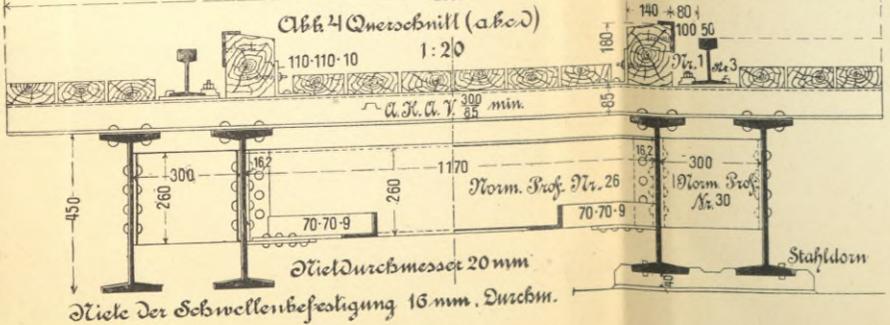
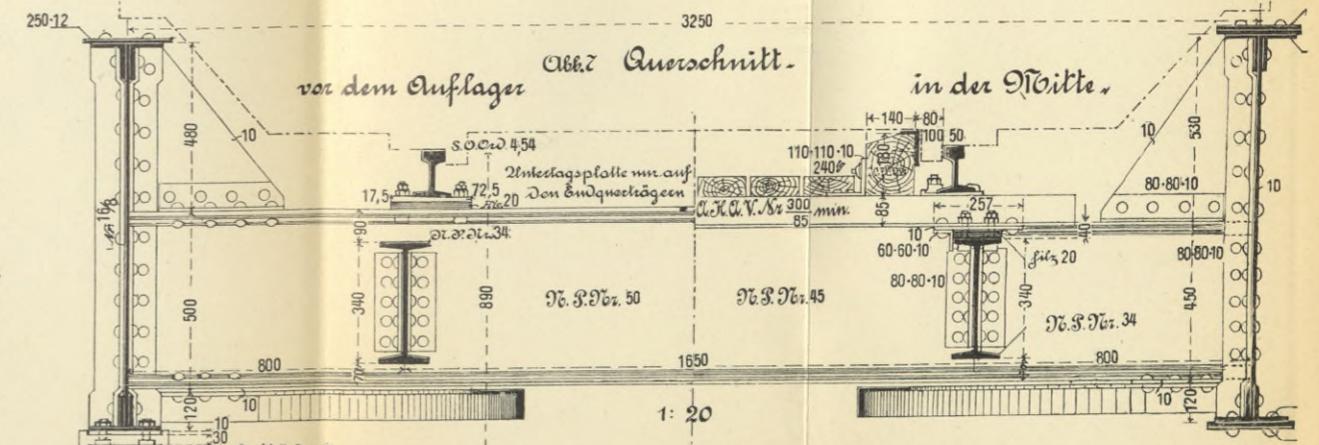
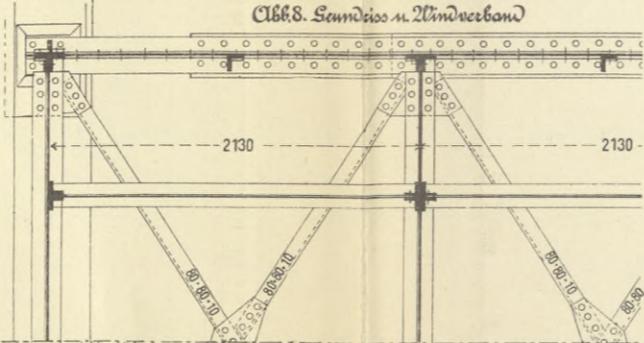
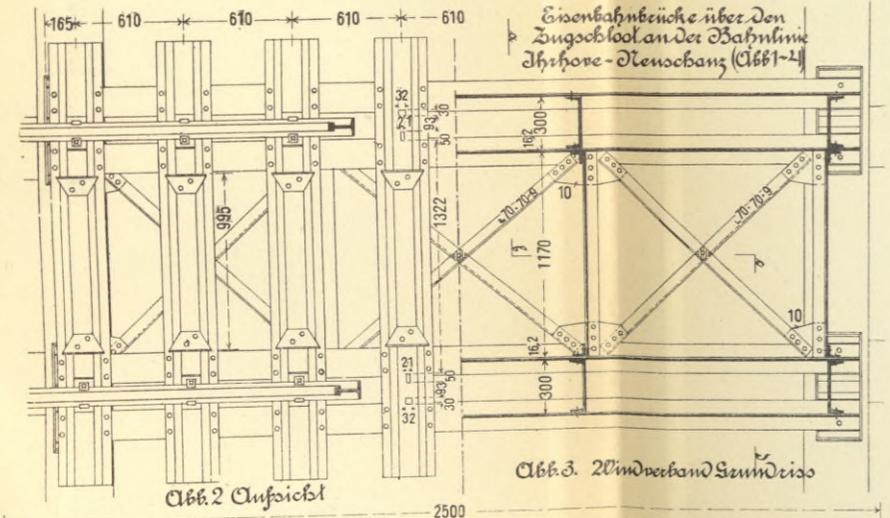
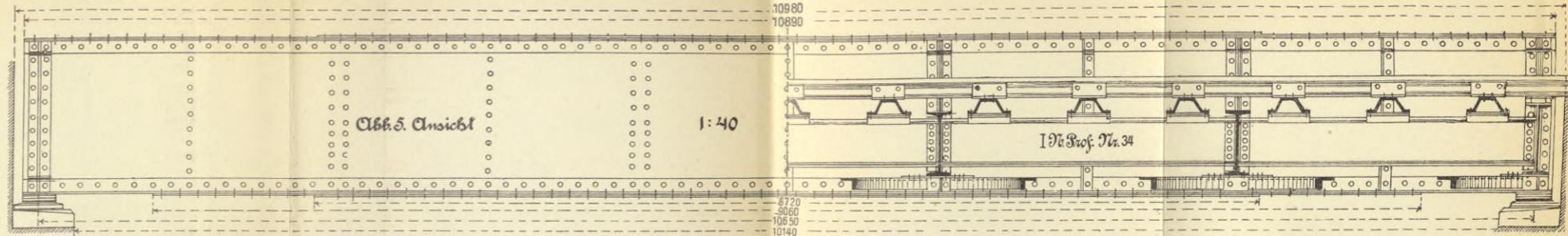
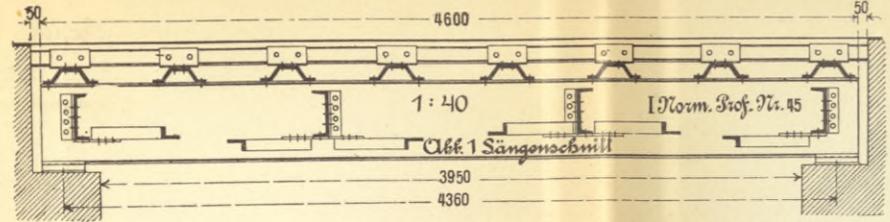


Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8



Eisenbahnbrücke über den neuen Kanal bei Bremen an der Bahnlinie Bremen - Oldenburg (Abb. 5-10) Abb. 6 Längenschnitt



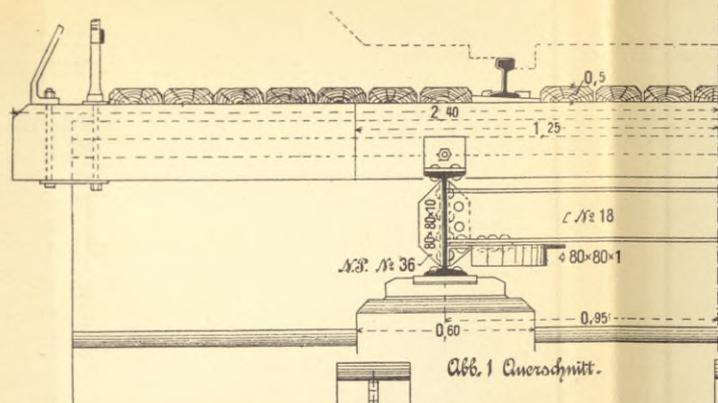


Abb. 1 Querschnitt.

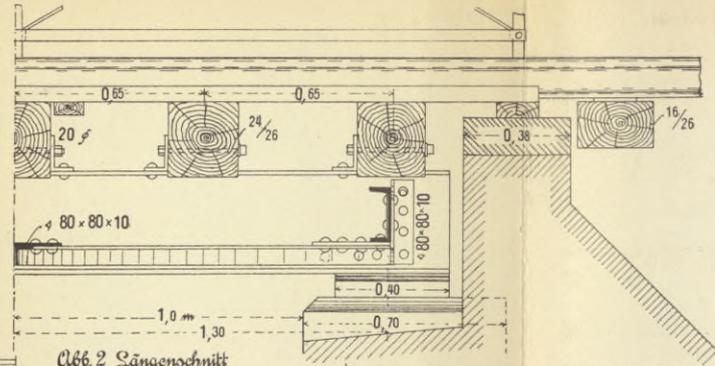


Abb. 2 Längenschnitt

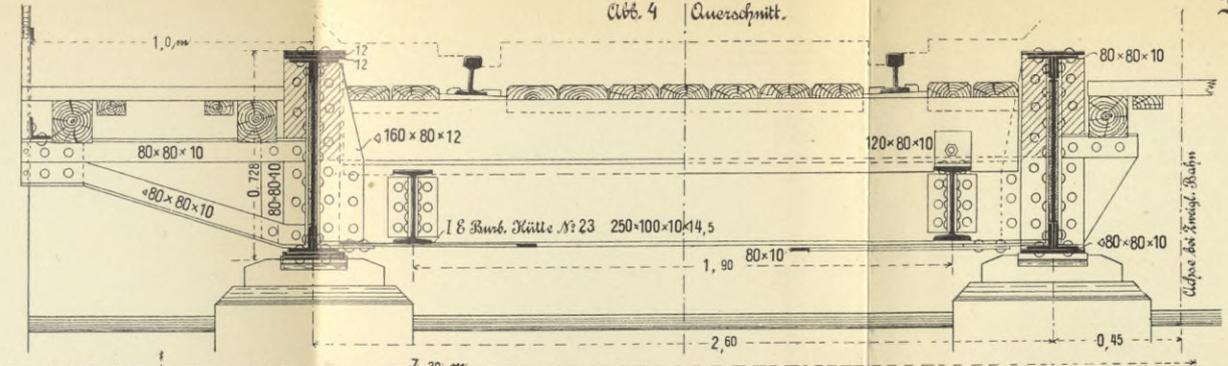


Abb. 4 Querschnitt.

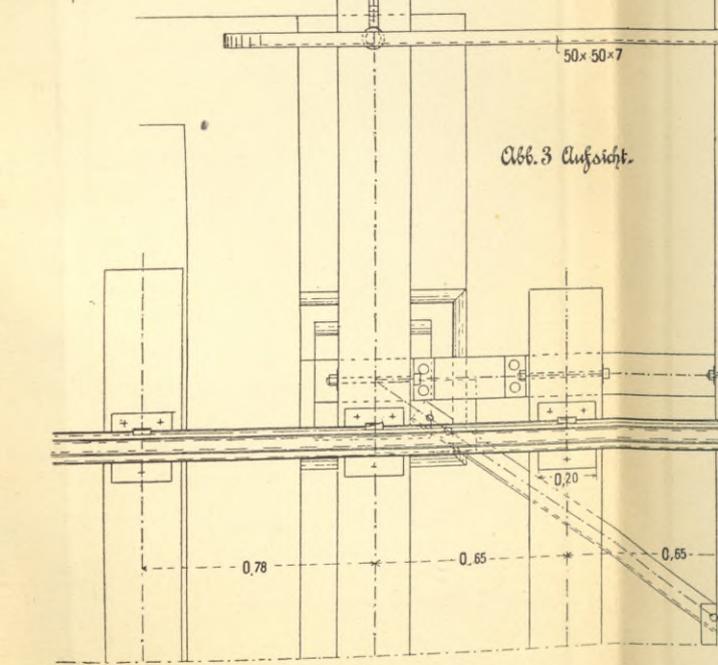


Abb. 3 Aufsicht.

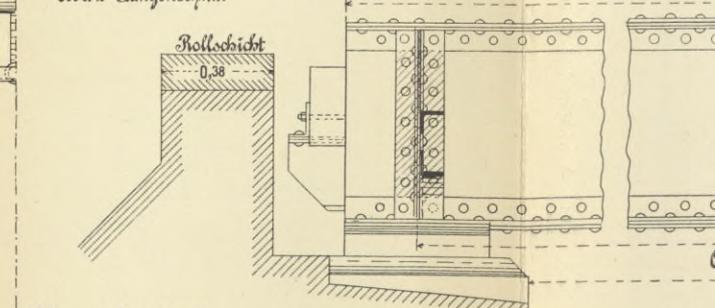


Abb. 5 Ansicht.

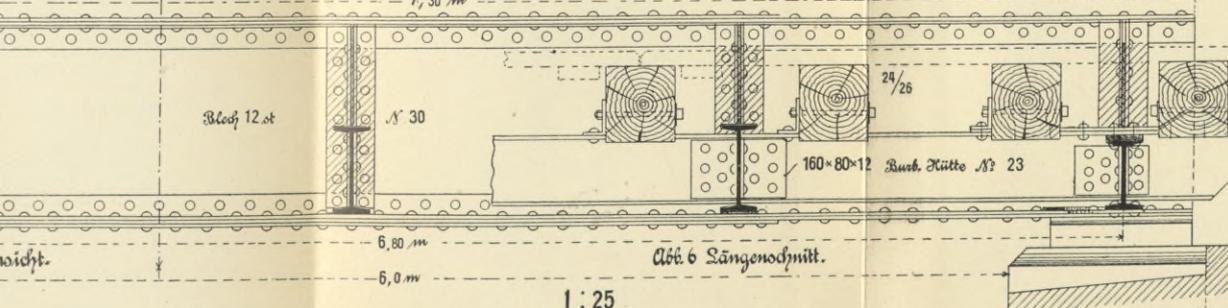


Abb. 6 Längenschnitt.

Normalentwürfe.
Zu flussseitigen Brücken,
überbauten für Bauwerke
von 1-8 m Lichtweite
der Preussischen
Staatsseisenbahnen.

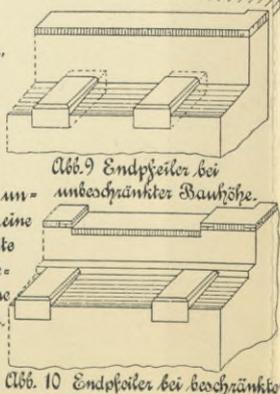


Abb. 9 Endposten bei unbeschränkter Bauhöhe.

Abb. 10 Endposten bei beschränkter Bauhöhe.

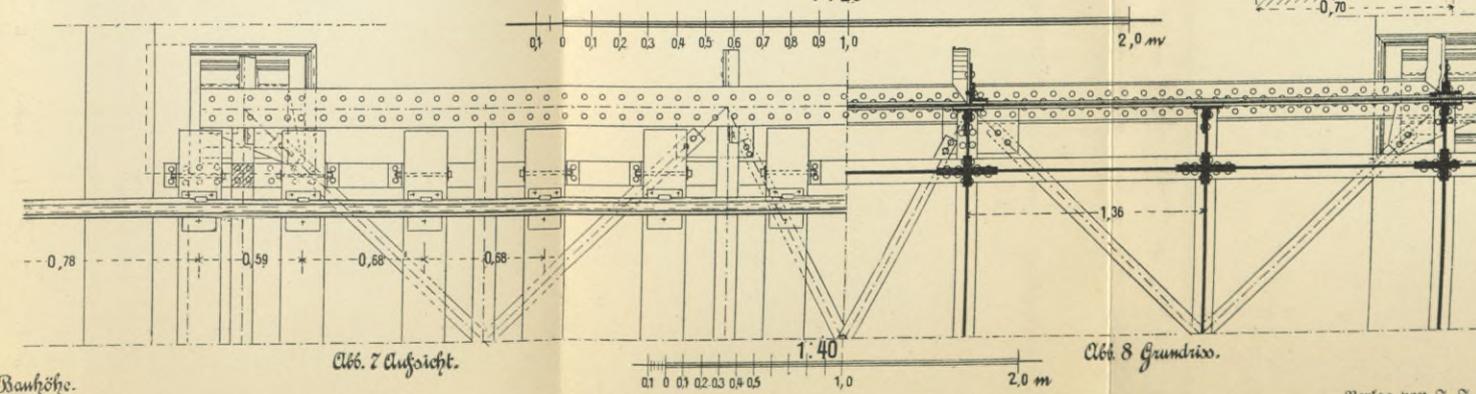
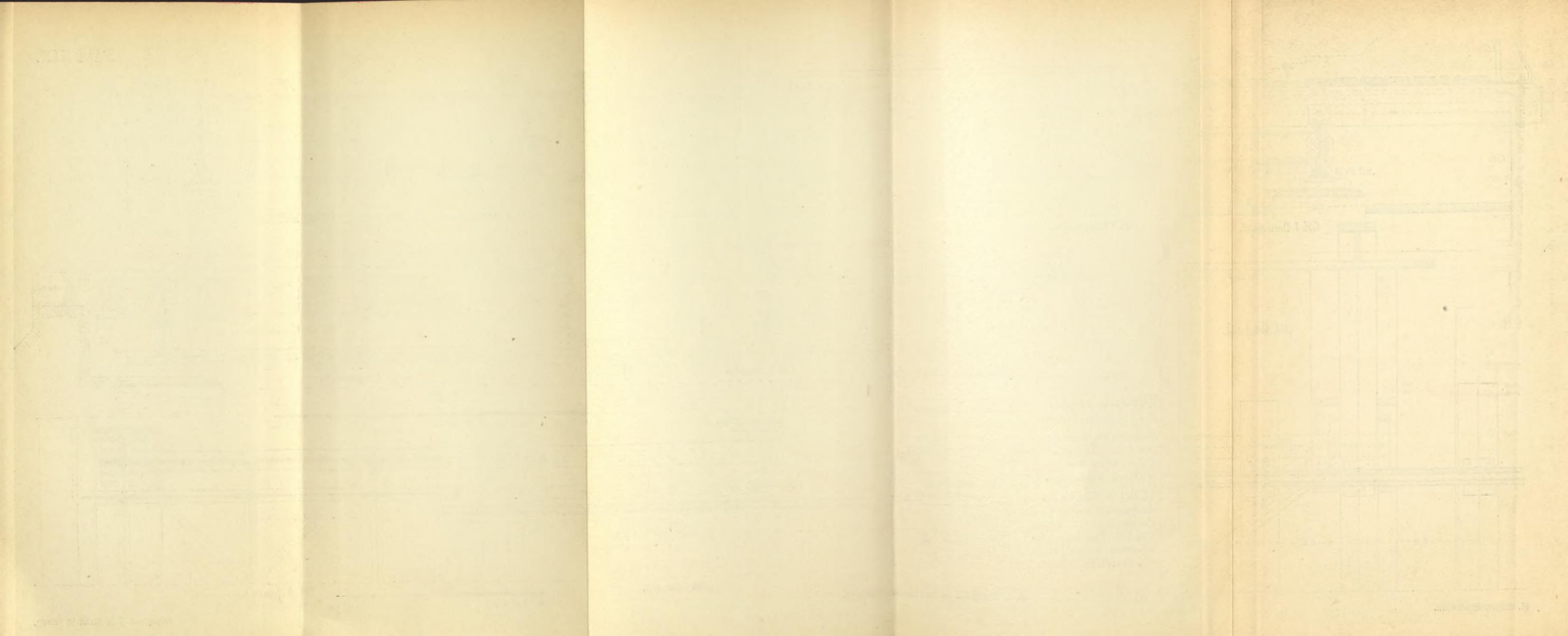


Abb. 7 Aufsicht.

Abb. 8 Grundriss.



Bewegliche Brücken.

Abb. 1. Schema einer Roll- oder Schiebebrücke. Abb. 9 u. 10. Kugelbrücke mit Ziehkräusen. (Portalbrücke).

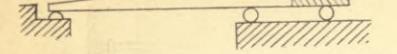


Abb. 2. Schrägverschiebbare Rollbrücke.

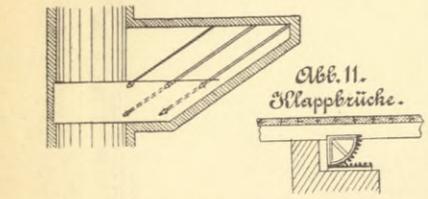


Abb. 11. Klappbrücke.



Abb. 5.

Schema einer Klappbrücke.

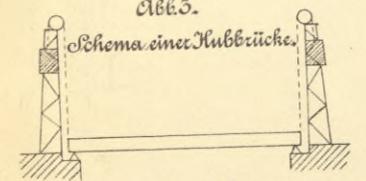


Abb. 20. Schema der Proell-Scharonkischen Hebel-Konstruktion für Drehbrücken.

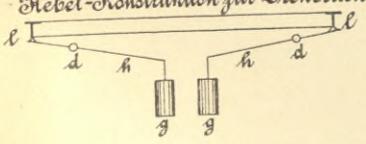


Abb. 17 u. 18. Schema einer gleicharmigen Drehbrücke (System Schwedler).

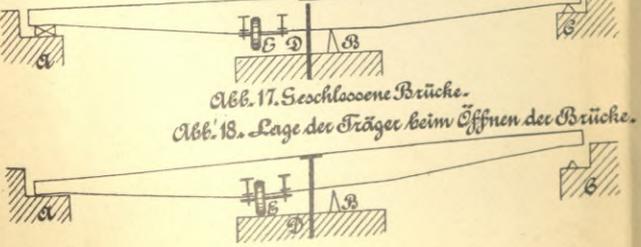
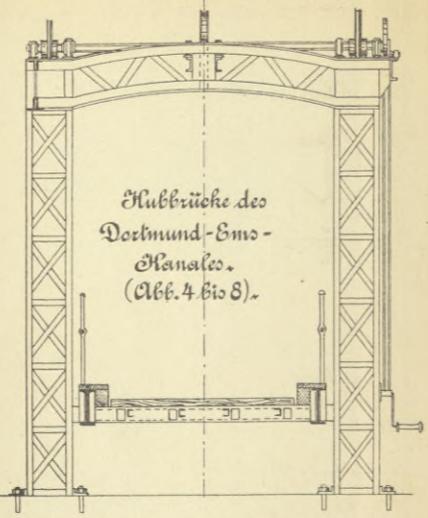


Abb. 17. Geschlossene Brücke.

Abb. 18. Lage der Träger beim Öffnen der Brücke.

Abb. 4. Schnitt. Abb. 5. Ansicht.



Klappbrücke des Vorhmund-Emo-Kanals. (Abb. 4 bis 8).

Abb. 9. Ansicht.

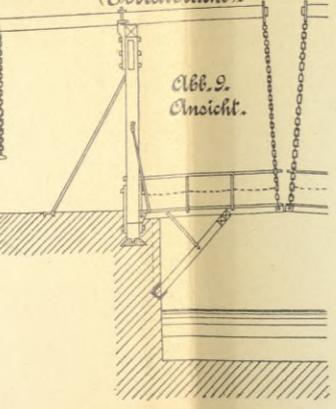


Abb. 10. Aufsicht.

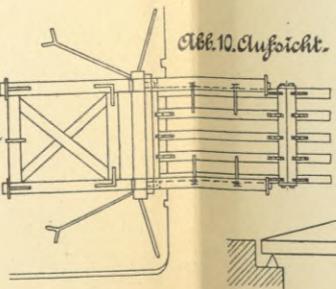


Abb. 16. Ungleicharmige Drehbrücke mit armierten Trägern.

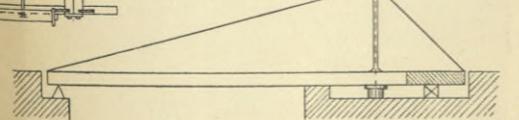


Abb. 21 u. 22. Kranbrücke bei Anulle.

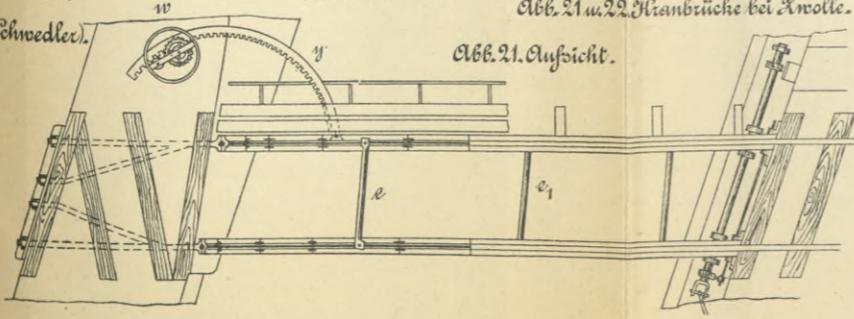


Abb. 21. Aufsicht.

Abb. 6. Seitenansicht bei gelöbener Brücke. Abb. 7. Schnitt durch die Mitte bei geschlossener Brücke.

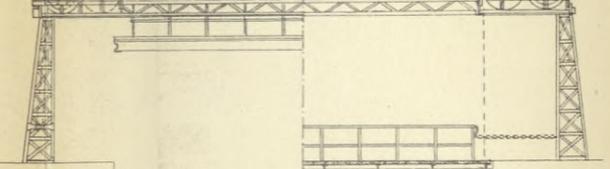


Abb. 8. Aufsicht.

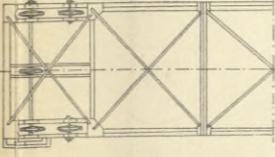


Abb. 23. Längerverbindung der Joche der Schiffbrücke über den Rißensee bei Spandau.

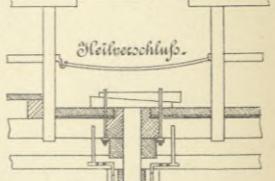


Abb. 24. Schnitt durch ein Brückenschiff.

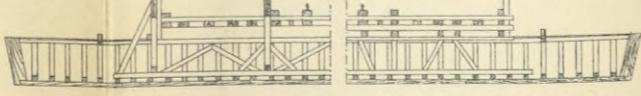


Abb. 24-31. Straßen- u. Eisenbahn-Schiffbrücke bei Maxau. Abb. 26. Skuppung der Mitteljoche.

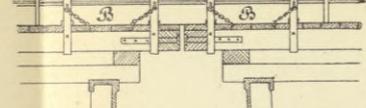


Abb. 27. Skuppung der Mitteljoche.

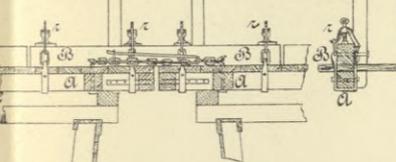


Abb. 25. Aufsicht auf ein Brückenjoche.

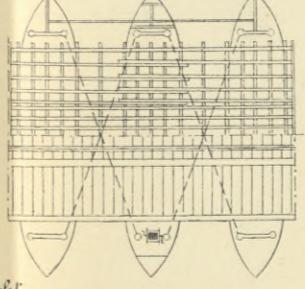


Abb. 22. Ansicht.

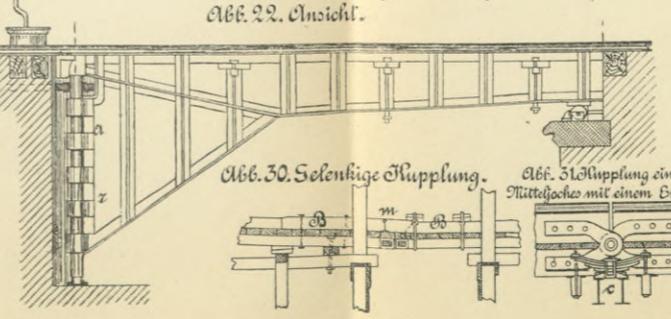


Abb. 30. Selenige Skuppung.

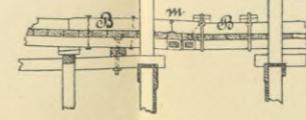


Abb. 31. Skuppung eines Mitteljoche mit einem Endjoche.

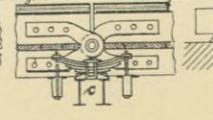


Abb. 12. Ansicht.



Abb. 13. Aufsicht.

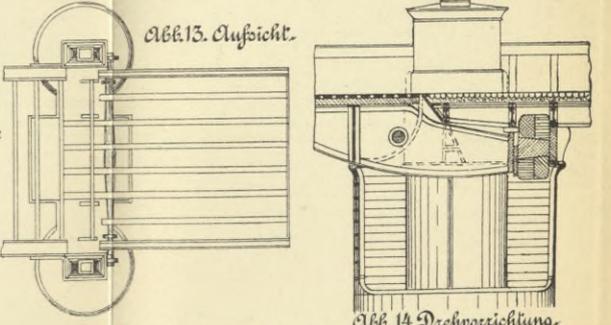


Abb. 12-15. Schippelsbro-Klappbrücke zu Kopenhagen. Abb. 15. Querschnitt.



Abb. 29. Skuppung der Mitteljoche mit den Durchlaufjochen.

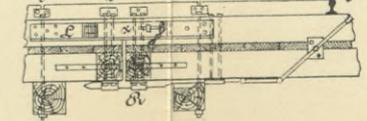


Abb. 28.

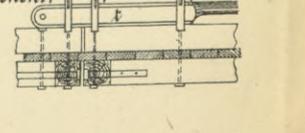


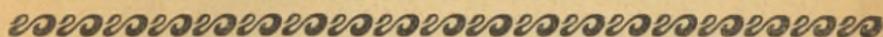
Abb. 19. Schema einer zweiflügeligen Drehbrücke.



Webers Illustrierte Katechismen

Belehrungen aus den Gebieten der Wissenschaften,
Künste und Gewerbe usw.

Jeder Band ist in Leinwand gebunden.



- Abbreviaturenlexikon.** Wörterbuch lateinischer und italienischer Abkürzungen, wie sie in Urkunden und Handschriften besonders des Mittelalters gebräuchlich sind, dargestellt in über 16 000 Zeichen, nebst einer Abhandlung über die mittelalterliche Kurzschrift, einer Zusammenstellung epigraphischer Sigel, der alten römischen und arabischen Zählung und der Zeichen für Münzen, Maße und Gewichte von Adriano Cappelli. 1901. 7 Mark 50 Pf.
- Ackerbau, praktischer.** Von Wilhelm Hamm. Dritte Auflage, gänzlich umgearbeitet von H. G. Schmitter. Mit 138 Abbildungen. 1890. 3 Mark.
- Agrikulturchemie.** Von Dr. Max Passon. Siebente, neubearbeitete Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1901. 3 Mark 50 Pf.
- Akustik** [. Physik.
- Alabasterschlägerei** [. Liebhaberkünste.
- Algebra.** Von Richard Schurig. Fünfte Auflage. 1903. 3 Mark.
- Algebraische Analysis.** Von Franz Bendi. Mit 6 Abbildungen. 1901. 2 Mark 50 Pf.
- Alpenreisen** [. Bergsteigen.
- Anstandslehre** [. Ästhetische Bildung und Con, der gute.
- Appretur** [. Chemische Technologie und Spinnerei.
- Archäologie.** Übersicht über die Entwicklung der Kunst bei den Völkern des Altertums von Dr. Ernst Kroker. Zweite, durchgesehene Auflage. Mit 133 Text- und 3 Tafeln Abbildungen. 1900. 3 Mark.
- Archivkunde** [. Registratur usw.
- Arithmetik, praktische.** Handbuch des Rechnens für Lehrende und Lernende. Vierte Auflage, vollständig neu bearbeitet von Professor Ernst Riedel. 1901. 3 Mark 50 Pf.
- Ästhetik.** Belehrungen über die Wissenschaft vom Schönen und der Kunst von Robert Pröbß. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1904. 3 Mark 50 Pf.
- Ästhetische Bildung des menschlichen Körpers.** Lehrbuch zum Selbstunterricht für alle gebildeten Stände, insbesondere für Bühnenkünstler von Oskar Guttmann. Dritte, verbesserte Auflage. 1902. 4 Mark.
- Astronomie.** Belehrungen über den gestirnten Himmel, die Erde und den Kalender von Dr. Hermann J. Klein. Neunte, vielfach verbesserte Auflage. Mit 143 Text- und 3 Tafeln Abbildungen. 1900. 3 Mark 50 Pf.
- Ätherische Öle** [. Chemische Technologie.
- Äben** [. Liebhaberkünste.
- Aufsatz, schriftlicher,** [. Stilistik.
- Auge, das, und seine Pflege im gesunden und kranken Zustande.** Nebst einer Anweisung über Brillen. Dritte Auflage, bearbeitet von Dr. med. Paul Schröter. Mit 24 Abbildungen. 1887. 2 Mark 50 Pf.

- Auswanderung.** Kompaß für Auswanderer nach europäischen Ländern, Asien, Afrika, den deutschen Kolonien, Australien, Süd- und Zentralamerika, Mexiko, den Vereinigten Staaten von Amerika und Kanada. Siebente Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Gustav Meinecke. Mit 4 Karten. 1897. 2 Mark 50 Pf.
- Bakterien.** Von Prof. Dr. W. Migula. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 35 Abbildungen. 1903. 2 Mark 50 Pf.
- Ballspiele** [s. Bewegungsspiele sowie Englische Kugel- und Ballspiele.
- Bank- und Börsenwesen.** Zweite Auflage, nach den neuesten Bestimmungen der Gesetzgebung umgearbeitet von Georg Schweizer. 1902. 3 Mark 50 Pf.
- Baukonstruktionslehre.** Mit besonderer Berücksichtigung von Reparaturen und Umbauten. Von Walter Lange. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 479 Text- und 3 Tafeln Abbildungen. 1898. 4 Mark 50 Pf.
- Bauschlosserei** [s. Schlosserei II.
- Baustile**, oder Lehre der architektonischen Stilarten von den ältesten Zeiten bis auf die Gegenwart. Nebst einer Erklärung der im Werke vorkommenden Kunstausdrücke. Von Dr. Ed. Freiherrn von Sacken. Fünfzehnte Auflage. Mit 103 Abbildungen. 1903. 2 Mark.
- Baustofflehre.** Von Walter Lange. Mit 162 Abbildungen. 1898. 3 Mark 50 Pf.
- Beleuchtung** [s. Chemische Technologie und Heizung usw.
- Bergbaukunde.** Von Professor G. Köhler. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 225 Abbildungen. 1903. 4 Mark.
- Bergsteigen.** Katechismus für Bergsteiger, Gebirgstouristen und Alpenreisende von Julius Meurer. Mit 22 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
- Bewegungsspiele für die deutsche Jugend.** Von J. E. Lion und J. H. Wortmann. Mit 29 Abbildungen. 1891. 2 Mark.
- Bienenkunde und Bienenzucht.** Von G. Kirsten. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage, herausgegeben von J. Kirsten. Mit 51 Abbildungen. 1887. 2 Mark.
- Bierbrauerei.** Hilfsbüchlein für Praktiker und Studierende von Professor M. Kraudauer. Mit 42 Abbildungen. 1898. 4 Mark.
- [s. auch Chemische Technologie.
- Bildhauerei** für den kunstliebenden Laien. Von Professor Rudolf Maison. Mit 63 Abbildungen. 1894. 3 Mark.
- Bleicherei** [s. Chemische Technologie und Wäscherei usw.
- Bleichsucht** [s. Blutarmut usw.
- Blumenbinderei.** Anleitung zur künstlerischen Zusammenstellung von Blumen und Pflanzen und zur Einrichtung und Führung einer Blumenhandlung von Willy Lange. Mit 31 Text- und 25 Tafeln Abbildungen. 1903. 3 Mark.
- Blumenzucht** [s. Ziergärtnerei.
- Blutarmut und Bleichsucht.** Von Dr. med. Hermann Peters. Zweite Auflage. Mit zwei Tafeln kolorierter Abbildungen. 1885. 1 Mark 50 Pf.
- Blutvergiftung** [s. Infektionskrankheiten.
- Börsenwesen** [s. Bank- und Börsenwesen.
- Bossieren** [s. Liebkaberkünste.
- Botanik.** Zweite Auflage. Vollständig neu bearbeitet von Dr. E. Dennert. Mit 260 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
- Botanik, landwirtschaftliche.** Von Karl Müller. Zweite Auflage, vollständig umgearbeitet von R. Herrmann. Mit 48 Text- und 4 Tafeln Abbildungen. 1870. 2 Mark.

- Brandmalerei** [. Liebhaberkünste.
- Brennerei** [. Chemische Technologie.
- Briefmarkenkunde und Briefmarkensammelwesen.** Von Viktor Suppant [schil]ch.
Mit 1 Porträt und 7 Textabbildungen. 1895. 3 Mark.
- Bronzemalerei** [. Liebhaberkünste.
- Buchbinderei.** Von Hans Bauer. Mit 97 Abbildungen. 1899. 4 Mark.
- Buchdruckerkunst.** Siebente Auflage, neu bearbeitet von Johann Jakob Weber.
Mit 139 Abbildungen und mehreren farbigen Beilagen. 1901. 4 Mark 50 Pf.
- Buchführung (einfache und doppelte), kaufmännische.** Von Oskar Klemich.
Sechste, durchgesehene Auflage. Mit 7 Abbildungen und 3 Wechselformularen.
1902. 3 Mark.
- Buchführung, landwirtschaftliche.** Von Prof. Dr. Karl Birnbaum. 1879. 2 Mark.
- Bürgerliches Gesetzbuch** [. Gesetzbuch.
- Butterbereitung** [. Chemische Technologie und Milchwirtschaft.
- Chemie.** Von Prof. Dr. Heinrich Hirtel. Achte, vermehrte und verbesserte Auflage.
Mit 32 Abbildungen. 1901. 5 Mark.
- Chemikalienkunde.** Eine kurze Beschreibung der wichtigsten Chemikalien des Handels. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. M. Piet [schil]ch. 1903.
3 Mark.
- Chemische Technologie** [. Technologie.
- Cholera** [. Infektionskrankheiten.
- Choreographie** [. Tanzkunst.
- Chronologie.** Mit Beschreibung von 33 Kalendern verschiedener Völker und Zeiten
von Dr. Adolf Drechsler. Dritte, verbesserte und sehr vermehrte Auflage.
1881. 1 Mark 50 Pf.
- [. auch Urkundenlehre.
- Citatentextikon.** Sammlung von Citaten, Sprichwörtern, [sprichwörtlichen Redensarten und Sentenzen von Daniel Sanders. Mit dem Bildnis des Verfassers.
1899. Einfach gebunden 6 Mark, in Geschenkeinband 7 Mark.
- Correspondance commerciale** par J. Forest. D'après l'ouvrage de même nom en langue allemande par E. F. Findeisen. 1895. 3 Mark 50 Pf.
- Dampfkessel, Dampfmaschinen und andere Wärmemotoren.** Ein Lehr- und Nachschlagebuch für Praktiker, Techniker und Industrielle von Th. Schwarze. Siebente, verbesserte und verbesserte Auflage. Mit 285 Text- und 12 Tafeln Abbildungen. 1901. 5 Mark.
- Dampfmaschinen** [. Dampfkessel und Maschinenlehre.
- Darmerkrankungen** [. Magen usw.
- Darwinismus.** Von Dr. Otto Zacharias. Mit dem Porträt Darwins, 39 Text- und 1 Tafel Abbildungen. 1892. 2 Mark 50 Pf.
- Deiftermalerei** [. Liebhaberkünste.
- Destillation, trockene** [. Chemische Technologie.
- Dichtkunst** [. Poetik.
- Differential- und Integralrechnung.** Von Franz Bendi. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 39 Abbildungen. 1901. 3 Mark.
- Diphtherie** [. Infektionskrankheiten.
- Diplomatik** [. Urkundenlehre.
- Dogmatik.** Von Prof. D. Dr. Georg Runze. 1898. 4 Mark.

- Drainierung** und Entwässerung des Bodens. Von Dr. William Löbe. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 92 Abbildungen. 1881. 2 Mark.
- Dramaturgie.** Von Robert Pröhl. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1890. 4 Mark.
- Drechlerei.** Von Ehr. Hermann Walde und Hugo Knoppe. Mit 392 Abbildungen. 1903. 6 Mark.
- Drogenkunde.** Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. M. Piet[sch] und A. Fuchs. 1900. 3 Mark.
- Düngemittel, künstliche** [. Chemische Technologie.
- Düngerlehre** [. Agrikulturchemie.
- Dysenterie** [. Infektionskrankheiten.
- Einjährig-Freiwillige.** Der Weg zum Einjährig-Freiwilligen und zum Offizier des Beurlaubtenstandes in Armee und Marine. Von Oberstleutnant z. D. Moritz Exner. Zweite Auflage. 1897. 2 Mark.
- Eissegeln und Eisspiele** [. Wintersport.
- Elektrizität** [. Physik.
- Elektrochemie.** Von Dr. Walter Löb. Mit 43 Abbildungen. 1897. 3 Mark.
- Elektrotechnik.** Ein Lehrbuch für Praktiker, Chemiker und Industrielle von Theodor Schwarze. Siebente, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 280 Abbildungen. 1901. 5 Mark.
- Entwässerung** [. Drainierung.
- Erd- und Straßenbau.** Für den Unterricht an technischen Lehranstalten und zum praktischen Gebrauche für Bauingenieure, Straßenmeister und Tiefbautechniker sowie zum Selbststudium bearbeitet von Professor Richard Krüger. Mit 200 Abbildungen. 1904. 5 Mark 50 Pf.
- Essigfabrikation** [. Chemische Technologie.
- Ethik.** Von Friedrich Kirchner. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. 1898. 3 Mark.
- Fahrkunst.** Gründliche Unterweisung für Equipagenbesitzer und Kutscher über rationelle Behandlung und Dressur des Wagenpferdes, Anspannung und Fahren von Friedrich Hamelmann. Dritte Auflage. Mit 21 Abbildungen. 1885. 4 Mark 50 Pf.
- Familienhäuser für Stadt und Land** als Fortsetzung von „Villen und kleine Familienhäuser“. Von Georg Hster. Mit 110 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 6 in den Text gedruckten Figuren. 1898. 5 Mark.
- Farbenlehre.** Von Ernst Berger. Mit 40 Abbildungen und 8 Farbentafeln. 1898. 4 Mark 50 Pf.
- Färberei.** Dritte Auflage. Neubearbeitung von Dr. Grothes „Färberei und Zeugdruck“ von Dr. H Ganswindt. Mit 120 Abbildungen. 1904. 6 Mark.
[. auch Chemische Technologie.
- Farbstofffabrikation** [. Chemische Technologie.
- Farbwarenkunde.** Von Dr. G. Heppe. 1881. 2 Mark.
- Fechtkunst** [. Fiebschule und Stoßschule.
- Feldmesskunst.** Von Prof. Dr. E. Piet[sch]. Siebente Auflage. Mit 76 Abbildungen. 1903. 1 Mark 80 Pf.
- Festigkeitslehre** [. Statik.
- Fette** [. Chemische Technologie.
- Feuerbestattung.** Von M. Pauly. Mit 31 Abbildungen. 1904. 2 Mark.
- Feuerlösch- und Feuerwehrewesen.** Von Rudolf Fried. Mit 217 Abbildungen. 1899. 4 Mark 50 Pf.
- Feuerwerkerei** [. Chemische Technologie und Luftfeuerwerkerei.
- Fieber** [. Infektionskrankheiten.
- Finanzwissenschaft.** Von Alois Bischof. Sechste, verbesserte Auflage. 1898. 2 Mark.

Webers Illustrierte Katechismen.

- Fischzucht**, künstliche. und Teichwirtschaft. Wirtschaftslehre der zahmen Fischerei von Eduard August Schröder. Mit 52 Abbildungen. 1889. 2 Mark 50 Pf.
- Flachsbaum und Flachsbereitung**. Von K. Sonntag. Mit 12 Abbildungen. 1872. 1 Mark 50 Pf.
- Flecktyphus** [Infektionskrankheiten.
- Flöte und Flötenspiel**. Ein Lehrbuch für Flötenbläser von Maximilian Schwedler. Mit 22 Abbildungen und vielen Notenbeispielen. 1897. 2 Mark 50 Pf.
- Forstbotanik**. Von H. Fischbach. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 79 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
- Fossilien** [Geologie und Versteinerungskunde.
- Frau, das Buch der jungen**. Ratsschläge für Schwangerschaft, Geburt und Wochenbett von Dr. med. H. Burckhardt. Fünfte, verbesserte Auflage. 1899. 2 Mark 50 Pf., in Geschenkeinband 3 Mark.
- Frauenkrankheiten, ihre Entstehung und Verhütung**. Eine populärwissenschaftliche Studie von Dr. med. Wilhelm Huber. Vierte Auflage. Mit 40 Abbildungen. 1895. 4 Mark.
- Freimaurerei**. Von Dr. Willem Smitt Zweite, verbesserte Auflage. 1899. 2 Mark.
- Fremdwörter** [Wörterbuch, Deutsches.
- Fuß** [Hand und Fuß.
- Fußball** [Bewegungsspiele sowie Englische Kugel- und Ballspiele.
- Galvanoplastik und Galvanostegie**. Kurzgefaßter Leitfaden für das Selbststudium und den Gebrauch in der Werkstatt von Dr. Georg Langbein und Dr. Ing. Alfred Frießner. Vierte, vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 78 Abbildungen. 1904. 3 Mark 50 Pf.
- Gartenbau** [Nutz-, Zier-, Zimmergärtnerei, Obstverwertung und Rosenzucht.
- Gastfabrikation** [Chemische Technologie.
- Gebärdensprache** [Ästhetische Bildung und Mimik.
- Geburt** [Frau, das Buch der jungen.
- Gedächtniskunst oder Mnemotechnik**. Von Hermann Kothe. Achte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Dr. Georg Pietzsch. 1897. 1 Mark 50 Pf.
- Geflügelzucht**. Ein Merkbüchlein für Liebhaber, Züchter und Aussteller schönen Rassegelügel von Bruno Dürigen. Mit 40 Abbildungen und 7 Tafeln. 1890. 4 Mark.
- Geisteskrankheiten**. Geschildert für gebildete Laien von Dr. med. Theobald Günz. 1890. 2 Mark 50 Pf.
- Geldschrankbau** [Schlosserei I.
- Gemäldekunde**. Von Dr. Theodor v. Frimmel. Zweite, umgearbeitete und stark vermehrte Auflage. Mit 38 Abbildungen. 1904. 4 Mark.
- Gemüsebau** [Nutzgärtnerei.
- Genickstarre** [Infektionskrankheiten.
- Geographie**. Von Karl Hrenz. Fünfte Auflage, gänzlich umgearbeitet von Prof. Dr. Fr. Traumüller und Dr. O. Fahn. Mit 69 Abbildungen. 1899. 3 Mark 50 Pf.
- Geographie, mathematische**. Zweite Auflage, umgearbeitet und verbessert von Dr. Hermann J. Klein. Mit 114 Abbildungen. 1894. 2 Mark 50 Pf.
- Geographische Verbreitung der Tiere** [Tiere usw.
- Geologie**. Von Prof. Dr. Hippolyt Haas. Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 180 Abbildungen und 1 Tafel. 1902. 3 Mark 50 Pf.
- Geometrie, analytische**. Von Dr. Max Friedrich. Zweite Auflage, durchgesehen und verbessert von Ernst Riedel. Mit 56 Abbildungen. 1900. 3 Mark.
- Geometrie, darstellende** [Projektionslehre.
- Geometrie, ebene und räumliche**. Von Prof. Dr. Karl Eduard Zetzsche. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 223 Abbildungen und 2 Tabellen. 1892. 3 Mark.

- Gerberei** [. Chemische Technologie.
- Gesangskunst.** Von Professor Ferdinand Sieber. Sechste Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1903. 2 Mark 50 Pf.
- Gesangsorgane** [. Gymnastik der Stimme.
- Geschichte, allgemeine** [. Weltgeschichte.
- Geschichte, deutsche.** Von Wilhelm Ketzler. 1879. 2 Mark 50 Pf.
- Gesellschaft, menschliche** [. Soziologie.
- Gesetzbuch, Bürgerliches** nebst Einföhrungsgefes. Textausgabe mit Sachregister. 1896. 2 Mark 50 Pf.
- Gesetzgebung des Deutschen Reiches** [. Reich, das Deutsche.
- Gesteinskunde** [. Geologie und Petrographie.
- Gesundheitslehre,** naturgemäße, auf physiologischer Grundlage. Siebzehn Vorträge von Dr. med. Fr. Scholz. Mit 7 Abbildungen. 1884. 3 Mark 50 Pf.
- Gewerbeordnung für das Deutsche Reich.** Textausgabe mit Sachregister. 1901. 1 Mark 20 Pf.
- Gicht und Rheumatismus.** Von Dr. med. Arnold Pagenstecher. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 9 Abbildungen. 1903. 2 Mark.
- Girwesen.** Von Karl Berger. Mit 21 Formularen. 1881. 2 Mark.
- Glasfabrikation** [. Chemische Technologie.
- Glasmalerei** [. Porzellan- und Glasmalerei sowie Liebhaberkünfte.
- Glasradieren** [. Liebhaberkünfte.
- Gobelmalerei** [. Liebhaberkünfte.
- Goniometrie** [. Trigonometrie.
- Gravieren** [. Liebhaberkünfte.
- Gymnastik, ästhetische und pädagogische** [. Ästhetische Bildung usw.
- Haare** [. Haut, Haare, Nägel.
- Hand und Fuß.** Ihre Pflege, ihre Krankheiten und deren Verhütung nebst Heilung von Dr. med. J. Albu. Mit 30 Abbildungen. 1895. 2 Mark 50 Pf.
- Handelsgesetzbuch für das Deutsche Reich** nebst Einföhrungsgefes. Textausgabe mit Sachregister. 1897. 2 Mark.
- Handelsmarine, deutsche.** Von Kapitän zur See z. D. Richard Dittmer. Mit 1 Karte und 66 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
- Handelsrecht, deutsches,** nach dem Handelsgesetzbuch für das Deutsche Reich von Robert Fischer. Vierte, vollständig umgearbeitete Auflage. 1901. 2 Mark.
- Handelswissenschaft** auf volkswirtschaftlicher Grundlage. Siebente Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. Otto Goldberg. 1903. 3 Mark.
- Harmonielehre** [. Kompositionslehre.
- Haut, Haare, Nägel,** ihre Pflege, ihre Krankheiten und deren Heilung nebst einem Anhang über Kosmetik von Dr. med. H. Schultz. Vierte Auflage, neu bearbeitet von Dr. med. E. Uollmer. Mit 42 Abbildungen. 1898. 2 Mark 50 Pf.
- Heerwesen, deutsches.** Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Oberleutnant z. D. Moriz Exner. Mit 7 Abbildungen. 1896. 3 Mark.
- Heilgymnastik.** Von Dr. med. H. A. Ramdohr. Mit 115 Abbildungen. 1893. 3 Mark 50 Pf.
- Heizung, Beleuchtung und Ventilation.** Von Ch. Schwarze. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 209 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
- Heizung** [. auch Chemische Technologie.
- Heraldik.** Grundzüge der Wappenkunde von D. Ed. Freih. v. Sacken. Sechste Auflage, neu bearbeitet von Moriz v. Weittenhiller. Mit 238 Abbildungen. 1899. 2 Mark.

- Herz, Blut- und Lymphgefäße, Nieren und Kropfdrüse.** Ihre Pflege und Behandlung im gesunden und kranken Zustande von Dr. med. Paul Niemeyer. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Mit 49 Abbildungen. 1890. 3 Mark.
- Hiebfechtschule, deutsche, für Korb- und Glockenrapier.** Eine kurze Anweisung zur Erlernung des an unseren deutschen Hochschulen gebräuchlichen Hiebfechtens. Herausgegeben vom Verein deutscher Universitätsfechtmeister. Zweite Auflage. Mit 64 Abbildungen. 1901. 1 Mark 50 Pf.
- Holzindustrie, technischer Ratgeber auf dem Gebiete der.** Taschenbuch für Werkmeister, Betriebsleiter, Fabrikanten und Handwerker von Rudolf Stübbling. Mit 112 Abbildungen. 1901. 6 Mark.
- Holzmalerei, -schlägerei** [Liebhaberkünfte.
- Hornschlägerei** [Liebhaberkünfte.
- Hufbeschlag.** Zum Selbstunterricht für jedermann. Von E. Ch. Walther. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 67 Abbildungen. 1889. 1 Mark 50 Pf.
- Hühnerzucht** [Geflügelzucht.
- Hunderassen.** Von Franz Krichler. Mit 42 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
- Hüttenkunde, allgemeine.** Von Prof. Dr. E. F. Dürre. Mit 209 Abbildungen. 1877. 4 Mark 50 Pf.
- Infektionskrankheiten.** Von Dr. med. H. Dippe. 1896. 3 Mark.
- Influenza** [Infektionskrankheiten.
- Intarsiaschnitt** [Liebhaberkünfte.
- Integralrechnung** [Differential- und Integralrechnung.
- Invalidenversicherung.** Von Alfred Wengler. 1900. 2 Mark.
- Jäger und Jagdfreunde** von Franz Krichler. Zweite Auflage, durchgesehen von G. Knapp. Mit 57 Abbildungen. 1902. 3 Mark.
- Kalenderkunde.** Belehrungen über Zeitrechnung, Kalenderwesen und Feste. Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Prof. Dr. Bruno Peter. 1901. 2 Mark.
- [auch Chronologie.
- Kaliindustrie** [Chemische Technologie.
- Käsebereitung** [Chemische Technologie und Milchwirtschaft.
- Kehlkopf, der, im gesunden und erkrankten Zustande.** Von Dr. med. E. L. Merkel. Zweite Auflage, bearbeitet von Sanitätsrat Dr. med. O. Heinze. Mit 33 Abbildungen. 1896. 3 Mark 50 Pf.
- Kellerwirtschaft** [Weinbau.
- Keramik** [Chemische Technologie.
- Keramik, Geschichte der.** Von Friedrich Jännicke. Mit 417 Abbildungen. 1900. 10 Mark.
- Kerbschnitt** [Liebhaberkünfte.
- Kerzen** [Chemische Technologie.
- Keuchhusten** [Infektionskrankheiten.
- Kind, das, und seine Pflege.** Von Dr. med. Livius Fürst. Fünfte, umgearbeitete und bereicherte Auflage. Mit 129 Abbildungen. 1897. 4 Mark 50 Pf., in Geschenkeinband 5 Mark.
- [auch Sprache und Sprachfehler des Kindes.
- Kindergarten, Einführung in die Theorie und Praxis des.** Von Eleonore Heerwart. Mit 37 Abbildungen. 1901. 2 Mark 50 Pf.
- Kirchengeschichte.** Von Friedrich Kirchner. 1880. 2 Mark 50 Pf.
- Klavierspiel, die Elemente des.** Von Franklin Taylor. Deutsche Ausgabe von Mathilde Stegmayer. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit vielen Notenbeispielen. 1893. 2 Mark.

- Klavierunterricht.** Studien, Erfahrungen und Ratschläge von Louis Köhler. Fünfte, neu durchgearbeitete Auflage. 1886. 5 Mark.
- Klempnerei.** Von Franz Dreher. Erster Teil. Die Materialien, die Arbeitstechniken und die dabei zur Verwendung kommenden Werkzeuge, Maschinen und Einrichtungen. Mit 339 Abbildungen. 1902. 4 Mark 50 Pf.
- — Zweiter Teil. Die heutigen Arbeitsgebiete der Klempnerei. Mit 622 Abbildungen. 1902. 4 Mark 50 Pf.
- Knabenhandarbeit.** Ein Handbuch des erziehlichen Unterrichts von Dr. Woldemar Göthe. Mit 69 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
- Kompositionslehre.** Von Joh. Ehrst. Lobe. Siebente, vermehrte und verbesserte Auflage von Richard Hofmann. 1902. 3 Mark 50 Pf.
- Korkarbeit** [Liebhaberkünste.
- Korrespondenz, kaufmännische.** Von E. F. Findeisen. Sechste, vermehrte Auflage. Zum vierten Male bearbeitet von Franz Hahn. 1902. 2 Mark 50 Pf.
- — — — — in französischer Sprache [Correspondance commerciale.
- Kosmetik** [Haut, Haare, Nägel sowie Die Zähne ufw.
- Kostümkunde.** Von Wolfg. Quincke. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 459 Kostümfiguren in 152 Abbildungen. 1890. 4 Mark 50 Pf.
- Krankenpflege im Hause.** Von Dr. med. Paul Wagner. Mit 71 Abbildungen. 1890. 4 Mark.
- Krankenversicherung.** Von Alfred Wengler. 1898. 2 Mark.
- Krankheiten, ansteckende** [Infektionskrankheiten.
- Krieket** [Englische Kugel- und Ballspiele.
- Kriegsmarine, deutsche.** Von Kapitän zur See a. D. R. Dittmer. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit Titelbild und 174 Abbildungen. 1899. 4 Mark.
- Kristallographie** [Mineralogie.
- Krocket** [Bewegungsspiele [owie Englische Kugel- und Ballspiele.
- Krupp** [Infektionskrankheiten.
- Kugel- und Ballspiele, englische.** Ein Leitfaden für die deutschen Spieler von Franz Prejinsky. Mit 105 Abbildungen. 1903. 3 Mark 50 Pf.
- Kulturgeschichte.** Von J. J. Honegger. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1889. 2 Mark.
- Kunstgeschichte.** Von Bruno Bucher. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 276 Abbildungen. 1899. 4 Mark.
- — — [auch Archäologie.
- Kurzschrift, mittelalterliche** [Abbiaviaturenlexikon.
- Lawn-Tennis** [Bewegungsspiele [owie Englische Kugel- und Ballspiele.
- Lederschnitt** [Liebhaberkünste.
- Leimfabrikation** [Chemische Technologie.
- Liebhaberkünste.** Von Wanda Friedrich. Mit 250 Abbildungen. 1890. 2 Mark 50 Pf.
- Literaturgeschichte, allgemeine.** Von Prof. Dr. Adolf Stern. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1892. 3 Mark.
- Literaturgeschichte, deutsche.** Von Dr. Paul Möbius. Siebente, verbesserte Auflage von Prof. Dr. Gotthold Klee. 1890. 2 Mark.
- Logarithmen.** Von Professor Max Meyer. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 3 Tafeln und 7 Textabbildungen. 1898. 2 Mark 50 Pf.
- Logik.** Von Friedrich Kirchner. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 36 Abbildungen. 1900. 3 Mark.
- Lunge.** Ihre Pflege und Behandlung im gefunden und kranken Zustande von Dr. med. Paul Diemeyer. Neunte, umgearbeitete Auflage von Dr. med. Karl Gerster. Mit 41 Abbildungen. 1900. 3 Mark.

- Lungenentzündung und Lungenschwindsucht** [. Infektionskrankheiten.
- Lustfeuerwerkerei.** Kurzer Lehrgang für die gründliche Ausbildung in allen Teilen der Pyrotechnik von G. H. von Nida. Mit 124 Abbildungen. 1883. 2 Mark.
- Magen und Darm, die Erkrankungen des.** Für den Laien gemeinverständlich dargestellt von Dr. med. Edgar v. Sohler n. Mit 2 Abbildungen und 1 Tafel. 1895. 3 Mark 50 Pf.
- Magnetismus** [. Physik.
- Malaria** [. Infektionskrankheiten.
- Malerei.** Ein Ratgeber und Führer für angehende Künstler und Dilettanten von Professor Karl Raupp. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 54 Text- und 9 Tafeln Abbildungen. 1904. 3 Mark.
— [. auch Liebhaberkünste, Porzellan- und Glasmalerei.
- Mandelerntzündung** [. Infektionskrankheiten.
- Marine** [. Handels- bez. Kriegsmarine.
- Markscheidkunst.** Von O. Brathuhn. Mit 174 Abbildungen. 1892. 3 Mark.
- Maschinen** [. Dampfkessel.
- Maschinenelemente.** Von L. Osterdinger. Mit 595 Abbildungen. 1902. 6 Mark.
- Maschinenlehre, allgemeine.** Beschreibung der gebräuchlichsten Kraft- und Arbeitsmaschinen der verschiedenen Industriezweige. Von Ch. Schwartze. Mit 327 Abbildungen. 1903. 6 Mark.
- Masern** [. Infektionskrankheiten.
- Massage.** Von Dr. med. E. Preller. Zweite, völlig neu bearbeitete Auflage von Dr. med. Ralf Wichmann. Mit 89 Abbildungen. 1903. 3 Mark 50 Pf.
- Mechanik.** Von Ph. Huber. Siebente Auflage, den Fortschritten der Technik entsprechend bearbeitet von Professor Walter Lange. Mit 215 Abbildungen. 1902. 3 Mark 50 Pf.
- Mechanische Technologie** [. Technologie.
- Meereskunde, allgemeine.** Von Johannes Walther. Mit 72 Abbildungen und einer Karte. 1893. 5 Mark.
- Metalläßen, -schlagen, -treiben** [. Liebhaberkünste.
- Metallurgie.** Von Dr. Ch. Fischer. Mit 29 Abbildungen. 1904. 5 Mark.
- Meteorologie.** Von Prof. Dr. W. J. van Bebb er. Dritte, gänzlich umgearbeitete Auflage. Mit 63 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
- Mikroskopie.** Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. Siegfried Garten. Mit 152 Abbildungen und einer farbigen Tafel. 1904. 4 Mark.
- Milch, künstliche** [. Chemische Technologie.
- Milchwirtschaft.** Von Dr. Eugen Werner. Mit 23 Abbildungen. 1884. 3 Mark.
- Milzbrand** [. Infektionskrankheiten.
- Mimik und Gebärdenprache.** Von Karl Skraup. Mit 60 Abbildungen. 1892. 3 Mark 50 Pf.
- Mineralogie.** Von Dr. Eugen Hüllak. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 223 Abbildungen. 1901. 3 Mark.
- Motoren** [. Dampfkessel usw.
- Mumps** [. Infektionskrankheiten.
- Münzkunde.** Von Hermann Dannenberg. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 11 Tafeln Abbildungen. 1899. 4 Mark.
- Musik.** Von J. E. Lobe. Achtundzwanzigste, durchgesehene Auflage von Richard Hofmann. 1904. 1 Mark 50 Pf.
- Musikgeschichte.** Von Robert Müjoi. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 15 Abbildungen und 34 Notenbeispielen. 1888. 2 Mark 50 Pf.

- Musikinstrumente**, ihre Beschreibung und Verwendung von Richard Hofmann. Sechste, vollständig neu bearbeitete Auflage. Mit 205 Abbildungen und zahlreichen Notenbeispielen. 1903. 4 Mark.
- Musterschub** [Patentwesen usw.
- Mythologie**. Von Dr. Ernst Kroker. Mit 73 Abbildungen. 1891. 4 Mark.
- Nägel** [Haut, Haare, Nägel.
- Nagelarbeit** [Liebhaberkünste.
- Naturlehre**. Erklärung der wichtigsten physikalischen, meteorologischen und chemischen Erscheinungen des täglichen Lebens von Dr. L. E. Brewer. Vierte, umgearbeitete Auflage. Mit 53 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
- Nervosität**. Von Dr. med. Paul Julius Möbius. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1885. 2 Mark 50 Pf.
- Nivellierkunst**. Von Prof. Dr. L. Pietzsch. Fünfte, umgearbeitete Auflage. Mit 61 Abbildungen. 1900. 2 Mark.
- Numismatik** [Münzkunde.
- Nutzgärtnerei**. Grundzüge des Gemüse- und Obstbaues von Hermann Jäger. Fünfte, vermehrte und verbesserte Auflage, nach den neuesten Erfahrungen und Fortschritten umgearbeitet von J. Weisshöft. Mit 63 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.
- Obstbau** [Nutzgärtnerei.
- Obstverwertung**. Anleitung zur Behandlung und Aufbewahrung des frischen Obstes, zum Dörren, Einkochen, Einmachen, sowie zur Wein-, Likör-, Branntwein- und Essigbereitung aus den verschiedensten Obst- und Beerenarten von Johannes Weisshöft. Mit 45 Abbildungen. 1897. 3 Mark.
- Ohr, das**, und seine Pflege im gesunden und kranken Zustande. Von Prof. Dr. med. Ernst Richard Hagen. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 45 Abbildungen. 1883. 2 Mark 50 Pf.
- Öle** [Chemische Technologie.
- Optik** [Physik.
- Orden** [Ritter- und Verdienstorden.
- Orgel**. Erklärung ihrer Struktur, besonders in Beziehung auf technische Behandlung beim Spiel von E. F. Richter. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von Hans Menzel. Mit 25 Abbildungen. 1896. 3 Mark.
- Ornamentik**. Leitfaden über die Geschichte, Entwicklung und charakteristischen Formen der Verzierungsstile aller Zeiten von F. Kanitz. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 137 Abbildungen. 1902. 2 Mark 50 Pf.
- Pädagogik**. Von Dr. Friedrich Kirchner. 1890. 2 Mark.
- Pädagogik, Geschichte der**. Von Friedrich Kirchner. 1899. 3 Mark.
- Paläographie** [Urkundenlehre.
- Paläontologie** [Versteinerungskunde.
- Patentwesen**, Muster- und Warenzeichenschutz. Von Otto Sack. Mit 3 Abbildungen. 1897. 2 Mark 50 Pf.
- Perspektive, angewandte**. Nebst Erläuterungen über Schattenkonstruktion und Spiegelbilder von Professor Max Kleiber. Vierte, durchgesehene Auflage. Mit 145 Text- und 7 Tafeln Abbildungen. 1904. 3 Mark.
- Petrofaktenkunde** [Versteinerungskunde.
- Petrographie**. Lehre von der Beschaffenheit, Lagerung und Bildungsweise der Gesteine von Prof. Dr. J. Blaas. Zweite, vermehrte Auflage. Mit 86 Abbildungen. 1898. 3 Mark.

Webers Illustrierte Katechismen.

- Pferdedressur** [. Fahrkunst und Reitkunst].
- Pflanzen, die leuchtenden** [. Tiere und Pflanzen usw.].
- Pflanzenmorphologie, vergleichende.** Von Dr. E. Dennert. Mit über 600 Einzelbildern in 506 Figuren. 1894. 5 Mark.
- Philosophie.** Von J. H. v. Kirchmann. Vierte, durchgesehene Aufl. 1897. 3 Mark.
- Philosophie, Geschichte der,** von Chales bis zur Gegenwart. Von Lic. Dr. Friedrich Kirchner. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 4 Mark.
- Photographie.** Anleitung zur Erzeugung photographischer Bilder von Dr. Julius Schnauß. Fünfte, verbesserte Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1895. 2 Mark 50 Pf.
- Phrenologie.** Von Gustav Scheve. Achte Auflage. Mit 19 Abbildungen. 1896. 2 Mark.
- Physik.** Von Prof. Dr. Julius Kollert. Sechste, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 304 Abbildungen. 1903. 7 Mark.
- Physik, Geschichte der.** Von Prof. Dr. E. Gerland. Mit 72 Abbildungen. 1892. 4 Mark.
- Physiologie des Menschen,** als Grundlage einer naturgemäßen Gesundheitslehre. Von Dr. med. Fr. Scholz. Mit 58 Abbildungen. 1883. 3 Mark.
- Planetographie.** Eine Beschreibung der im Bereiche der Sonne zu beobachtenden Körper von O. Lohse. Mit 15 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.
- Planimetrie** mit einem Anhange über harmonische Teilung, Potenzlinien und das Berührungssystem des Apollonius. Von Ernst Riedel. Mit 190 Abbildungen. 1900. 4 Mark.
- Pocken** [. Infektionskrankheiten].
- Poetik, deutsche.** Von Prof. Dr. Johannes Minckwitz. Dritte Auflage. 1890. 2 Mark 50 Pf.
- Porzellan- und Glasmalerei.** Von Robert Ulke. Mit 77 Abbildungen. 1894. 3 Mark.
- Projektionslehre.** Mit einem Anhange, enthaltend die Elemente der Perspektive. Von Julius Hoch. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 121 Abbildungen. 1898. 2 Mark.
- Psychologie.** Von Friedrich Kirchner. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1896. 3 Mark.
- Pulverfabrikation** [. Chemische Technologie].
- Punzieren** [. Liebhaberkünste].
- Pyrotechnik** [. Luftfeuerwerkerei].
- Rachenbräune** [. Infektionskrankheiten].
- Radfahrtsport.** Von Dr. Karl Bießendahl. Mit 105 Abbildungen. 1897. 3 Mark.
- Rauberechnung.** Anleitung zur Größenbestimmung von Flächen und Körpern jeder Art von Prof. Dr. E. Piet[sch]. Vierte, verbesserte Auflage. Mit 55 Abbildungen. 1898. 1 Mark 80 Pf.
- Rebenkultur** [. Weinbau usw.].
- Rechnen** [. Arithmetik].
- Rechnen, kaufmännisches.** Von Robert Stern. 1904. 5 Mark.
- Redekunst.** Anleitung zum mündlichen Vortrage von Roderich Benedix. Sechste Auflage. 1903. 1 Mark 50 Pf.
- [. auch Vortrag, der mündliche].
- Registrator- und Archivkunde.** Handbuch für das Registrator- und Archivwesen bei den Reichs-, Staats-, Hof-, Kirchen-, Schul- und Gemeindebehörden, den Rechtsanwälten usw. [owie bei den Staatsarchiven von Georg Holzinger. Mit Beiträgen von Dr. Friedr. Leist. 1883. 3 Mark.

- Reich, das Deutsche.** Ein Unterrichtsbuch in den Grundrissen des deutschen Staatsrechts, der Verfassung und Gesetzgebung des Deutschen Reiches von Dr. Wilhelm Zeller. Zweite, vielfach umgearbeitete und erweiterte Auflage. 1880. 3 Mark.
- Reinigung** [. Wäscherei usw.]
- Reitkunst** in ihrer Anwendung auf Campagne-, Militär- und Schulreiterei. Von Adolf Kästner. Vierte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 71 Text- und 2 Tafeln Abbildungen. 1892. 6 Mark.
- Religionsphilosophie.** Von Prof. D. Dr. Georg Runze. 1901. 4 Mark.
- Rheumatismus** [. Gicht usw. und Infektionskrankheiten.]
- Ritter- und Verdienstorden** aller Kulturstaaen der Welt innerhalb des 19. Jahrhunderts. Auf Grund amtlicher und anderer zuverlässiger Quellen zusammengestellt von Maximilian Gröner. Mit 700 Abbildungen. 1893. 9 Mark, in Pergamenteinband 12 Mark.
- Rose** [. Infektionskrankheiten.]
- Rosenzucht.** Vollständige Anleitung über Zucht, Behandlung und Verwendung der Rosen im Lande und in Töpfen von Hermann Jäger. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage, bearbeitet von P. Lampert. Mit 70 Abbildungen. 1893. 2 Mark 50 Pf.
- Röteln** [. Infektionskrankheiten.]
- Rotlauf** [. Infektionskrankheiten.]
- Rob** [. Infektionskrankheiten.]
- Rückfallfieber** [. Infektionskrankheiten.]
- Ruder- und Segelsport.** Von Otto Gußi. Mit 66 Abbildungen und einer Karte. 1898. 4 Mark.
- Ruhr** [. Infektionskrankheiten.]
- Säugetiere, Vorfahren der, in Europa.** Von Albert Gaudry. Aus dem Französischen übersetzt von William Marshall. Mit 40 Abbildungen. 1891. 3 Mark.
- Schachspielkunst.** Von R. J. S. Portius. Zwölfte, vermehrte und verbesserte Auflage. 1901. 2 Mark 50 Pf.
- Scharlach** [. Infektionskrankheiten.]
- Schattenkonstruktion** [. Perspektive.]
- Schauspielkunst** [. Dramaturgie.]
- Schlitten- und Schlittschuhsport** [. Wintersport.]
- Schlosserei.** Von Julius Hoch. Erster Teil (Beschläge, Schloßkonstruktionen und Geldschrankbau). Mit 256 Abbildungen. 1899. 6 Mark.
 ——— Zweiter Teil (Bauschlosserei). Mit 288 Abbildungen. 1899. 6 Mark.
 ——— Dritter Teil (Kunstschlosserei und Verschönerungsarbeiten des Eisens). Mit 201 Abbildungen. 1901. 4 Mark 50 Pf.
- Schneeschuhsport** [. Wintersport.]
- Schneiberei** [. Liebhaberkünste.]
- Schnupfen** [. Infektionskrankheiten.]
- Schreibunterricht.** Mit einem Anhang: Die Rundschrift. Dritte Auflage, neu bearbeitet von Georg Funk. Mit 82 Figuren. 1893. 1 Mark 50 Pf.
- Schwangerschaft** [. Frau, das Buch der jungen.]
- Schwimmkunst.** Von Martin Schwägerl. Zweite Auflage. Mit III Abbildungen. 1897. 2 Mark.
- Schwindsucht** [. Infektionskrankheiten.]

- Segelsport** [. Ruder- und Segelsport.]
- Seifenfabrikation** [. Chemische Technologie.]
- Selbsterziehung.** Ein Wegweiser für die reifere Jugend von John Stuart Blackie. Deutsche autorisierte Ausgabe von Dr. Friedrich Kirchner. Dritte Auflage 1903. 2 Mark.
- Sinne und Sinnesorgane der niederen Tiere.** Von E. Jourdan. Aus dem Französischen übersezt von William Marshall. Mit 48 Abbildungen. 1891. 4 Mark.
- Sitte, die feine** [. Con, der gute.]
- Sittenlehre** [. Ethik.]
- Skrofulose** [. Infektionskrankheiten.]
- Sozialismus, der moderne.** Von Max Haushofer. 1896. 3 Mark.
- Soziologie.** Die Lehre von der Entstehung und Entwicklung der menschlichen Gesellschaft. Von Dr. Rudolf Eisler. 1903. 4 Mark.
- Sphragistik** [. Urkundenlehre.]
- Spiegelbilder** [. Perspektive.]
- Spiele** [. Bewegungsspiele, Englische Kugel- und Ballspiele sowie Kindergarten.]
- Spinnerei, Weberei und Appretur.** Vierte Auflage, vollständig neu bearbeitet von Niklas Reijser. Mit 348 Abbildungen. 1901. 6 Mark.
- Spiritusbrennerei** [. Chemische Technologie.]
- Spießpocken** [. Infektionskrankheiten.]
- Sprache und Sprachfehler des Kindes.** Gesundheitslehre der Sprache für Eltern, Erzieher und Ärzte von Dr. med. Hermann Gutschmann. Mit 22 Abbildungen. 1894. 3 Mark 50 Pf.
- Sprache, deutsche** [. Wörterbuch, deutsches.]
- Sprachlehre, deutsche.** Von Dr. Konrad Michelsen. Vierte, verbesserte und vermehrte Auflage von Friedrich Hedderich. 1898. 2 Mark 50 Pf.
- Sprachorgane** [. Gymnastik der Stimme.]
- Sprengstoffe** [. Chemische Technologie.]
- Sprichwörter** [. Citatenlexikon.]
- Staatsrecht** [. Reich, das Deutsche.]
- Städtebau** [. Erd- und Straßenbau.]
- Stalldienst und Stallpflege** [. Fahrkunst.]
- Starrkrampf** [. Infektionskrankheiten.]
- Statik** mit gesonderter Berücksichtigung der zeichnerischen und rechnerischen Methoden. Von Walter Lange. Mit 284 Abbildungen. 1897. 4 Mark.
- Steinäßen, -mosaik** [. Liebhaberkünste.]
- Stenographie.** Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende der Stenographie im allgemeinen und des Systems von Gabelsberger im besonderen von Professor Heinrich Krieg. Dritte, vermehrte Auflage. Mit Titelbild. 1900. 3 Mark.
- Stereometrie.** Mit einem Anhang über Kegelschnitte sowie über Maxima und Minima, begonnen von Richard Schurig, vollendet und einheitlich bearbeitet von Ernst Riedel. Mit 159 Abbildungen. 1898. 3 Mark 50 Pf.
- Stile** [. Baustile und Ornamentik.]
- Stilistik.** Eine Anweisung zur Ausarbeitung schriftlicher Aufsätze von Dr. Konrad Michelsen. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage, herausgegeben von Friedrich Hedderich. 1898. 2 Mark 50 Pf.
- Stimme, Gymnastik der,** gestützt auf physiologische Gesetze. Eine Anweisung zum Selbstunterricht in der Übung und dem richtigen Gebrauche der Sprach- und Gesangsorgane von Oskar Guttman. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 24 Abbildungen. 1902. 3 Mark 50 Pf.

- Stoßfechtsschule, deutsche, nach Kreußlerschen Grundsätzen.** Zusammen- gestellt und herausgegeben vom Verein deutscher Fechtmeister. Mit 42 Abbil- dungen. 1892. 1 Mark 50 Pf.
- Stottern** [. Sprache und Sprachfehler.
- Strahlenpilzkrankheit** [. Infektionskrankheiten.
- Straßenbau** [. Erd- und Straßenbau.
- Tanzkunst.** Ein Leitfaden für Lehrer und Lernende nebst einem Anhang über Choreographie von Bernhard Klemm. Siebente Auflage. Mit 83 Abbildungen und vielen musikalisch-rhythmischen Beispielen. 1901. 3 Mark.
- [auch Ästhetische Bildung usw.
- Taubenzucht** [. Geflügelzucht.
- Technologie, chemische.** Unter Mitwirkung von P. Kersting, M. Horn, Ch. Fischer, A. Junghahn und J. Pinnow herausgegeben von Paul Kersting und Max Horn. Erster Teil. Anorganische Verbindungen. Mit 70 Abbildungen. 1902. 5 Mark.
- — Zweiter Teil. Organische Verbindungen. Mit 72 Abbildungen. 1902. 5 Mark.
- — Dritter Teil siehe Hüttenkunde.
- — Vierter Teil siehe Metallurgie.
- Technologie, mechanische.** Von Albrecht von Ihering. Zweite, völlig um- gearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 349 Abbildungen. 1904. 4 Mark.
- Teichwirtschaft** [. Fischzucht usw.
- Telegraphie, elektrische.** Von Prof. Dr. K. Ed. Zetzsche. Sechste, völlig um- gearbeitete Auflage. Mit 315 Abbildungen. 1883. 4 Mark.
- Textilindustrie** [. Spinnerei usw.
- Tiere, geographische Verbreitung der.** Von E. L. Trouessart. Aus dem Fran- zösischen übersetzt von W. Marshall. Mit 2 Karten. 1892. 4 Mark.
- Tiere und Pflanzen, die leuchtenden.** Von Henri Gadeau de Kerville. Aus dem Französischen übersetzt von W. Marshall. Mit 28 Abbildungen. 1893. 3 Mark.
- Tierzucht, landwirtschaftliche.** Von Dr. Eugen Werner. Mit 20 Abbildungen. 1880. 2 Mark 50 Pf.
- Tintenfabrikation** [. Chemische Technologie.
- Tollwut** [. Infektionskrankheiten.
- Ton, der gute, und die feine Sorte.** Von Eufemia v. Adlersfeld geb. Gräfin Ballestrem. Dritte Auflage. 1899. 2 Mark.
- [auch Ästhetische Bildung usw.
- Tonwarenindustrie** [. Chemische Technologie.
- Trichinenkrankheit** [. Infektionskrankheiten.
- Trichinenschau.** Von F. W. Ruffert. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 52 Abbildungen. 1895. 1 Mark 80 Pf.
- Trigonometrie.** Von Franz Bendt. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 42 Figuren. 1901. 2 Mark.
- Tuberkulose** [. Infektionskrankheiten.
- Turnkunst.** Von Prof. Dr. Moritz Klopß. Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 100 Abbildungen. 1887. 3 Mark.
- Typhus** [. Infektionskrankheiten.
- Uhrmacherkunst.** Von F. W. Ruffert. Vierte, vollständig neu bearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 252 Abbildungen und 5 Tabellen. 1901. 4 Mark.
- Unfallversicherung.** Von Alfred Wengler. 1898. 2 Mark.
- Uniformkunde.** Von Richard Knötel. Mit über 1000 Einzelfiguren auf 100 Tafeln, gezeichnet vom Verfasser. 1896. 6 Mark.

- Unterleibsbrüche.** Ihre Ursachen, Erkenntnis und Behandlung von Dr. med. Fr. Ravoith. Zweite, von Dr. med. G. Wolzendorff bearbeitete Auflage. Mit 28 Abbildungen. 1886. 2 Mark 50 Pf.
- Urkundenlehre.** Diplomatik, Paläographie, Chronologie und Sprachistik von Dr. Friedrich Leift. Zweite, verbesserte Auflage. Mit 6 Tafeln Abbildungen. 1893. 4 Mark.
- Ventilation** [Heizung usw.
- Verfassung des Deutschen Reichs** [Reich, das Deutsche.
- Versicherungswesen.** Von Oskar Lemcke. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. 1888. 2 Mark 40 Pf.
— [auch Invaliden-, Kranken-, Unfallversicherung.
- Verskunst, deutsche.** Von Dr. Roderich Benedix. Dritte, durchgesehene und verbesserte Auflage. 1894. 1 Mark 50 Pf.
- Versteinerungskunde** (Petrefaktenkunde, Paläontologie). Eine Übersicht über die wichtigeren Formen des Tier- und des Pflanzenreiches der Vorwelt von Prof. Dr. Hippolyt Haas. Zweite, gänzlich umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 234 Abbildungen und 1 Tafel. 1902. 3 Mark 50 Pf.
- Villen und kleine Familienhäuser.** Von Georg Hster. Mit 112 Abbildungen von Wohngebäuden nebst dazugehörigen Grundrissen und 23 in den Text gedruckten Figuren. Zehnte Auflage. 1904. 5 Mark.
(Fortsetzung dazu [Familienhäuser für Stadt und Land.)
- Violine und Violinspiel.** Von Reinhold Jockisch. Mit 19 Abbildungen und zahlreichen Notenbeispielen. 1900. 2 Mark 50 Pf.
- Vögel, der Bau der.** Von William Marshall. Mit 229 Abbildungen. 1895. 7 Mark 50 Pf.
- Völkerkunde.** Von Dr. Heinrich Schurz. Mit 67 Abbildungen. 1893. 4 Mark.
- Völkerrecht.** Von Dr. Albert Zorn. Zweite, vollständig neu bearbeitete Auflage. 1903. 4 Mark.
- Volkswirtschaftslehre.** Sechste Auflage. Unter der Presse.
- Vortrag, der mündliche.** Ein Lehrbuch für Schulen und zum Selbstunterricht von Roderich Benedix. Erster Teil. Die reine und deutliche Aussprache des Hochdeutschen. Neunte Auflage. 1902. 1 Mark 50 Pf.
— Zweiter Teil. Die richtige Betonung und die Rhythmik der deutschen Sprache. Fünfte Auflage. 1904. 3 Mark.
— Dritter Teil. Schönheit des Vortrages. Fünfte Auflage. 1901. 3 Mark 50 Pf.
— [auch Redekunst und Gymnastik der Stimme.
- Wappenkunde** [Heraldik.
- Warenkunde.** Sechste Auflage, vollständig neu bearbeitet von Dr. M. Pietich. 1899. 3 Mark 50 Pf.
- Warenzeichenschutz** [Patentwesen usw.
- Wäscherei, Reinigung und Bleicherei.** Von Dr. Hermann Grothe. Zweite, vollständig umgearbeitete Auflage. Mit 41 Abbildungen. 1884. 2 Mark.
— [auch Chemische Technologie.
- Wasserkur und ihre Anwendungsweise.** Von Dr. med. E. Preller. Mit 38 Abbildungen. 1891. 3 Mark 50 Pf.
- Wasserversorgung der Gebäude.** Von Professor Walter Lange. Mit 282 Abbildungen. 1902. 3 Mark 50 Pf.
- Weberei** [Spinnerei usw.
- Wechselfieber** [Infektionskrankheiten.

- Wechselrecht, allgemeines deutsches.** Mit besonderer Berücksichtigung der Abweichungen und Zusätze der österreichischen und ungarischen Wechselordnung und des eidgenössischen Wechsel- und Scheckgesetzes. Von Karl Arenz. Dritte, ganz umgearbeitete und vermehrte Auflage. 1884. 2 Mark.
- Weinbau, Rebenkultur und Weinbereitung.** Von Friedrich Jakob Dochnahl. Dritte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit einem Anhang: Die Kellereiwirtschaft. Von H. v. Babo. Mit 55 Abbildungen. 1896. 2 Mark 50 Pf.
- Weinbereitung** [. Chemische Technologie.
- Weltgeschichte, allgemeine.** Von Prof. Dr. Theodor Flath. Dritte Auflage. Mit 10 Stammtafeln und einer tabellarischen Übersicht. 1899. 3 Mark 50 Pf.
- Windpocken** [. Infektionskrankheiten.
- Wintersport.** Von Max Schneider. Mit 140 Abbildungen. 1894. 3 Mark.
- Witterungskunde** [. Meteorologie.
- Wochenbett** [. Frau, das Buch der jungen.
- Wörterbuch, deutsches.** Wörterbuch der deutschen Schrift- und Umgangssprache sowie der wichtigsten Fremdwörter. Von Dr. J. H. Kallschmidt, neu bearbeitet und vielfach ergänzt von Dr. Georg Lehnert. 1900. 7 Mark 50 Pf.
- Zähne, ihre Natur, Pflege, Erhaltung, Krankheit und Heilung.** Nebst einem Anhang über Kosmetik und künstliche Zähne von Dr. med. H. Klencke. Zweite, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 39 Abbildungen. 1879. 2 Mark 50 Pf.
- Ziegelfabrikation** [. Chemische Technologie.
- Ziegenpeter** [. Infektionskrankheiten.
- Ziergärtnerei.** Belehrung über Anlage, Ausschmückung und Unterhaltung der Gärten, sowie über Blumenzucht von H. Jäger. Sechste Auflage, nach den neuesten Erfahrungen und Fortschritten umgearbeitet von J. Wesselhöft. Mit 104 Abbildungen. 1901. 3 Mark 50 Pf.
- Zimmergärtnerei.** Von M. Lebl. Zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 89 Abbildungen. 1901. 3 Mark.
- Zoologie.** Zweite Auflage, vollständig neu bearbeitet von Prof. Dr. William Marshall. Mit 297 Abbildungen. 1901. 7 Mark 50 Pf.
- Zuckerfabrikation** [. Chemische Technologie.
- Zündhölzerfabrikation** [. Chemische Technologie.
- Zündmittel** [. Chemische Technologie.

Verzeichnisse mit Inhaltsangabe jedes Bandes stehen unentgeltlich zur Verfügung.

Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber in Leipzig

Reudnitzer Straße 1—7.

August 1904.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

8-96

S. 61

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301620

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000296116