

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II
L. inv.

~~1846~~

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297164

x
572

Bibliothek der gesamten Technik. o 97. Band

Brücken aus Stein

Von

Professor Gottfried Koll

Oberlehrer an der Königlichen Baugewerkschule
zu Münster i. W.

Mit 153 Abbildungen im Text



/289261

Hannover

Dr. Max Jänecke, Verlagsbuchhandlung
1908

958



I-301716

Alle Rechte vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

~~II 1846~~

102009

Altenburg

Pierersche Hofbuchdruckerei

Stephan Geibel & Co.

Akc. Nr.

~~3578/49~~

V o r w o r t.

Die Brücken aus Stein sind in ähnlicher Art behandelt wie die Brücken aus Holz. Größere Untersuchungen theoretischer Fragen sind im Interesse der Leser unterlassen. Die einzelnen Brückenteile werden besprochen, durch Skizzen erläutert und die Ausführung angegeben; dann wird der Zusammenhang aller Teile durch Beispiele ausgeführter Steinbrücken klargelegt. Dadurch soll sich ein Bild des Brückenbaues in Stein in deutlichen Zügen ergeben.

Ältere Konstruktionen sind der Übersicht halber und damit sie nicht etwa von Unkundigen neu erfunden werden, angeführt; doch ist auf ihre Bedeutung hingewiesen.

Im allgemeinen ist auch hier der von meinen schon a. a. O. erwähnten Kollegen und mir bearbeitete Lehrstoff des Brückenbaues für die Tiefbauabteilung der hiesigen Baugewerkschule zugrunde gelegt.

Die Ausführungen, deren Verständlichkeit schon von manchem geprüft wurde, werden auch hier bei entsprechendem Zwecke nicht versagen.

Die als Quellwerke benutzten Bücher sind nachstehend aufgeführt.

Von verschiedenen Eisenbahndirektionen und Wasserbauinspektionen sind ausgeführte Bauwerke neben bereits veröffentlichten verwertet.

Gemeinsames für Brücken aus Holz und Stein ist in den Brücken aus Holz angeführt (siehe Bibliothek der gesamten Technik Band 78). Auf diese Angaben wird hier verwiesen.

Sollten sich Fehler im Text oder in den Skizzen eingeschlichen haben, so bitte ich um gefällige Mitteilung, die ich mit bestem Danke entgegennehmen und verwenden werde.

Münster i. W., am 30. Dezember 1907.

G. Koll.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Brücken aus Stein	7
Geschichtlicher Überblick	7
Baustoffe: Ziegelsteine, Bruchsteine, Werk- steine, Beton, Mörtel	10
Brückenteile: Widerlager und Pfeiler	14
Flügel.	25
1. Durchlässe	35
Röhrendurchlässe, Offene Durchlässe, Plattendurchlässe, Gewölbte oder ge- stampfte Durchlässe	35
2. Offene Brücken	62
3. Gewölbte Brücken	67
Form, Verband und Baustoff	67
Ausführung der Gewölbe	72
Hintermauerung	75
Übermauerung	76
Entwässerung.	77
Abdeckung	84
Stirnmauerwerk	86
Brüstungen und Geländer.	88
Fahrbahn	90
Schiefe Gewölbe und deren Ersatz	91
Brückengattungen	102
1. Wegeunterführungen (Eisenbahnunter- führungen).	102
2. Wegeüberführungen (Eisenbahnüber- führungen).	105
3. Bachbrücken	108
4. Flußbrücken	108
5. Strombrücken	110
6. Talbrücken	110
7. Brücken über Kanäle	114
8. Kanalbrücken	114
9. Wasserleitungsbrücken.	117
Ausführung gewölbter Brücken	119
II. Lehrgerüste	122
Sachverzeichnis	133

Gebrauchte Werke.

- Handbuch der Ingenieurwissenschaften. II. Bd.:
Brückenbau. Leipzig 1888.
- Handbuch der Baukunde. III. Abteilung: Baukunde
des Ingenieurs, 4. Heft: Brückenbau, Berlin 1892.
- R. Ludwig, Wegbrücken in Stein, Eisen und Holz.
2. Aufl. Leipzig 1888.
- Prof. Richard Krüger, Leitfaden des Brückenbaues.
Leipzig 1905.
- Handbuch der Architektur: Brückenbau. Berlin 1892.
- Prof. F. Heinzerling, Die Brücken der Gegenwart.
Heft I u. II. 2. Aufl. Berlin 1891.
- C. M. Bauernfeinds Vorlegeblätter zur Brückenbau-
kunde. 2. Aufl. Stuttgart 1872.
- Dr. E. Winkler, Theorie der Brücken. 3. Aufl. Wien 1886.
- Deutsches Bauhandbuch. Bd. III. Berlin 1879.
- A. v. Kaven, Der Wegebau. 2. Aufl. Hannover 1870.
- A. v. Kaven, Disposition von Brücken und praktische
Details. Aachen 1874/75.
- E. Wulff, Vollständ. Anleitung zur Konstruktion massiver
Brücken und Durchlässe. Leipzig 1869.
- „Hütte“: Des Ingenieurs Taschenbuch. II. Abt. Ernst
& Korn, Berlin. 1899.
- Die Straßenbrücken der Stadt Berlin, heraus-
gegeben vom Magistrat. Berlin, Springer 1902.
- Tschertou, Der Brückenbau. Wiesbaden 1907.
- und andere Zeitschriften und Bücher.

I. Brücken aus Stein.

Geschichtlicher Überblick.

Die Aufzeichnungen der Vergangenheit über Steinbrücken haben für die Jetztzeit wenig Interesse, da die damaligen Brückenbauten entweder nur geringe Spannweiten oder recht plumpe Gestaltung aufweisen, wie wir an erhaltenen Tiberbrücken aus der Römerzeit des Altertums noch erkennen können. Außer einigen älteren Steinbrücken der Ägypter und Griechen und anderen, die sich zum Teil der Auskragung bedienen, sind diese mit Halbkreisgewölben versehenen Wegebrücken die offenbar schon vorgerückten Vertreter des Brückenbaues unter Benutzung von Gewölben, deren erste Verwendung nicht bekannt ist. Auch Wasserleitungen und Wege wurden von den Römern mit steinernen gewölbten Brücken und Spannweiten bis zu 25 m bei beträchtlichen Höhen über Schluchten und Täler hinweggeführt.

Über die Spannweiten und Bauarten der Römer kam die Zwischenzeit bis zum 16. Jahrhundert nicht hinaus. Erst das Ende dieses Jahrhunderts brachte eine kühnere Bauweise mit größeren Spannweiten, geringeren Stärken der Gewölbe und der Widerlager und Bogen mit flacherem Stich. Die Fleischerbrücke zu Nürnberg wurde im Jahre 1599 mit $\frac{1}{8}$ Stich erbaut.

Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts macht sich im Brückenbau eher ein Rückschritt als ein Fortschreiten bemerkbar.

Durch die französischen Ingenieure wurde dann aber eine wissenschaftliche Behandlung des Brückenbaues angestrebt.

Die statischen Verhältnisse wurden durchschaut, die Darstellung, besonders des Steinschnittes, wurde studiert und bewältigt, die Spannweiten und Pfeilverhältnisse wurden kühner und die Formenbildung ansprechender.

Perronet führte Spannweiten bis 40 m mit Korbbogen aus und wandte sogar das Pfeilverhältnis 1:17 an.

Auch England bewirkte durch technische Durchdringung und tüchtige Maurer im 19. Jahrhundert eine Vervollkommnung der Brückenbauten, indem die bis dahin zusammengehaltenen Mauer Massen durchbrochen, die Pfeiler mit Hohlräumen ausgestattet und die Widerlager mit Strebepfeilern gestützt wurden.

Nordamerika erbaute die Cabin-John-Brücke von 67,50 m Spannweite, die bis vor kurzem die größte Spannung der Steinbrücken aufwies.

Im Jahre 1904 wurde über das Petrustal bei Luxemburg eine Steinbrücke mit verlorenen Widerlagern vollendet, welche 84,65 m Spannweite zwischen den Widerlagern hat und demnach die größte bis jetzt ausgeführte Spannweite dieser Brücken zeigt.

Seiner Länge wegen ist der 3,6 km lange Eisenbahnviadukt über die Lagunen von Venedig zu erwähnen, ihrer großen Höhe halber der 85 m hohe Aquädukt von Lissabon und der 80 m hohe Eisenbahnviadukt über das Göltzschtal in Sachsen.

Die neueste Zeit hat durch genaue statische Berechnung eine allen Forderungen entsprechende Bestimmung der Abmessungen steinerner Brücken erreicht, legte im Scheitel und in den Kämpfern zur Festlegung der Stützlinie Gelenke ein, wandte den Fundierungen mit Erfolg das vollste Interesse zu und bildete die Entwässerung der Brücken weiter aus.

B a u s t o f f e .

Zur Errichtung von Steinbrücken benutzt man Ziegelsteine (Klinker), Bruchsteine und Werksteine sowie Beton.

Ziegelsteine werden in Kalkmörtel, verlängertem Zementmörtel (mit Kalkzusatz) oder reinem Zementmörtel vermauert. Die kleine Form des Backsteins und die Möglichkeit, ihn mit dem Hammer zu bearbeiten, bewirkt eine große Anpassungsfähigkeit an gewünschte Formen.

Die Steine sind nach ihrer Beanspruchung und der Ansehnlichkeit zu verwenden. Im Fundament und Gewölbe werden harte Ziegel gebraucht. In der Hintermauerung sind bei genügender Vorsicht minder harte Steine anzuwenden; zu Stirnflächen und Unteransichten des Gewölbes müssen wohlgeformte, gut aussehende Ziegel ausgesucht werden. Selten werden Formsteine benutzt, weil sie teurer sind. Für besonders stark gedrückte Pfeiler, Widerlager und Gewölbe nimmt man Klinker, die in Zementmörtel vermauert werden. Für Gewölbe sind bei wechselnder Dicke die Steine zu sortieren; die dünneren werden nach innen, die dickeren nach außen hin gesetzt, um die Erweiterung der Fugen nach außen zu berücksichtigen.

Die Lagerfugen des Mauerwerks sind meist wagrecht und nur im Gewölbe und wenn dieses sich im

Widerlager fortsetzt, zum Mittelpunkt gerichtet oder senkrecht zur inneren Leibung.

Verstärkungen und Absätze werden $\frac{1}{2}$ Stein stark. Zuweilen wird das aufgehende Mauerwerk aus Ziegelsteinen hergestellt, während die Fundamente aus Bruchsteinen ausgeführt werden.

Bruchsteine werden dort verwendet, wo lagerhafte natürliche Steine von der erforderlichen Festigkeit in der Nähe und bei nicht zu teurem Anfahren gebrochen werden. Die Lagerfugen des Bruchsteinmauerwerks gehen möglichst gleichmäßig durch oder werden in 0,5—0,6 m Höhe abgeglichen. Größere Zwischenräume werden mit kleineren Steinen ausgezwickt. Die Lagerflächen sollen mindestens 0,1 qm betragen. Die Verblendsteine erhalten durch den Hammer auf wenigstens 0,1 m dicht schließende Stoßfugen; sie sollen möglichst gleiche Stärke wie die inneren Steine aufweisen, damit das Setzen möglichst gleichmäßig erfolgen kann.

Die besten Steine sind zum Gewölbe auszusuchen, damit möglichst viele durchgehende Binder seine Stärke und Dichtigkeit vermehren.

In jeder Schicht sollen Läufer und Binder abwechseln, so daß bei schwächeren Mauern möglichst den Läufern der Ansichtsfläche Binder der hinteren Fläche gegenüberstehen.

In zwei aufeinanderfolgenden Schichten müssen die Steine einander um mindestens 0,1 m übergreifen.

Bruchsteinmauerwerk wird häufig im aufgehenden Mauerwerk des Ansehens halber mit $1:1\frac{1}{5}$ — $1:1\frac{1}{6}$ geneigt, oft auch im Fundament mit derselben Neigung unterschritten.

Mit Werksteinen oder Hausteinen kann man jede Form erreichen; doch ist der Kostenpunkt kein geringer. Man verwendet meist Quader von

0,8—1,0 m Länge, 0,5—0,8 m Breite und 0,3—0,5 m Höhe von mindestens 0,7 cbm Inhalt. Deckplatten werden 0,12—0,15 m stark gewählt.

Quadermauerwerk weist geringe Mörtelfugen auf, ist daher gleichartiger und von größerem Gewicht; es erlaubt geringere Stärken und größere Beanspruchung.

Die Werksteine sollen wie die Bruchsteine auf ihr natürliches Lager gelegt werden.

Quader werden oft nur zur Stirn und zum Kämpfer gewählt, während das übrige Mauerwerk aus Bruch- oder Ziegelsteinen gemauert wird.

Zu Quadern nimmt man häufig vorkommende, lagerhafte Steine, z. B. Sandsteine; doch sind auch Granit, Trachyt, Porphy, Tuff usw. zu verwenden.

Der Schlußstein soll genau in der Mitte des Gewölbes sitzen, scharf und geschmeidig in die Öffnung passen und nicht mit Gewalt eingekellt werden.

Alle Steine sollen naß vermauert und, wenn erforderlich, vorher von anhaftendem Schmutze gereinigt werden.

Beton wird neuerdings mit oder ohne Eisen- einlage viel zu Brückenbauten verwendet. Durch geeignete Zusammensetzung der Mischung kann man den wechselnden Beanspruchungen leicht gerecht werden. Jedenfalls sind bei allen Betonarbeiten geübte Arbeiter und eine sorgfältige Überwachung unerlässlich. Die Herstellung geschieht rascher bei gleichen Kosten als bei Bruchsteinmauerwerk. Schalung und Rüstung ist kostspielig.

Mörtelmischungen und Ausbeute.

Kalkmörtel (dicht): 1 Raumteil Kalk und 3 Raumteile Sand geben 2,5 Teile Mörtel.

Kalkmörtel (dicht): 1 Raumteil Kalk und 2 Raumteile Sand geben 2 Teile Mörtel.

Verlängerter Zementmörtel (dicht) aus 1 Raumteil Zement, 1 Teil hydraulischem Kalk, 3 Teilen Sand wird bei Wasserzudrang benutzt.

Verlängerter Zementmörtel (dicht) aus 1 Raumteil Zement, 2 Teile hydraulischem Kalk, 5 Teilen Sand wird bei starkem Wasserandrang benutzt.

Reiner Zementmörtel (dicht): 1 Raumteil Zement, 1 Teil Sand geben 1,5 Teile Mörtel.

Reiner Zementmörtel (dicht): 1 Raumteil Zement, 2 Teile Sand geben 2,3 Teile Mörtel.

Reiner Zementmörtel (dicht): 1 Raumteil Zement, 3 Teile Sand geben 3,1 Teile Mörtel.

Traßmörtel (dicht): 1 Raumteil Zement, 1 Teil Traß, 4 Teile Sand geben 4,8 Teile Mörtel.

Traßmörtel (dicht): 1 Raumteil Zement, 1 Teil Kalk, $1\frac{1}{2}$ Teile Traß, 1 Teil Sand geben 2,6 Teile Mörtel.

Für Beton zu Gewölben nimmt man 1 Raumteil Zement, 5—6 Teile Sand und 5—6 Teile Kies oder 7—8 Teile harten Schotter.

Zu Pfeilern und Fundamenten:

1 Raumteil Zement, 3 Teile Sand, 6 Teile Steinschlag geben 6,6—7,2 Teile Beton.

1,7 Raumteile Zement, 5,7 Teile Sand, 8 Teile Steinschlag geben 10,7 Teile Beton.

Diese Betonarten sind wie die entsprechenden Mörtel undicht, bei Kalk- oder Traßzusatz werden sie dicht. Steinschlag soll alle Korngrößen bis zu 6 cm enthalten. Sand soll für Druckbeanspruchung rundlich, für Zugbeanspruchung rau und kantig, kristallinisch, nicht blätterig und von verschiedenstem Korn sein.

1 cbm Bruchsteinmauerwerk erfordert 1,25—1,3 cbm lose aufgesetzte Bruchsteine und $\frac{1}{8}$ cbm Mörtel.

1 cbm Ziegelsteinmauerwerk erfordert 400 Stück Ziegel (Normalformat) und $\frac{1}{4}$ cbm Mörtel.

1 cbm Quadratmauerwerk erfordert $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{15}$ cbm Mörtel.

Brückenteile.

Bei einer Brücke aus Stein unterscheidet man das Widerlager (A) und die Pfeiler (a), die Flügel (B) und den Überbau (c), der entweder offen oder gewölbt ist (Abb. 1).

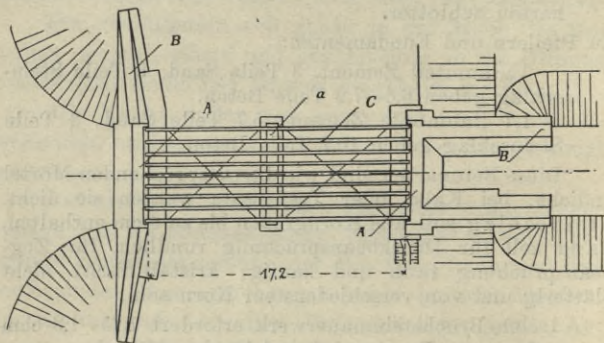


Abb. 1.

Die Widerlager begrenzen den freizuhaltenden Raum, stützen das Gewölbe oder nehmen die Tragwände der Brücke auf; sie verkleiden die Hinterfüllungserde, wenn sie fest gelagert ist, oder stützen sie, wenn sie nicht standfest ist, gegen Abrutschen und übertragen alle diese Beanspruchungen zugleich mit ihrem Eigengewicht auf den Baugrund.

Ihre Querschnittform ist meist rechteckig (Abb. 2) oder trapezförmig (Abb. 3), mit oder ohne Unterscheidung ($1 : \frac{1}{5}$).

Je nach der Lage der Mittellinie muß bei hohen Widerlagern und kleinen Spannweiten meist eine Verstärkung nach vorn (Abb. 4) oder im umgekehrten Falle eine Verbreiterung des Fundamentes nach hinten

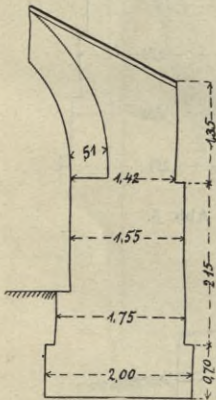


Abb. 2.

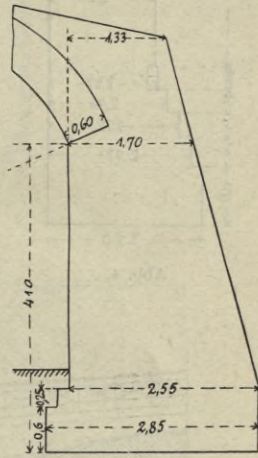


Abb. 3.

durch Bankette von ca. 0,15 m Breite stattfinden (Abb. 5).

Die Lagerfugen der Widerlager sind meist waagrecht. Man weicht nur dann von der Waagrechten ab, wenn die Mittelkraft mit der Normalen einen Winkel \geq dem Reibungswinkel φ bildet. Für frisches Mauerwerk ist $\varphi = 35^\circ$.

Verlorene Widerlager entstehen, wenn man das Gewölbe bis zum Baugrunde fortsetzt (Abb. 6) oder nur geringe Erweiterungen oder Aufbauten zur

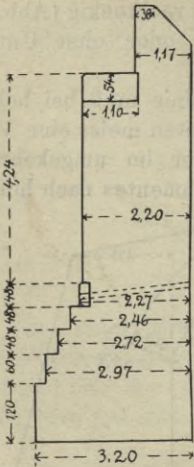


Abb. 4.

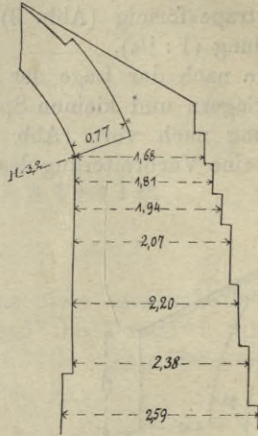


Abb. 5.

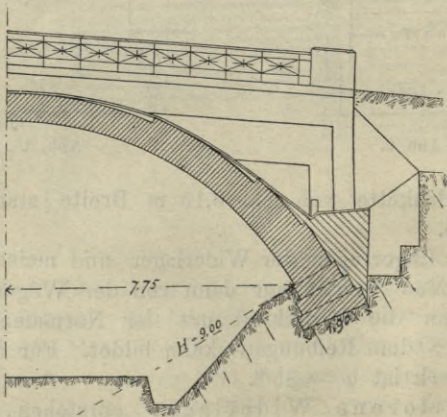


Abb. 6.

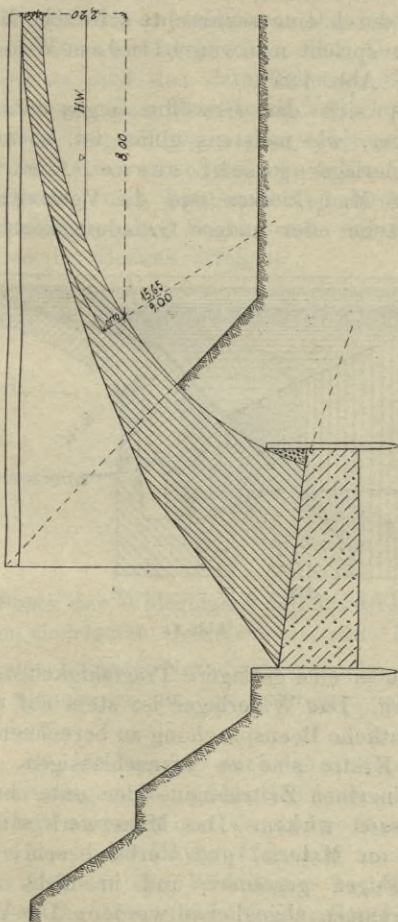


Abb. 7.

Vermittlung der Druckübertragung auf die festgelagerte Erde anwendet (Abb. 7). Ist der untere Teil des Gewölbes durch eine senkrechte schwache Mauer verkleidet, so spricht man von blindem Widerlager (Abb. 8 u. Abb. 135).

Stützt sich das Gewölbe gegen einen festen Mauerkörper, wie meistens üblich ist, so nennt man diese Widerlager geschlossene (Abb. 9). Die Größe des Mauerklotzes und die Verbreiterung der Auflagerfläche oder andere Gründungskonstruktionen

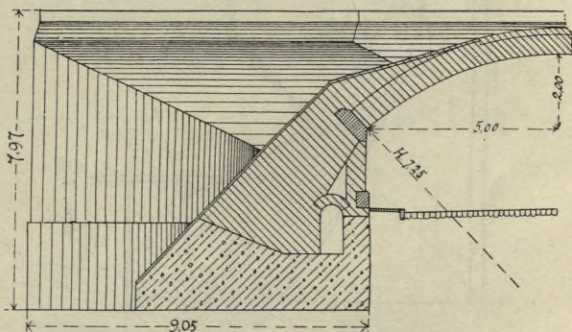


Abb. 8.

müssen dabei eine geringere Tragfähigkeit des Bodens ausgleichen. Das Widerlager ist stets auf die größte voraussichtliche Beanspruchung zu berechnen. Gegenwirkende Kräfte sind zu vernachlässigen, wenn sie nur in einzelnen Zeiträumen oder unter bestimmten Verhältnissen wirken. Das Mauerwerk soll ein vorzügliches an Material und Verband sein, in wagerechten Fugen gemauert und in nicht zu hohen Zwischenräumen abgeglichen werden. Die Widerlager sind vor Wasserandrang zu behüten, daher sorgfältig durch Rohre nach außen oder durch Steinschüttungen

und Sickerkanäle zur Seite zu entwässern, dicht mit feuchtem Lehm zu hinterstampfen und vor dem Eindringen des Frostes zu schützen. Die Rückseite der Widerlager ist meist senkrecht; sind Abtreppungen notwendig, so muß das darauffallende Wasser abfließen können. Das Mauerwerk soll des besseren Austrocknens wegen gegen die naheliegende Erde während des Aufmauerns Spielraum haben. Erst nach der Aufführung und genügendem Austrocknen soll das Verstreichen der Fugen und das sorgfältige Hinterfüllen des Bodens erfolgen.

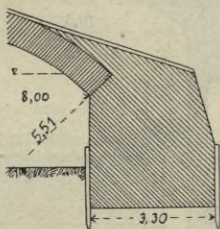


Abb. 9.

Die Sohle des Widerlagers soll frostfrei sein und unter dem niedrigsten Grundwasserstande liegen.

Über dem höchsten Grundwasserstande sind Isolierschichten einzulegen, um das Aufsteigen des Wassers zu verhindern.

Sind die Widerlager mit Seitenöffnungen und Hohlräumen ausgestattet (Abb. 10) oder in einzelne Pfeiler zerlegt, so nennt man sie aufgelöste Widerlager. Die Masse des Mauerwerks wird zwar meistens durch das Auflösen des Widerlagers herabgemindert, doch steigen die Arbeitslöhne in der Regel erheblich, so daß sich dies selten lohnt. Die vorspringenden Pfeiler am hinteren Ende des Widerlagers werden

zuweilen durch Gewölbe im Fundament oder an ihrem oberen Rande verspannt.

Die Fundamentgruben der Widerlager werden höchstens mit $1:1/4$ gebösch. Im Falle, daß diese Böschung nicht hält, ist eine Absteifung dem Abflachen der Böschung vorzuziehen.

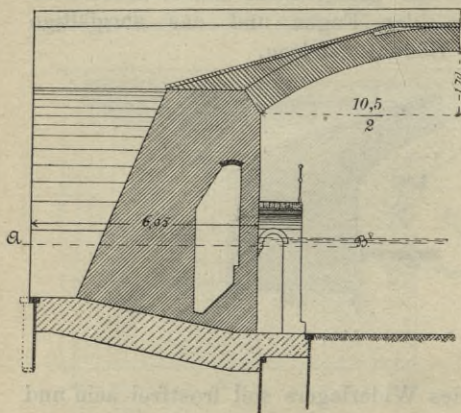


Abb. 10.

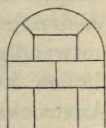


Abb. 11.

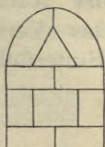


Abb. 12.

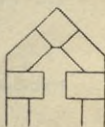


Abb. 13.

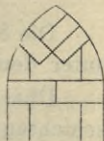


Abb. 14.

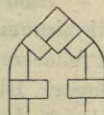


Abb. 15.

Denselben Zweck wie die Widerlager oder Endpfeiler erfüllen die Mittelpfeiler, die bei Strom-

brücken in Land- und Strompfeiler, bei Talbrücken in Zwischen- und Gruppenpfeiler zerfallen.

Während die Landpfeiler meist rechteckigen Grundriß aufweisen, werden die Strompfeiler mit halbkreisförmigen (Abb. 11), elliptischen (Abb. 12), dreieckigen (Abb. 13), spitzbogigen (Abb. 14) Vorköpfen oder solchen mit geradliniger Spitze und seitlicher Abrundung (Abb. 15) ausgestattet, um den Einlauf des Wassers zu erleichtern und den Eisschollen entgegenzutreten. Die Vorköpfe werden bis über Hochwasser geführt und dort kegelförmig abgedeckt (Abb. 16).

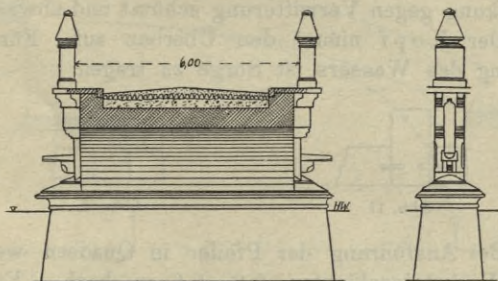


Abb. 16.

Auch die Rückseite der Pfeiler erhält eine meist halbzylindrische Ausbildung. Um Auskolkungen und Unterwaschungen zu vermeiden, wird besonders der vordere Teil des Pfeilers mit Steinschüttungen gesichert, die sich oft auch um den ganzen Pfeiler herumziehen.

Beim Pfeiler kann man Fundament, Fuß, Schaft und Kopf unterscheiden.

Das Fundament ist der unter der Flußsohle belegene Teil, der zuweilen bis zur Niedrigwasserlinie reicht.

Der Fuß ist der sockelähnliche, auf das Fundament sich stützende Untersatz.

Der Schaft ist der hochgehende Teil des Pfeilers. Meist ist er aus Gründen der Schönheit und der Festigkeit mit $1 : \frac{1}{20} - 1 : \frac{1}{50}$ geböschet. Bei niedrigen Pfeilern wird die Neigung $1 : \frac{1}{10} - 1 : \frac{1}{15}$ gewählt. Der Anlauf der Pfeiler darf nur gering sein und erfordert besonders wetterbeständiges Material, da die geneigten Flächen mehr dem Verwittern ausgesetzt sind als die senkrechten. Bei Ziegelpfeilern vermeidet man oft den Anlauf und stellt die Verstärkung der Pfeiler nach unten durch Absätze her, deren Oberfläche man durch Klinkerrollschichten oder Hausteinabdeckung gegen Verwitterung schützt und abwässert.

Der Kopf nimmt den Überbau auf. Für Abführung des Wassers ist Sorge zu tragen.

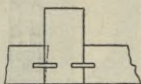


Abb. 17.

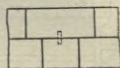


Abb. 18.

Bei Ausführung der Pfeiler in Quadern werden die Werksteinschichten 0,3—0,6 m hoch. Einzelquader erhalten meist nicht über 1 cbm Inhalt. Quader von 300 kg Gewicht können noch von Hand versetzt werden. Um ein Verschieben einzelner Quader, die dem Eisstoß ausgesetzt sind, zu verhindern, verklammert man (Abb. 17) die nebeneinander liegenden und verübelt die übereinander liegenden Steine (Abb. 18). Schwalbenschwanzverband ist nicht anzuwenden, da die Bindersteine hierdurch sehr geschwächt werden.

Führt man die Pfeiler aus Bruch- oder Ziegelsteinen auf, wobei Quader als Verblendung dienen, so dürfen die Verblenderschichten nicht zu hoch sein, da sonst der Mörtelgehalt von Kern und Verblendung

zu ungleich wird. Die Höhe der Verblender entspricht etwa acht Ziegelschichten des Füllmauerwerks (60 cm). Ungleiches Setzen verhindern durchgehende Binderschichten aus Quadern. Läufer und Binder wechseln in jeder Verblendschicht miteinander ab. Der Binder jeder folgenden Schicht kommt über die Mitte des Läufers der vorhergehenden zu liegen. Die Verblendung wird in der Regel mit dem Pfeilermauerwerk gleichzeitig hochgeführt. Dadurch wird die Verbindung von Kern und Mantel inniger, als wenn das Kernmauerwerk zuerst verzahnt aufgemauert und nachträglich die Verblendung davor gesetzt wird.

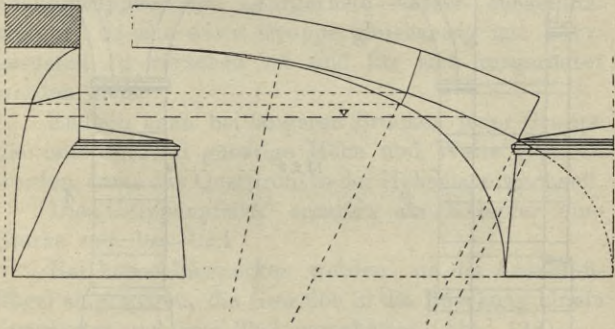


Abb. 19.

Wenn die Kämpfer der Brückengewölbe tiefer liegen als der Hochwasserspiegel, so gibt man den Kanten der Korbogengewölbe eine vom Scheitel nach den Widerlagern hin zunehmende Abfasung, um dem Wasser beim Einströmen in die Brückenöffnung möglichst wenig Widerstand entgegenzusetzen. Diese Abfasungen nennt man Kuhhörner (Abb. 19).

Kuhhörner verteuern den Bau einer Brücke wesentlich und werden daher selten angewendet.

Zwischenpfeiler erhalten am Kämpfer eine Stärke von $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{5}$ der Spannweite, werden aber mindestens 1 m stark. Sie haben die Kämpferdrücke zweier Gewölbe bzw. die Auflagerdrücke zweier Balkenbrückenteile aufzunehmen und zum Boden zu führen.

Für die Anzahl der Zwischenpfeiler (*A*, Abb. 20), mithin auch für die zu wählende Brückenweite sind

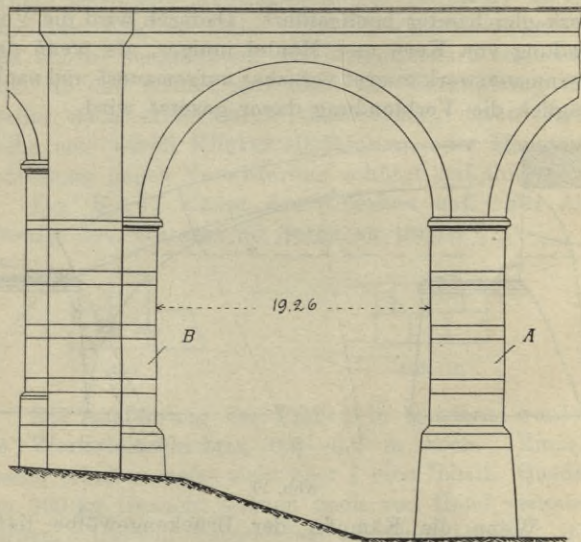


Abb. 20.

die Baukosten des Bauwerkes maßgebend. Im allgemeinen ist die Spannweite der einzelnen Bögen richtig gewählt, wenn die Kosten des Überbaues einer Öffnung gleich sind den Kosten eines Pfeilers. Zwischenpfeiler brauchen nur so stark zu sein, daß sie die Mittelkraft des Kämpferdruckes eines belasteten und eines unbelasteten Gewölbes aufnehmen können.

Sollen die Pfeiler dem einseitigen Gewölbeschube widerstehen, so nennt man sie Gruppenpfeiler (*B*, Abb. 20). Sie sind im allgemeinen stärker als die Zwischenpfeiler und teilen das Bauwerk in deutliche Gruppen.

Bei teilweiser Zerstörung der Brücke, z. B. während eines Krieges, stürzen die Gewölbe nur bis zu der Stelle ein, wo ein solcher Pfeiler Einhalt gebietet.

Auch das ganze Aussehen der Brücke wird durch kräftige Gruppenpfeiler ein sicheres.

Ferner können bei der Herstellung einzelner Pfeilergruppen die Lehrgerüste besser ausgenützt werden, da nur eine Gruppe gleichzeitig mit Lehrgerüsten zu versehen ist und für sich ausgerüstet werden kann.

Endlich kann bei längeren Brücken jeder Gruppe die entsprechend günstige Höhe und Weite gegeben werden, wenn das Querprofil in der Höhenlage wechselt.

Die Gruppenpfeiler erhalten am Kämpfer eine Stärke von $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{3}$ l.

Bei hohen Bauwerken werden, um die Anschlußflügel zu ersparen, die Gewölbe in die Böschung hinein fortgesetzt und zum Teil verschüttet (Abb. 133).

Flügel.

Die Flügel bewirken allein oder mit Böschungskegeln den Anschluß des seitlichen Erdreichs an die Brücke.

Sie stützen den Erdboden, verkürzen die Böschungsentwicklung und erleichtern bzw. vermitteln oft die Einführung der Verkehrswege unter der Brücke oder auf sie.

Flügelarten sind folgende:

Parallel- oder Stirnflügel. Sie stehen ganz

oder nahezu parallel der Achse eines übergeführten Objektes. Böschungskegel, die ihre Spitze im oberen Flügelende oder 15–25 cm davor haben und bis zum Wege oder Wasserlaufe herunterreichen, sind unerlässlich. Von der Neigung dieser Kegel ist die Länge des Stirnflügels abhängig. Für gewöhnliche Erdschüttung mit der Böschung 1:1½ beträgt diese Länge das 1½ fache der Dammhöhe (Abb. 21).

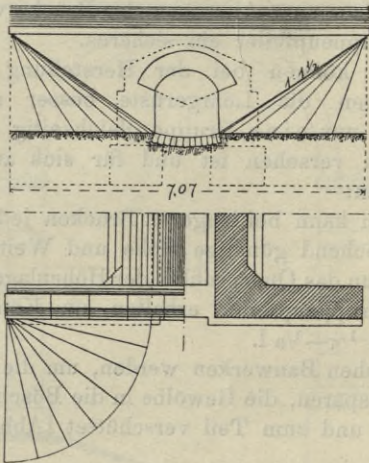


Abb. 21.

Um die Länge des Flügels zu vermindern, werden die Böschungskegel am Bauwerke stärker geneigt. Um sie mit einer Neigung 1:1 standfest zu machen (Abb. 22), werden sie mit Kopfrasen bedeckt oder mit Steinpflaster versehen, eine Befestigung, die für Kegelteile, welche mit fließendem Wasser in Berührung kommen, ohnehin erforderlich ist. Noch steilere Böschung (1:2/3) kann durch Steinpackung oder Kegel in Mörtelmauerwerk erreicht werden.

Der Querschnitt der Stirnflügel verlangt der Gesimse und Brüstungen wegen in der Regel eine obere Stärke von 0,75 m oder mehr (Abb. 23). Bei wagerechter Bodengestaltung ist der Flügel überall gleich stark zu machen; bei ansteigendem Terrain kann sein

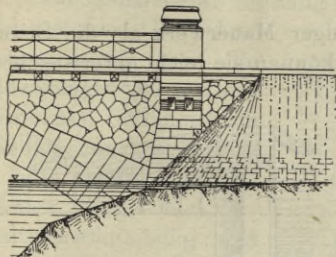


Abb. 22.

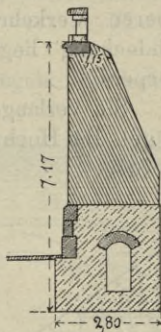


Abb. 23.

Fundament abgetrept und wo der Erddruck geringer ist, der Flügel schwächer gehalten werden (Abb. 24).

Parallelfügel sind ansehnlich, aber teuer.

Die wagerechte Abdeckung aus Steinplatten oder Rollschichten ist einfach; sie erstreckt sich aber auf große Längen.

Parallelfügel sind allen Erschütterungen ausgesetzt, die der dazwischenliegende Verkehrsweg auszuhalten hat, zeigen daher bei nicht ausreichender Stärke leicht

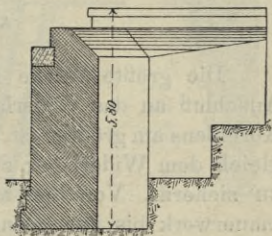


Abb. 24.

Verdrückungen, werden windschief oder trennen sich an der Anschlußstelle vom Widerlager, wenn nicht durch Verstärkungen, Abschrägungen (Abb. 21) und guten Verband genügende Festigkeit geschaffen wird.

Die Einführung von Parallelwegen auf das Bauwerk ist bei Stirnflügeln unbequemer. Selbst bei Hochwasser ist ihre Unterspülung nicht zu befürchten.

Böschungsflügel bilden mit der Achse des oberen Verkehrsweges einen Winkel. Ihre obere Abdeckung liegt ganz in der Böschung des Erdkörpers.

Sie verlangen weniger Mauerwerk als die Stirnflügel. Bei Hochwasser können sie leicht unterwaschen werden.

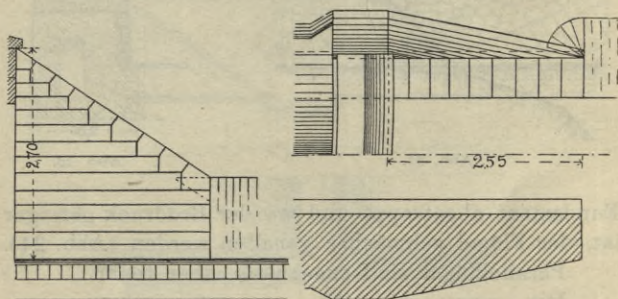


Abb. 25.

Die größte Stärke hat dieser Flügel bei seinem Anschluß an das Widerlager, wo auch die Gefahr des Abreißen am größten ist. Der Flügel ist hier mindestens gleich dem Widerlager zu machen und gegen Ablösen zu sichern. Von hier aus verjüngt sich das Flügelmauerwerk bis zur geringsten, praktisch ausführbaren Stärke am Ende der Böschung, wenn der Flügel nicht vorher abgebrochen (meist etwa 0,6 m über dem gewachsenen Boden) und die Erde im Böschungskegel vorgelagert wird, wobei eine dem Erddruck entsprechende Stärke für den Endquerschnitt auszuführen ist.

Die Vorderfläche dieser Flügel ist vertikal oder mit $1:1\frac{1}{5}$ (bis $1:1\frac{1}{24}$ bei Ziegeln) geneigt.

Man stellt die Lagerfugen bei stärkerer Böschung auch senkrecht zur Vorderfläche, oder man bricht die wagerechten Fugen etwa 5—15 cm vor der Fläche in diese Richtung.

Bei senkrechter Stellung des Flügels zur Achse des oberen Verkehrsweges nennt man die Böschungsflügel gerade (Abb. 25). Bei ihnen kann ein Böschungskegel gänzlich in Fortfall kommen. Gerade Flügel sind verhältnismäßig billig und werden daher zu kleinen Bauwerken, bei denen das Aussehen nicht in Frage kommt, viel gebraucht. Ist eine Querschnittserweiterung vor der Stirn des Bauwerks erforderlich, so kann dieser Flügel nicht verwendet werden.

Schräger Böschungsflügel.

Je mehr der Böschungsflügel vom geraden Flügel abweicht, um so teurer wird er. Wenn nicht andere Gründe, Böschungsverschnidungen, Wegeinführungen u. dgl. die Flügelstellung vorschreiben, wird man dem Flügel eine Neigung von $1:4$ gegen die Achse des unterzuführenden Weges geben (Abb. 26).

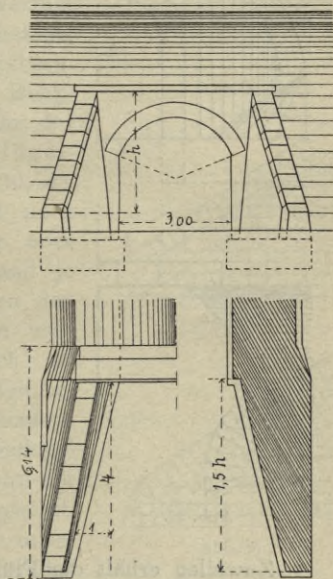


Abb. 26.

Die mittlere Stärke der Flügelmauern macht man etwa gleich $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe.

Die Quader nimmt man oft von ungleicher Schichthöhe, da Quader von verschiedener Höhe billiger zu beschaffen sind.

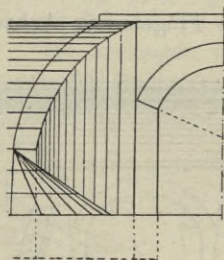


Abb. 27.

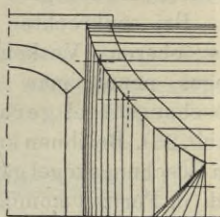


Abb. 28.

Zuweilen erhält der Flügel am unteren Ende eine Knickung derart, daß sich dort ein kurzer Parallelflügel bildet, vor den sich ein Böschungskegel vorlegt. Diese Ausbildung ist wegen des leichten Abreißen im allgemeinen nicht zu empfehlen.

Der Grundriß der Böschungsflügel kann auch nach innen (Abb. 27) oder nach außen (Abb. 28) gekrümmt werden, wodurch ein hübsches Aussehen des

Bauwerks und eine geschickte Einführung eines Weges u. dgl. vermittelt werden kann.

Die Abdeckung der Flügel erfolgt durch 0,10 bis 0,20 m starke Deckplatten aus wetterbeständigem Stein (Abb. 29) oder auch durch Rollschichten (Abb. 30), die manchmal abgetreppt in das Mauerwerk eingreifen (Abb. 31) und mit Zement dicht verfugt werden müssen. Die Abdeckung ist gegen Abrutschen zu sichern. Hierzu setzen sich die Deckplatten gegen einen Quader, der den Flügel beginnt, den Flügelanfänger (Abb. 29 u. 30, A). Bei langen Flügeln tritt noch ein Quader in der Mitte oder in etwa 1,5—3 m Abstand je ein Ankerquader zwischen den Deckplatten hinzu. Am vollkommensten, aber auch am teuersten ist die vollständige Abdeckung des Flügels mit Quadern (Abb. 25). Die Böschungsflügel werden gegen die Flucht der Widerlager etwas zurückgesetzt, bei gewölbten Brücken meist so weit, daß der Kämpfer des Gewölbes sichtbar bleibt, bei Brücken mit mehreren Öffnungen so weit, daß ein halber Pfeilerkopf Platz hat (Abb. 130). Die Hinterfläche der Flügel ist meist lotrecht oder oben bis zur erforderlichen Stärke mit 1:1 geböscht und dann senkrecht. Bei größeren Höhen sind Unterschneidungen im unteren Teile der Flügelrückwand angezeigt.

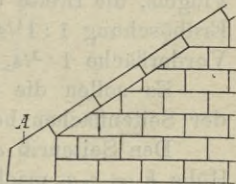


Abb. 29.

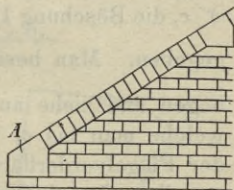


Abb. 30.

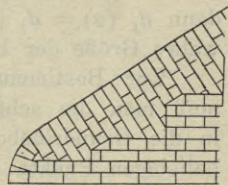


Abb. 31.

Konstruktion des schrägen Flügels mit $1:1/5$ geneigter Vorderfläche (Abb. 32). Die Richtung des Grundrisses der Flügeloberkante zur Achse ($\sphericalangle v$) sei gegeben, ferner die Höhe h des Flügels, die Breite der Abdeckung p , die Neigung der Erdböschung $1:1\frac{1}{2}$ und die Neigung der geböschten Vorderfläche $1:1/5$.

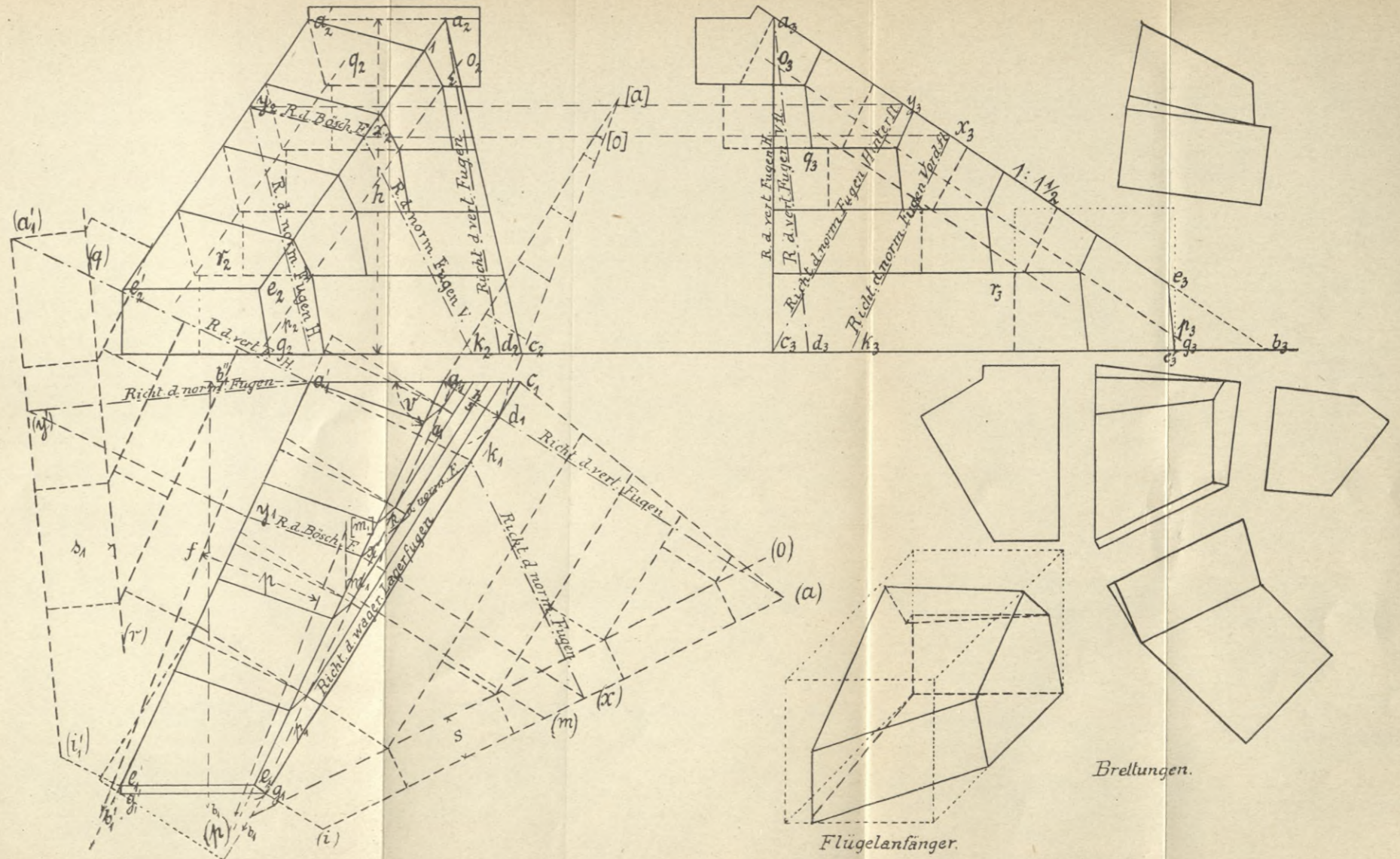
Es sollen die drei Risse und die wahre Größe der Seitenflächen bestimmt werden.

Den Seitenriß $a_3 b_3 c_3$ erhält man, indem man die Höhe $h = c_3 a_3$ macht, und $c_3 b_3 = 1\frac{1}{2} h$. Die Grundrißspur der vorderen Seitenfläche $c_1 b_1$ ist durch den $\sphericalangle r$, die Böschung $1:1/5$ und die Bedingung $b_1 b_1'' = b_3 c_3$ gegeben. Man beschreibt um a_1 mit $\frac{h}{5}$ einen Kreis-

bogen und ziehe an ihn von b_1 aus die Tangente $b_1 d_1$, welche man bis c_1 verlängert. Um die wahre Größe der Flügelvorderfläche zu bestimmen, klappe man sie um ihre Grundrißspur $b_1 c_1$ nieder, indem man in a_1 eine Senkrechte $a_1 [a] = h$ auf $a_1 d_1$ errichtet und dann $d_1 (a) = d_1 [a]$ macht. $b_1 c_1 (a)$ ist dann die wahre Größe der Flügelvorderfläche.

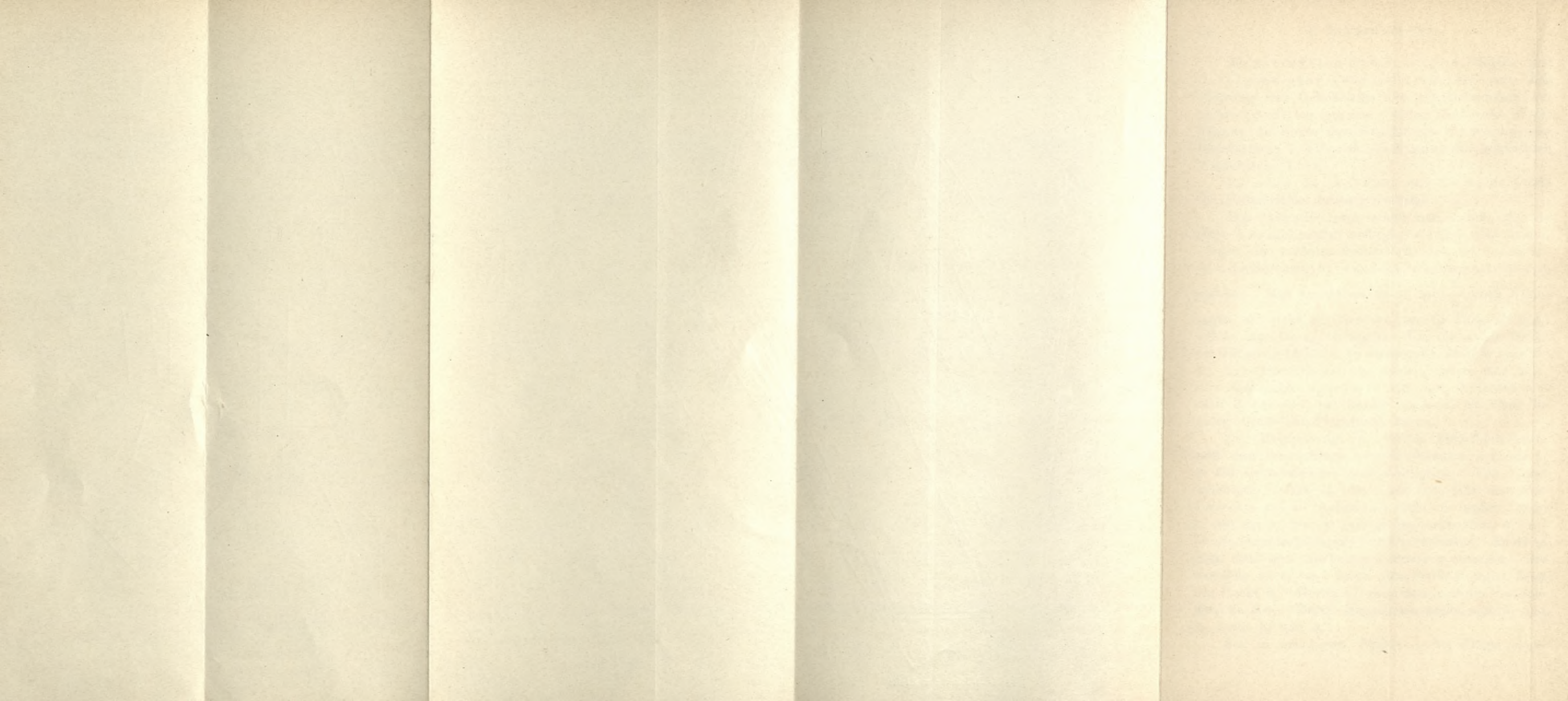
Zur Bestimmung der oberen Flügelhinterkante muß man die schräge Flügelvorderkante $a_1 b_1$ um b_1 in die Grundrißebene herunterklappen. Von einem beliebigen Punkte m_1 der Linie $b_1 a_1$ fällt man eine Lotrechte auf die Achse und dreht die wahre Länge $b_1 (m)$ um b_1 , bis sie jene in $[m_1]$ schneidet. $b_1 [m_1]$ ist die heruntergeklappte Flügelvorderkante. An diese kann man dann die bekannte Breite p antragen. Die Parallele zu $b_1 [m_1]$ durch den Punkt f ergibt dann den Punkt b_1' . Durch b_1' zieht man jetzt die Parallele $b_1' a_1'$ zu $b_1 a_1$. Durch Hinaufloten ergibt sich b_2 und a_2 , sowie b_2' und a_2' .

Soll in beliebigem Punkte e_3 der Flügel abge-



Koll, Brücken aus Stein.

Abb. 32.



brochen werden, so ist die Gestalt des Anfängers zu bestimmen. Die linke Kante $e_1'g_1'$ liegt hier in einer Ebene senkrecht zur Achse und zur Grundrißebene. Die Grundrißspur der vorderen Böschungsflächen e_1g_1 sei normal zu c_1b_1 . Ist b_3 bez. b_1 nicht zu erreichen (wie in Abb. 32), so kann man in e_1 mit $\frac{1}{5} e_3e_3'$ einen Kreis schlagen, dessen Tangente zugleich den Kreis um a_1 in d_1 berührt, und so die Spur g_1c_1 , statt b_1c_1 bestimmen. $c_1(a)(i)g_1$ ist die in die Grundrißebene geklappte Böschungsebene des Flügels.

Die Bestimmung der Fugenrichtungen. Die normalen Stoßflächen sollen sowohl zur Flügelabdeckungsfläche als auch zu den Flügeloberkanten rechtwinklig stehen; die vertikalen Stoßflächen sollen in Vertikalebene liegen, welche zu der Grundrißspur der vorderen Flügelseitenfläche rechtwinklig verlaufen.

Die Richtungsebene der normalen Stoßfugen wird zweckmäßig durch den äußersten Punkt a_1' der hinteren Seitenfläche gelegt. Da sie senkrecht zu den Flügeloberkanten steht, so müssen ihre Spuren mit der Grundrißebene auch senkrecht zu der Darstellung der Flügeloberkanten in dieser Ebene stehen. Man ziehe daher $a_1'k'$ senkrecht zu a_1e_1 . Ferner wird $k_1(x)$ senkrecht zu $(a)(i)$ und $a_1'(y')$ senkrecht zur Kante $(a_1')(i_1')$ der umgeklappten Hinterfläche. Jetzt ist x und y in allen Rissen leicht darzustellen.

Die Richtungsebene der vertikalen Stoßfugen steht senkrecht zur Grundrißspur der vorderen Flügelseitenfläche. Man ziehe also a_1d_1 senkrecht zu c_1g_1 . Da diese Richtungsebene eine Vertikalebene ist und auch die hintere Flügelseitenfläche vertikal steht, so bekommt man die Richtungslinie für die Umklappung derselben, indem man in a_1' eine Senkrechte zu $a_1'e_1'$ errichtet. — Die Richtungslinien in

den übrigen Rissen sind jetzt leicht zu übertragen. Nun legt man die oberste Böschungsfuge fest und zwar, um möglichst wenig Abfall am Stirndeckquader zu bekommen, durch den Punkt a_1' . Man nehme jetzt die Länge s der Normalfugen an; hieraus ergibt sich s_1 und die Hilfslinien (o) (p) und (q) (r) , die sich dann leicht in den verschiedenen Rissen darstellen lassen.

Hierauf zeichne man $a_2'1$ parallel zu y_2x_2 und 12 parallel x_2k_2 , wodurch man die oberste Lagerfuge bekommt und kann dann die anderen annehmen usw.

Zu berücksichtigen ist bei der weiteren Konstruktion, daß die benachbarten normalen und vertikalen Stoßflächen eines Deckquaders sich nicht in wagerechten Kanten schneiden. Es ist jedoch besser, sowohl die vertikale als auch die normale Stoßfläche mit der wagerechten Lagerfläche abschneiden zu lassen, damit durch die senkrechten Stoßflächen der benachbarten Steine kein leerer Raum entstehen kann. Dann ergibt sich eine dreieckige, horizontale Lagerfläche zwischen der normalen und vertikalen Stoßfuge. Die Steine werden nach zwei Rissen, meist Grundriß und Seitenriß, parallelperspektivisch ausgetragen, und die wahren Größen der Seitenflächen — die sogenannten Fugenbretter oder Brettungen — bestimmt. In Abbildung 32 ist der Flügelanfänger perspektivisch gezeichnet und seine Brettungen ausgetragen.

Manchmal führt man auch die normalen Stoßflächen rechtwinklig zur Querebene aus, wobei die normalen Stoßfugen rechtwinklig zur Flügeloberkante stehen, und die Böschungsfugen horizontal liegen, während sie im ersten Falle ansteigen. Dabei verlangen die Quader aber größere Blöcke und zeigen spitzere Winkel, wodurch die Anlieferung verteuert und die Bearbeitung erschwert wird.

1. Durchlässe.

Je nach der Art des Überbaues oder der Größe der Spannweite unterscheidet man bei den Brücken aus Stein:

1. Durchlässe,
2. Offene Brücken,
3. Gewölbte Brücken.

Die Durchlässe sind im allgemeinen zur Durchführung von kleineren Bach- und Wasserläufen bis zu etwa 2 m Breite bestimmt. Fußgängerunterführungen bis zu gleicher Weite und bis 2,5 m Höhe unterscheiden sich von den Durchlässen nur im Zwecke, nicht in der Bauart.

Alle Durchlässe aus fertigen Röhren, die aus Zement, Ton, Gußeisen oder dergleichen hergestellt und in Baulängen bis zu 1 m verlegt werden, haben nur in ihren etwaigen Fundamenten und Häuptern mit den hier zu behandelnden Durchlässen Zusammenhang und bedürfen keiner besonderen Erwähnung. Zu Durchlässen nimmt man neben den obengenannten fertigen Röhren gemauerte oder gestampfte Röhren, sogenannte Röhrendurchlässe, mit Platten abgedeckte Plattendurchlässe und mit Gewölben überspannte, gewölbte Durchlässe. Letztere können auch ganz oder zum Teil in Beton gestampft werden.

Röhrendurchlässe.

Sie zeigen eine Lichtweite von 0,3—1 m, die sich nach der abzuführenden Wassermenge oder der Art ihrer Reinigung richtet. Bei geringer Länge kann man die Durchlässe mit hölzernen oder eisernen Stangen von außen reinigen, während bei größeren Längen durchkriechende Knaben oder Arbeiter Ver-

unreinigungen oder gar Verstopfungen entfernen müssen. Deshalb gebrauchen letztere Röhren eine größere Lichtweite, als die vorhandene Wassermenge verlangt.

Röhrendurchlässe werden entweder in den festen, rund ausgehobenen Boden eingelegt, auf eine Sand- bzw. Schotterschicht aufgelagert, untermauert oder auf eine Betonschicht gebettet.

Jeder Durchlaß hat beim Ein- und Auslauf ein Haupt, Oberhaupt bzw. Unterhaupt, das entweder

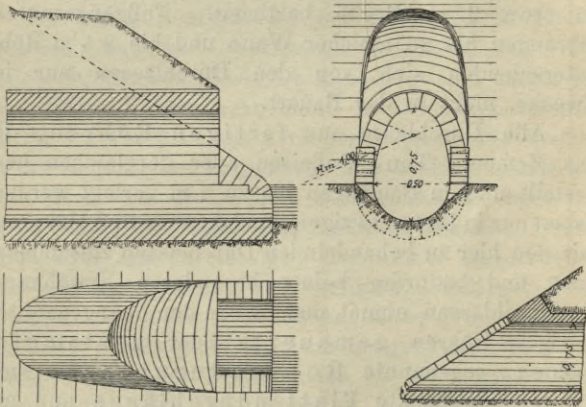


Abb. 33.

Abb. 34.

mit entsprechender Abschrägung, zum Teil oder ganz in die Böschung sich einlegt (Abb. 33 u. 34), um die Anschlußflügel zu vermeiden oder mit Parallelfügeln (Abb. 35) oder meist geraden Winkelfügeln (Abb. 36) den Anschluß an den Erdboden vermittelt.

Die Stärke der Röhrendurchlässe beträgt meist $\frac{1}{2}$ bis 1 Stein, je nach der Höhe der Überschüttung oder den auf sie drückenden Lasten.

Runde Röhren (Abb. 36) sind bei kleinen Halbmessern in Ziegelsteinen schwer auszuführen, da ent-

weder teure Formsteine notwendig sind, oder die Steine behauen werden müssen, da sonst stark klaffende Fugen entstehen. Soll die Querschnittshöhe vergrößert werden, so legt man zwischen die Halbkreise

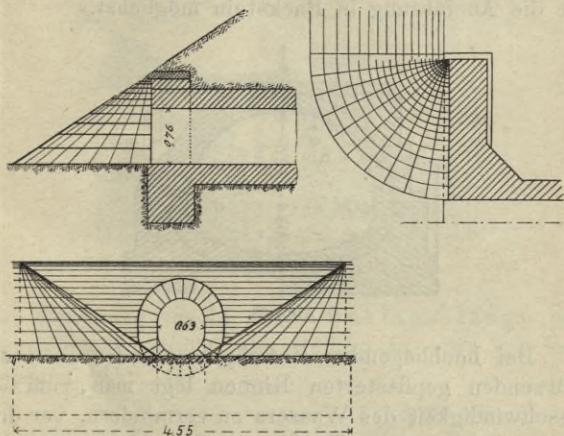


Abb. 35.

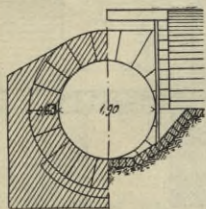


Abb. 36.

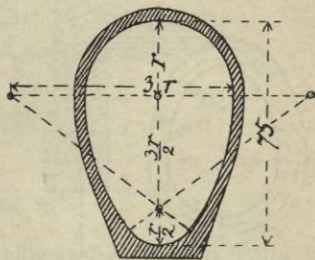


Abb. 37.

zwei oder mehrere Schichten ein (Abb. 35). Die sielartigen (eiförmigen) Querschnitte, oben breit, unten spitz (Abb. 37) und oben spitz und unten breit (Abb. 39), halten das Wasser zusammen und befördern die Durch-

flußgeschwindigkeit. Bei mangelnder Höhe kann ein mauelförmiger Querschnitt nach Abbildung 38 verwandt werden. Ein Querschnitt nach Abbildung 39 vermeidet bei größeren Halbmessern die Schwierigkeiten für die Ausführung in Backstein möglichst.

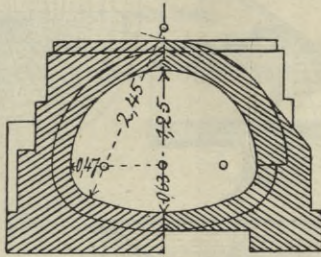


Abb. 38.

Bei hochliegenden Zuflußgräben oder steil abstürzenden gepflasterten Rinnen legt man, um die Geschwindigkeit des Wassers zu vermindern, vor dem oberen Haupt einen Fallkessel an, dessen Sohle

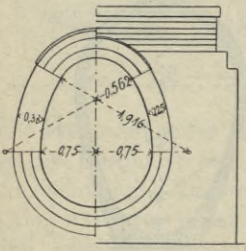


Abb. 39.

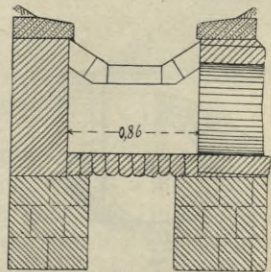


Abb. 40.

meist mit Steinpflaster versehen wird. Eine gute Gründung ist notwendig, da der Fallkessel den Wassersturz brechen und aushalten muß (Abb. 40). Sind Verunreinigungen des strömenden Wassers zu er-

warten, so legt man die Sohle des Fallkessels mindestens 30 cm tiefer als den Einlauf des Wassers in den Durchlaß, um Schlamm, Sand oder Gerölle zur Ablagerung zu zwingen. Eine stete Beaufsichtigung

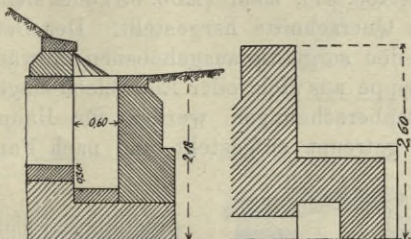


Abb. 41.

und Reinigung macht diese Schlammfänge erst wirksam und schützt die Röhren in etwa vor Verstopfung (Abb. 41).

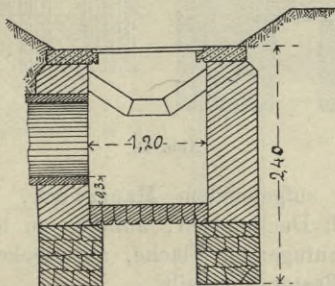


Abb. 42.

Oft wird auch der Fallkessel abgedeckt (Abb. 42 und 43).

Die gemauerten Röhren sind unter Eisenbahngleisen mindestens 40 cm, unter Straßen mindestens 20 cm hoch zu überschütten, damit das Bauwerk nicht beschädigt und der Druck besser verteilt wird.

Röhren aus Stampfbeton werden zur Verstärkung und zur Verminderung des Betonquerschnittes mit Einlagen von Rundeisenstäben, Streckmetall oder Drahtgewebe versehen, und werden mit kreis- (Abb. 36) bzw. ei- (Abb. 37), mau- (Abb. 38) oder sielförmigem (Abb. 39) Querschnitte hergestellt. Der Beton wird zwischen den sorgfältig ausgehobenen Erdwänden und einem Gerippe aus Holz oder Eisenblech eingestampft.

Massenberechnungen werden für Häupter und Durchlaß getrennt aufgestellt und nach Fundament-

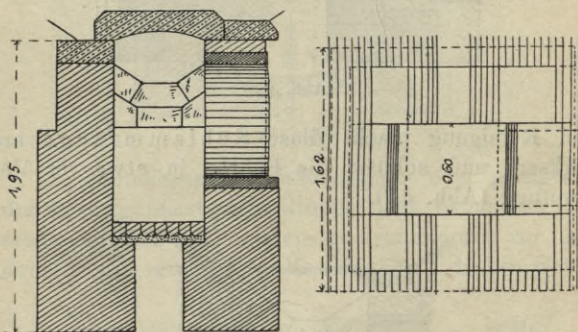


Abb. 43.

mauerwerk, aufgehendem Mauerwerk, Werksteinen einschließlich Deckplatten, äußerer zu bearbeitender Fläche, auszufugender Fläche, abzudeckender Fläche und nach Pflaster abgeteilt.

Bei offenen Durchlässen, die nur bei Eisenbahnen vorkommen, wird die meist nur geringe Weite (60 cm) entweder durch Schienen allein oder durch darunter gelegte Längsbalken überbrückt oder die Abdeckung geschieht bei größeren Weiten, bis etwa 2,5 m, durch einen vollständigen hölzernen oder eisernen Überbau. In beiden Fällen werden steinerne Widerlager

benutzt. Die Abbildungen 44 und 45 geben Beispiele beider Arten der offenen Durchlässe.

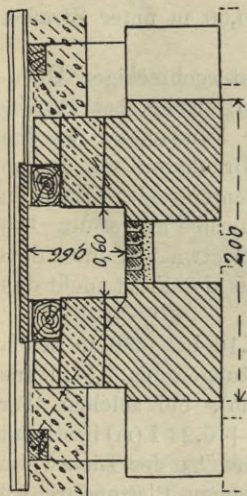


Abb. 44.

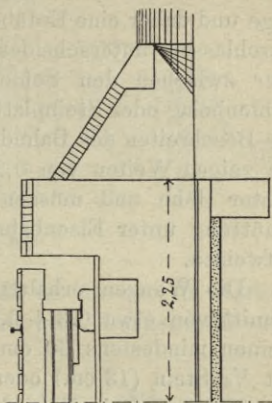
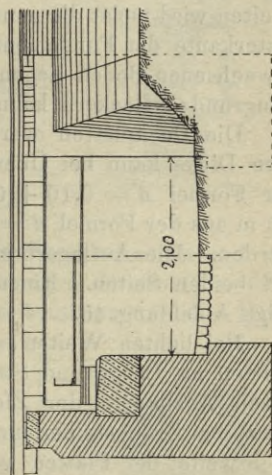


Abb. 45.



Wird die freie Öffnung eines Durchlasses, die dabei nur gering sein darf, durch Steinplatten ab-

gedeckt, so spricht man von gedeckten oder Plattendurchlässen, die sich durch eine tiefere Lage und daher eine Erdüberschüttung von den offenen Durchlässen unterscheiden, die zur Seite der Gleise oder zwischen den Schienen manchmal auch durch Bohlenbelag oder Steinplatten abgedeckt werden, damit das Beschreiten des Bahndammes nicht gehindert wird. Sie zeigen Weiten von 0,2 bis 1 m bei 0,3 bis 1,20 m lichter Höhe und müssen mindestens 0,50 m Überschüttung unter Eisenbahnen, 0,30 m unter Straßen aufweisen.

Die Wangen erhalten meist rechteckigen Querschnitt von etwa $0,3 + 0,4 h$ (m) Breite, bei Bruchsteinen mindestens 60 cm. Die Fundamente werden mit $\frac{1}{2}$ Stein (13 cm) oder bei Bruchstein mit 15 cm abgetrept. Bei Betonfundamenten oder geringen Weiten wird meist die ganze Baugrube ausgefüllt. Die Unterkante der Fundamente muß etwa 1 m unter dem gewachsenen Boden liegen, damit der Frost nicht den Baugrund auflockern kann.

Die Deckplatten werden 0,10 bis 0,30 m stark. Ihre Dicke kann bei Überschüttungen bis 1,5 m aus der Formel $d = 0,10 + 0,2 l$ (m), bei solchen über 1,5 m aus der Formel $d = 0,12 + 0,24 l$ (m) bestimmt werden. Die Auflagerbreite wird $\frac{1}{4}$ der Lichtweite auf beiden Seiten. Einen einfachen Plattendurchlaß zeigt Abbildung 46.

Bei lichten Weiten, für welche die verfügbaren Platten an Länge und Stärke nicht ausreichen, kann durch Auskragen der Ziegelschichten um je 3 cm etwa, bei Bruchsteinen um 10—15 cm beiderseits, die Lichtweite der Platten verringert werden, ohne die Durchlaßweite unten einzuschränken (Abb. 47). Sind größere Durchlaßweiten erforderlich, so wendet man gekuppelte Plattendurchlässe an (Abb. 48). Die

Trennungswand (Zunge) macht man gleich der halben oder der ganzen Wangenstärke.

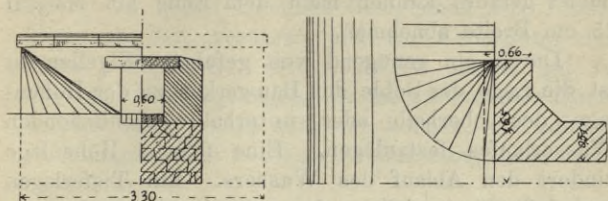


Abb. 46.

Die Durchlaßsohle erhält ein 10—15 cm starkes, muldenförmiges Pflaster und ein Längsgefälle von mindestens 1 : 100.

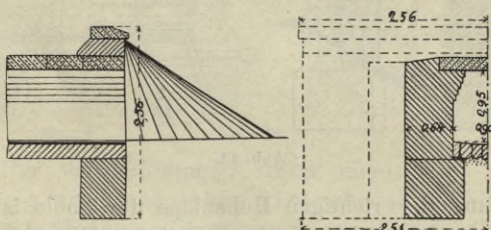


Abb. 47.

Zur Querverbindung der Wangenmauern und zur Verhinderung von Unterspülungen der Sohle werden am Ein- und Auslaufe, manchmal auch in der Mitte oder auf die ganze Länge verteilt, Herdmauern von 0,5—0,6 m Stärke und Höhe angeordnet.

Die Häupter werden meist mit Stirnflügeln von gleicher Stärke wie die Wangenmauern (Abb. 46) oder Böschungs-

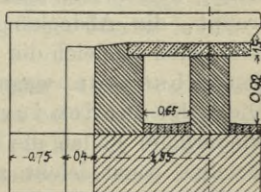


Abb. 48.

flügeln (Abb. 49) angelegt, die mit Werksteinen, Platten oder Rollschichten abgedeckt werden. Winkelflügel (meist gerade) können nach dem Ende hin bis auf 25 cm Breite abnehmen.

Durch ein genügend weit geführtes Nivellement ist die Lage der Sohle des Bauwerkes zu der Höhenlage des oberhalb oder unterhalb anschließenden Wasserlaufes festzulegen. Eine falsche Höhenlage hindert den Ablauf des Wassers. Ein Tieferlegen veranlaßt die Ausfüllung des entstehenden Sackes mit stehendem Wasser und daher Ablagerung von Sinkstoffen aller Art im Innern des Durchlasses. Die Be-

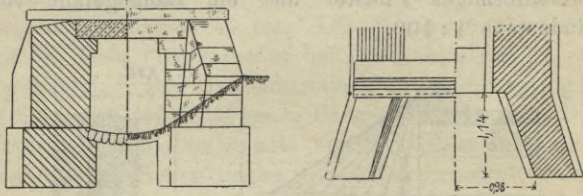


Abb. 49.

stimmung der richtigen Höhenlage der Sohle ist besonders wichtig bei Verlegungen des Wasserlaufes, die erfolgen, um im Trocknen bauen oder bei geeigneterem Baugrund ein Bauwerk errichten zu können.

Bei abschüssigem Gelände, welches steiler als 1:10 geneigt ist, führt man die Durchlässe treppenförmig aus, indem man entweder nur die Sohle abtreppt, die Abdeckung aber einheitlich fallen läßt, oder auch zugleich die Abdeckung in entsprechenden Absätzen wagerecht oder geneigt ausführt. Diese Kaskadendurchlässe brechen durch das wiederholte Fallen die Geschwindigkeit des Wassers, welches sonst leicht zu Unterwaschungen des Bauwerkes, besonders am unteren Ende, führt. Alle diese

Durchlässe müssen fest gegründet werden, um den Wassersturz aufnehmen zu können und geben besonders bei hohen Dämmen Gelegenheit zur Rissebildung an den Absätzen und zur Zerstörung des ganzen Durchlasses. Die Sohle ist überall gut zu befestigen. Verstopfungen, die des wechselnden Querschnittes halber leicht auftreten können, sind schwer zu beseitigen. Gut bediente Schlammfänge sind nicht zu entbehren.

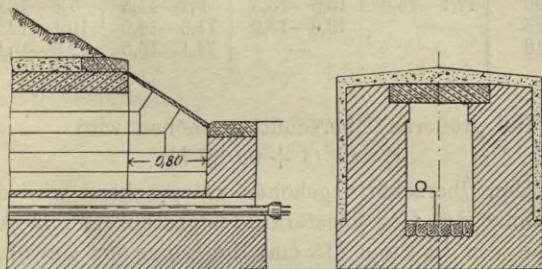


Abb. 50.

Um Wasserleitungen unter einer Bahn durchzuführen, werden begehbare Plattendurchlässe mit einer Einsteigeöffnung angelegt, um jederzeit an die Leitung heran zu können (Abb. 50).

Gewölbte Durchlässe.

Der Wölbstärke kleiner Durchlässe wird meist ein bereits ausgeführtes Maß zugrunde gelegt. Ausführungen unter 25 cm, = 1 Stein Stärke kommen nicht vor.

Beim Bau der Bahn Weimar—Gera wurde für Brücken bis zu 15 m Weite und bei Überschüttungen bis $h = 2$ m Höhe für die Stärke im Scheitel bei gutem Ziegel- oder Bruchsteinmauerwerk folgende Tabelle benutzt (Buchstabenbezeichnung s. Abb. 51).

s in cm	bei $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ Pfeil l in m	bei $\frac{1}{4}$ Pfeil l in m	bei $\frac{1}{6}$ Pfeil l in m	bei $\frac{1}{8}$ Pfeil l in m
25	0,7— 1,0	0,7— 1,0	0,7— 1,0	0,7— 1,0
38	1,1— 3,0	1,1— 2,5	1,1— 2,0	1,1— 2,0
51	3,1— 6,0	2,6— 5,0	2,1— 4,0	2,1— 3,5
64	6,1— 9,0	5,1— 7,5	4,1— 6,5	3,6— 5,5
77	9,1—12,0	7,6—10,5	6,6— 9,0	5,6— 7,5
90	12,1—15,0	10,6—13,5	9,1—11,5	7,6— 10,0
103	—	13,6—15,0	11,6—14,0	10,1—12,5
116	—	—	14,1—15,5	12,6—15,0

Bei größeren Überschüttungshöhen wird
 $s_1 = s (1 + 0,028 h)$.

Den Überschüttungshöhen entsprechend wird die Zunahme der Gewölbestärke festgestellt und in Absätzen von $\frac{1}{2}$ Stein (15 cm) die Länge der Gewölbestücke von gleicher Stärke bestimmt. Bei $1\frac{1}{2}$ füßiger Dammschüttung kann auf etwa 4 m vom Haupte ab die zuerst bestimmte Scheitelstärke beibehalten werden.

Bei der Strecke Wittenberg—Geestemünde wurde die Scheitelstärke kreisförmiger Ziegelsteingewölbe mit einer Überschüttung bis zu 1 m nach folgender Tabelle bestimmt.

Weite in m	Halbkreis bis $\frac{1}{3}$ Pfeil s in cm	$\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ Pfeil s in cm
1,0— 1,5	25	25
1,6— 3,5	38	38
3,6— 5,0	51	51
5,1— 6,0	51	64
6,1— 9,5	64	77
9,6—12,5	77	90

Nach von Kaven ist für Spannweiten von 1 bis 25 m bei Quadern, die einen Druck bis zu 25 kg/qcm aushalten, folgende Formel für die Wölbstärke vom Scheitel bis zum Kämpfer zu benutzen (Abb. 51):

$$s \text{ in m} = 0,22 + l \left(0,025 + 0,0034 \frac{l}{f} \right).$$

Bei Überschüttungen $h \leq 30$ m über dem äußeren Gewölbescheitel und für eine Stützweite $l \leq 10$ m ist für Eisenbahnbrücken

$$s_1 = s \sqrt{1 + \frac{h-1}{4,5}};$$

für Straßenbrücken

$$s_1 = s \sqrt{1 + \frac{h-1}{7}}.$$

Für Ziegelsteine wird $s_z = s \left(1 + \frac{4 - 3,424 s}{6} \right)$.

In die Formel ist bei Überschüttungen s_1 statt s einzusetzen.

Das zweite Glied in der Klammer kann = 0, aber nicht negativ werden. Für Weiten über 4 m kann man die aus der Formel erhaltene Schlußsteinstärke zum Kämpfer hin bei Quadern gleichmäßig, bei Ziegelsteinmauerwerk mit je $\frac{1}{2}$ Stein zunehmend, derart vergrößern, daß die Kämpferstärke $k = \frac{s}{\cos \alpha}$ wird (Abb. 52).

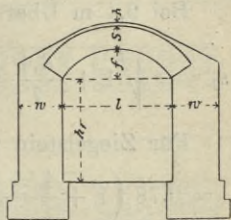


Abb. 51.

Bei Halbkreisgewölben und solchen bis zu $\frac{1}{3}$ Pfeil nimmt man auch die Wölbstärke am Kämpfer $k = \frac{4}{3} s$, bei flachen Gewölben $k = \frac{5}{4} s$.

In der Ansicht läßt man oft die Scheitelstärke gleichmäßig bis zum Kämpfer durchgehen, um ein besseres Aussehen der Brücke zu erhalten und an Arbeit zu sparen.

Die Tabelle auf S. 49 erleichtert in etwa die umständliche Berechnung der Quaderstärken. Die Umwandlung in Ziegelmaß und die Verstärkung bei Überschüttung ist einer Formel hinzuzufügen.

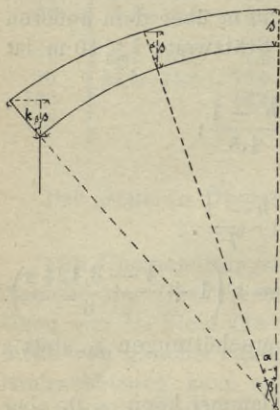


Abb. 52.

Zum Beispiel: Für eine Chausseebrücke soll bei einer Spannweite von 8 m und einem Pfeilverhältnisse von $\frac{1}{4}$ die Scheitelstärke eines Ziegelsteingewölbes bei 9,4 m Überschüttungshöhe berechnet werden:

$$\cos \alpha = 0,6 \quad \alpha = rd \ 53^{\circ}.$$

Aus der Tabelle ist $s = 0,527$ m für Quader.

Bei 9,4 m Überschüttung wird

$$s_1 = s \sqrt{1 + \frac{8,4}{7}} = 0,527 \sqrt{1 + 1,2} = 0,78 \text{ m.}$$

Für Ziegelstein wird

$$s_z = 0,78 \left(1 + \frac{4 - 3,424 \cdot 0,78}{6} \right) = 0,96 \text{ m oder in Ziegelmaß } 1,03 \text{ cm.}$$

Die Stärke am Kämpfer

$$k = \frac{0,96}{\cos 53^{\circ}} = \frac{0,96}{0,6} = 1,60 \sim 1,55 \text{ m.}$$

l_m	Bei einem Pfeilverhältnis							
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	
	s in met. für Quader							
1	0,252	0,255	0,258	0,262	0,265	0,268	0,272	
2	0,283	0,290	0,297	0,303	0,310	0,317	0,323	
3	0,315	0,325	0,335	0,345	0,355	0,365	0,375	
4	0,347	0,360	0,373	0,387	0,400	0,413	0,427	
5	0,378	0,395	0,412	0,428	0,445	0,462	0,478	
6	0,410	0,430	0,450	0,470	0,490	0,510	0,530	
7	0,442	0,465	0,488	0,512	0,535	0,558	0,582	
8	0,473	0,500	0,527	0,553	0,580	0,607	0,633	
9	0,505	0,535	0,565	0,595	0,625	0,655	0,685	
10	0,537	0,570	0,603	0,637	0,670	0,703	0,737	
11	0,568	0,605	0,642	0,678	0,715	0,752	0,788	
12	0,600	0,640	0,680	0,720	0,760	0,800	0,840	
13	0,632	0,675	0,718	0,762	0,805	0,848	0,892	
15	0,695	0,745	0,795	0,845	0,895	0,945	0,995	
17	0,758	0,815	0,872	0,928	0,985	1,042	1,098	
20	0,853	0,920	0,987	1,053	1,120	1,187	1,253	
23	0,948	1,025	1,102	1,178	1,255	1,332	1,408	
25	1,012	1,095	1,178	1,262	1,345	1,428	1,512	

Ist das Pfeilverhältnis bekannt, so rechnet sich der Halbmesser eines Kreisbogens aus der vielgebrauchten Formel:

$$R = \frac{l^2}{8f} + \frac{f}{2},$$

z. B. wie oben $l = 8 \text{ m}$, $f = 2 \text{ m}$:

$$R = \frac{64}{16} + 1 = 5 \text{ m}.$$

Die Bergisch-Märkische Eisenbahn gebrauchte für die Wölbstärke ihrer Bauwerke die Formel:

$$s = \frac{r}{12} + 32 \text{ cm}$$

bis zu 4 m Überschüttung.

Diese Stärke soll für je 4 m weitere Überschüttung um 7,5 cm vermehrt werden.

Nach Ludwig ist für Halbkreisbögen

$$s = 0,2 + 0,025 l \text{ bis } 0,2 + 0,033 l,$$

wobei s mindestens 0,25 m beträgt.

Bei Überschüttungen über 1,5 m wird:

$$s_1 = s(1 + 0,028 h).$$

Für flache Bögen wird:

$$s = 0,2 + 0,005 \frac{l^2}{f} \text{ bis } 0,2 + 0,00625 \frac{l^2}{f}.$$

Für gewöhnliche, mäßig belastete Brücken aus mittelharten Steinen, bei gutem Mörtel und sorgsamer Ausführung wird nach Perronet bei Spannweiten über 22,5 m $s = 0,042 l$, bei Spannweiten unter 22,5 m $s = 0,035 l + 32 \text{ cm}$.

Diese Regel gilt für Halbkreise und ähnliche Korbbögen. Die Scheitelstärke wächst nach dem Kämpfer hin auf etwa das Doppelte.

Für Betonbrücken kann man setzen:

$$s_{in\ m} = 0,20 + 0,022 r_{in\ m}.$$

Für Betonbrücken mit Eiseneinlage:

$$s_{in\ m} = 0,05 + 0,01 r_{in\ m}$$

(r ist der Krümmungshalbmesser im Scheitel). Alle diese Formeln geben nur angenäherte Werte, die bei wechselnder Belastung und ungewöhnlichen Verhältnissen immer einer Verbesserung bedürfen, bzw. einer Untersuchung unterzogen werden müssen, ob sie den auftretenden Beanspruchungen widerstehen können.

Für die Widerlagerstärken sind in ähnlicher Weise Erfahrungsformeln aufgestellt. Bei diesen kommt außer dem Gewölbeschube auch die Höhe des Widerlagers h_1 in Betracht.

Nach von Kaven ist die mittlere Widerlagerstärke:

$$w = \left\{ 0,42 + 0,17 \frac{l}{2f+s} + 0,04 h_1 \right\} \sqrt{l}.$$

Bei Gewölben mit mehr als 1,5 m Überschüttung und bis zu 10 m Spannweite wird w noch um:

$$\frac{h_1 + f + s}{54} \sqrt{h}$$

vermehrt.

Zur einfacheren Anwendung folgt auch hier eine Tabelle auf nächster Seite.

Für Straßenbrücken können die vorstehenden Werte von w um 10 % verringert werden.

Z. B. Bei 9,6 m Spannweite, $\frac{1}{8}$ Pfeil und einer Widerlagerhöhe von 4 m ist für Eisenbahnbrücken aus der Tabelle $w = rd\ 3,15$ m; bei 7 m Belastungshöhe:

$$w_1 = 3,15 + \frac{4 + 1,6 + 0,66}{54} \sqrt{7} = 3,46 \text{ m};$$

Widerlagerstärke
 w in m bei Überschüttungen bis 1,5 m und einem Pfeilverhältnis

Spannweite l in m	Widerlagerhöhe h_1 in m	w in m bei Überschüttungen bis 1,5 m und einem Pfeilverhältnis						
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$
1	0,50	0,578	0,627	0,667	0,700	0,728	0,750	0,769
	1,00	0,600	0,649	0,689	0,722	0,750	0,772	0,791
	2,00	0,644	0,693	0,733	0,766	0,794	0,816	0,835
2	0,75	0,852	0,938	1,013	1,078	1,136	1,184	1,228
	2,00	0,930	1,016	1,091	1,156	1,214	1,262	1,306
	3,00	0,992	1,078	1,153	1,218	1,276	1,324	1,368
3	1,00	1,071	1,185	1,287	1,378	1,456	1,529	1,593
	2,00	1,148	1,262	1,364	1,454	1,533	1,606	1,669
	4,00	1,300	1,414	1,516	1,607	1,685	1,758	1,821
4	1,00	1,242	1,380	1,504	1,616	1,716	1,825	1,886
	2,50	1,374	1,512	1,636	1,748	1,848	1,957	2,018
	4,00	1,506	1,644	1,768	1,880	1,980	2,089	2,150
5	1,25	1,417	1,575	1,718	1,849	1,967	2,073	2,167
	2,50	1,540	1,698	1,841	1,972	2,090	2,196	2,290
	4,00	1,688	1,846	1,989	2,119	2,237	2,343	2,438
6	1,25	1,555	1,730	1,891	2,038	2,172	2,292	2,400
	2,50	1,690	1,865	2,026	2,173	2,306	2,427	2,535
	4,00	1,852	2,027	2,187	2,335	2,468	2,589	2,696

Widerlagerstärke
w in *m* bei Überschüttungen bis 1,5 *m* und einem Pfeilverhältnis

Spannweite <i>l</i> in <i>m</i>	Widerlagerstärke <i>w</i> in <i>m</i> bei Überschüttungen bis 1,5 <i>m</i> und einem Pfeilverhältnis						
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$
8	1,831	2,057	2,228	2,405	2,565	2,711	2,843
	2,017	2,224	2,415	2,591	2,752	2,897	3,029
	2,266	2,473	2,664	2,840	3,001	3,146	3,278
10	2,050	2,284	2,501	2,702	2,886	3,054	3,206
	2,258	2,492	2,710	2,910	3,095	3,262	3,414
	2,676	2,910	3,127	3,328	3,512	3,680	3,832
12	2,323	2,582	2,823	3,046	3,251	3,439	3,609
	2,628	2,886	3,127	3,351	3,556	3,744	3,914
	2,933	3,191	3,432	3,656	3,861	4,049	4,219
15	2,600	2,891	3,164	3,417	3,651	3,865	4,059
	2,941	3,232	3,505	3,758	3,992	4,205	4,399
	3,282	3,573	3,846	4,099	4,332	4,546	4,740
20	3,004	3,343	3,662	3,959	4,234	4,486	4,715
	3,496	3,835	4,154	4,451	4,726	4,978	5,207
	3,978	4,327	4,646	4,943	5,217	5,470	5,699
25	3,361	3,742	4,101	4,436	4,746	5,031	5,291
	3,911	4,292	4,651	4,986	5,296	5,581	5,841
	4,461	4,842	5,201	5,536	5,846	6,131	6,391

für Straßenbrücken 10 % ab:

$$w = 3,46 - 0,35 = 3,11 \text{ m.}$$

Nach Ludwigs Angabe einer älteren Formel wird:

$$w = \frac{l}{8} \frac{3l - f}{l + f} + 0,3 + \frac{h_1}{6}.$$

Für hohe Überschüttung gilt:

$$w_1 = w + \frac{h}{24} \text{ bis } w + \frac{h}{12}.$$

In obigem Beispiel wird:

$$\begin{aligned} w &= \frac{9,6}{8} \frac{3 \cdot 9,6 - 1,6}{9,6 + 1,6} + 0,3 + \frac{4}{6} \\ &= 1,2 \frac{27,2}{11,2} + 0,3 + 0,67 = 3,88 \text{ m.} \end{aligned}$$

Hierzu:

$$\begin{aligned} \frac{h}{18} &= \frac{7}{18} = rd \ 0,4 \text{ m.} \\ w_1 &= 4,28 \text{ m.} \end{aligned}$$

bei 10 % Abzug $w = 4,28 - 0,43 = 3,85 \text{ m.}$

Für die vorläufige Annahme der Breite der Widerlager in Terrainhöhe gibt Krüger die Formel an:

$$w = \sqrt{l} \left\{ 0,6 + m \left(\frac{l}{f} - 2 \right) + 0,04 h_1 \right\}$$

Für Segmentbögen ist $m = 0,10$, für Halbkreis- und Korbbögen $m = 0,05$.

In obigem Beispiel wird:

$$w = \sqrt{9,6} \left\{ 0,6 + 0,1 \left(\frac{9,6}{1,6} - 2 \right) + 0,04 \cdot 4 \right\} = 3,41 \text{ m.}$$

bei 10 % Abzug $3,41 - 0,34 = 3,07 \text{ m.}$

Für Durchlässe und kleinere Brücken genügt die Bestimmung der Scheitel- und Widerlagerstärke nach einer dieser Formeln und die Vergleichung mit ausgeführten Bauwerken. Bei größeren Brücken wird

man nach den Erfahrungsformeln nur die volräftige Bestimmung der Hauptmaße vornehmen und dann eine zeichnerische oder rechnerische Untersuchung der Brücke oder beides folgen lassen.

Bei der Untersuchung ist zu beachten, daß ein Gewölbe seine günstigste Form besitzt, wenn die für Eigengewicht und gleichmäßige Belastung des ganzen Gewölbes durch die halbe Verkehrslast gezeichnete Stützlinie mit der Gewölbemittellinie zusammenfällt.

Weicht die eingetragene Stützlinie erheblich von der Gewölbemittellinie ab, so ist die Form des Gewölbes durch Anpassen an die Stützlinie zu verbessern, und für die neue Form die Stützlinie zu konstruieren. Nach dieser ist, wenn erforderlich, die Gewölbestärke zu berichtigen und so fortzufahren, bis genügend genaue Übereinstimmung von Stützlinie und Mittellinie erzielt ist.

Um ein Urteil über die Standfestigkeit eines Gewölbes zu gewinnen, um die Richtung der einzelnen Fugendrücke und die im Gewölbe auftretenden Spannungen kennen zu lernen, konstruiert man die Stützlinie für den Fall der ungünstigsten Beanspruchung des Gewölbes. Diese ergibt sich annähernd, wenn eine Gewölbehälfte mit der Verkehrslast voll belastet ist, während gleichzeitig die andere Gewölbehälfte nur durch Eigengewicht Belastung erhält.

Die Stützlinie schneidet dann die Kämpferfugen und die Scheitelfuge in den Punkten a, b, c, (Abb. 53), deren Abstände

für den Punkt c (oberhalb der Scheitelmitte):

$$e = \frac{5}{16} \frac{s^2}{h};$$

für den Punkt a (unterhalb der Kämpfermitte):

$$e_1 = \cos \varphi_0 \left\{ 2e + \frac{1}{8} \frac{p \cdot h}{z_1 + 0,14h} \right\},$$

für den Punkt b (bei $+e_2$ unterhalb der Kämpfermitte):

$$e_2 = \cos \varphi_0 \left\{ 2e - \frac{1}{8} \frac{p h}{z_1 + 0,14 h} \right\} \text{ sind.}$$

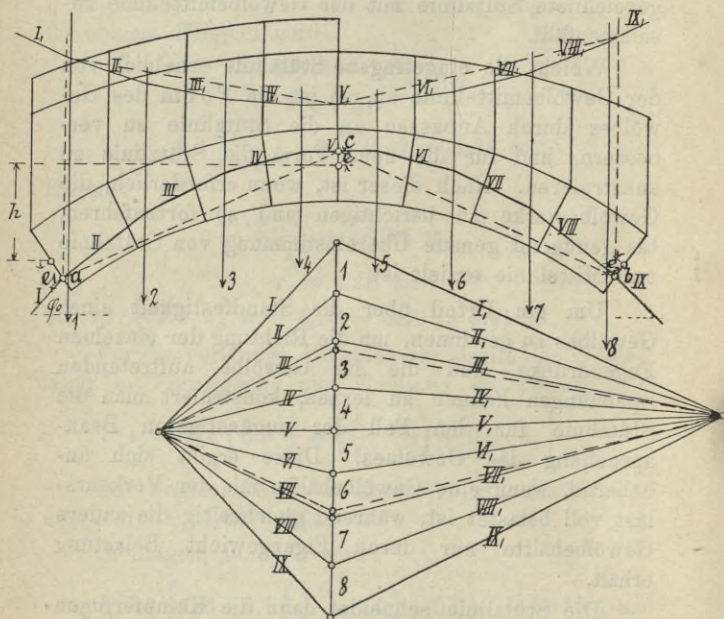


Abb. 53.

Wird e_2 negativ, so liegt Punkt b der Stützlinie oberhalb der Gewölbemittellinie im Kämpfer. Hierin ist außer den bekannten Werten (Abb. 53) φ_0 der Winkel, den der Kämpferdruck mit der

Horizontalen einschließt, p die auf das Gewicht des Gewölbbestoffs (γ) bezogene Höhe der größten gleichmäßigen Verkehrslast in Meter, h die Pfeilhöhe, z die auf γ bezogene Höhe der Konstruktionslast im Scheitel.

Sind die Punkte a , b , c , durch welche die Stützzlinie am Scheitel und im Kämpfer gehen soll, gegeben, so läßt sich die Stützzlinie durch sie in folgender Weise konstruieren (Abb. 53). Man zeichne für

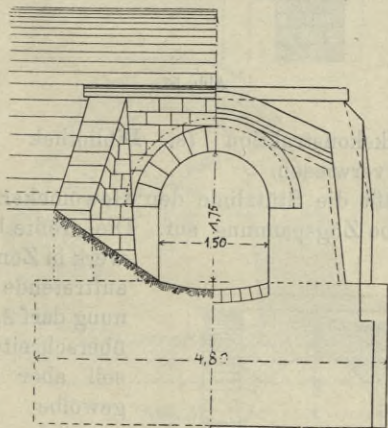


Abb. 54.

die gewünschte Belastung ein Seilvieck aus beliebigem Pol, nimmt die eine, dann die andere Hälfte des Gewölbes als gewichtslos an und bestimmt die Auflagerdrücke am Kämpfer und im Scheitel. Verbindet man dann a mit c und b mit c und zieht zu a c und b c Parallele durch die gefundenen Endpunkte der Auflagerdrücke, so ergibt sich im Schnittpunkte dieser Parallelen der Pol, der die verlangte Stützzlinie ergibt.

Für die Bestimmung der vorkommenden größten Druckspannungen u. dergl. wird auf die Statik der

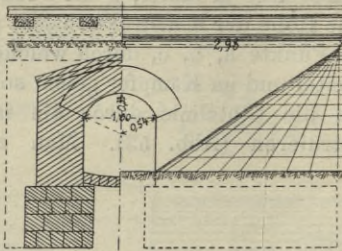


Abb. 55.

Mauerwerkskonstruktion (s. Bibliothek der ges. Technik) verwiesen.

Verläßt die Stützlinie den Gewölbekern, so tritt im Gewölbe Zugspannung auf. Die größte bei Mauerwerk in Zementmörtel

auf tretende Zugspannung darf 2,5 kg nicht überschreiten. Zug soll aber im Steingewölbe überhaupt vermieden werden.

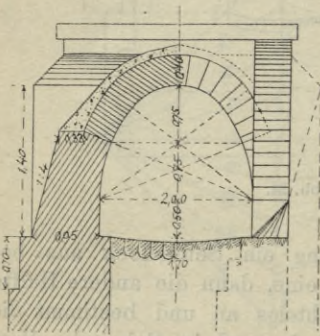


Abb. 56.

Der Fugendruck darf mit der Normalen zur Fuge keinen größeren Winkel einschließen als den Reibungswinkel der Ruhe für Mauerwerk (27° bis 35°).

Die Form der gewölbten Durchlässe ist gewöhnlich der Halbkreis (Abb. 54), der Segmentbogen (Abb. 55) und die Parabel bzw. der parabel-ähnliche

Korbbogen (Abb. 56 und 57). Bei hohen Überschüttungen ist die Parabel die statisch günstigste Form. Die Kreis-Gewölbe erhalten meist eine Hintermauerung, die mit 1:3 bis 1:5 geneigt ist und die äußere Gewölbeleibung berührt (Abb. 54 und 55). Manchmal wird auch nur der Gewölbeschenkel zum Kämpfer hin verstärkt (Abb. 56 und 57). Bei schlechtem Baugrunde wird die Sohle des Durchlasses statt durch Pflaster durch ein Sohlen-

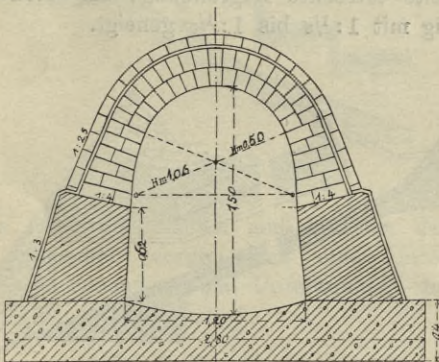


Abb. 57.

gewölbe (Abb. 55) bzw. eine Betonsohle (Abb. 57) geschützt und befestigt.

Außer der Verstärkung der Gewölbe nach dem Innern hoher Dämme hin müßten auch die Widerlager nach der Dammitte zu in gleichen Abständen verstärkt werden. Je nach der Art der Wölbform, des Ausführungsstoffes, der Gestaltung und Neigung der Böschungen, der Anordnung der Häupter und Flügel ergeben sich mannigfache Formen der gewölbten Durchlässe.

Anstatt daß man ein Halbkreisgewölbe bis

zur wagerechten Kämpferfuge hinunterführt, empfiehlt sich in vielen Fällen ein Höherrücken der Kämpfer, das durch Auskragen des Widerlagers erreicht werden kann. Eine unter etwa 15° geneigte Begrenzung des Widerlagers nimmt dann das Segmentbogengewölbe auf. Es ist darauf zu achten, daß die zurechtgehauenen ausgekragten Steine nicht die Ansicht der inneren Leibung stören (Hausteinkämpfer).

Die Widerlagsmauern erhalten meistens an der Vorderseite lotrechte Begrenzung; am Rücken sind sie häufig mit $1:1/3$ bis $1:1/5$ geneigt.

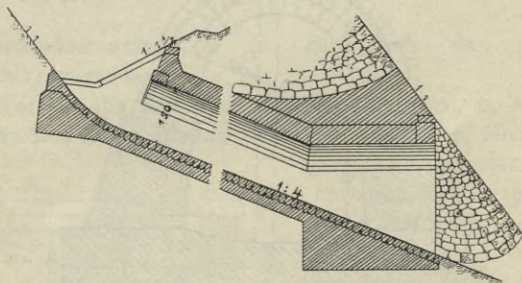


Abb. 58.

Die Gewölbekämpfer liegen gewöhnlich über Hochwasser. Die Abdeckung des Gewölbes geschieht durch eine Betonschicht (Abb. 56), durch eine 2 cm starke Zementschicht, eine Ziegelflachsicht in Zement oder beides (Abb. 57), auf welche sich oft eine Schotterschicht bis zu 20 cm Höhe legt. Man vermeidet eine aufzubringende Tonschicht, weil sie das Austrocknen des Bauwerks verhindert.

Eine Verblendung in Ziegel aufgemauertem Stirnen mit Quadern schmückt zwar, ist aber des ungleichen Setzens halber nicht zu empfehlen.

In Berghängen und wo die Durchlaßsohle steiler als 1:10 wird, empfiehlt sich die Beibehaltung der gleichen Höhe des Bauwerks an allen Stellen am

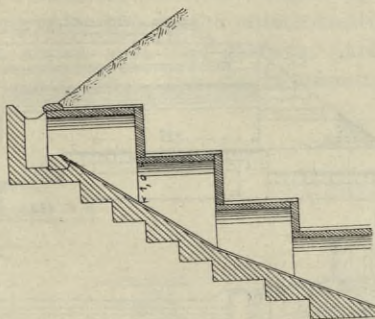


Abb. 59.

meisten (Abb. 58). Doch muß sorgsam darauf Bedacht genommen werden, daß eine Unterspülung der Sohle, besonders am Unterhaupte, durch das

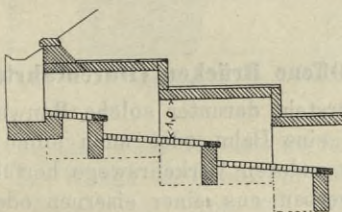


Abb. 60.

starkströmende Wasser nicht eintritt. Die Abtreppung der Sohle allein (Abb. 59) oder auch die Abtreppung des ganzen Bauwerks (Abb. 60) wird, häufig vorgenommen (Kaskadendurchlässe), (Abb. 61) ist aber wegen drohender Verstopfung oder des

häufig eintretenden Abreißen des Bauwerks an den Abtreppungen, besonders bei hohen Überschüttungen, nicht anzuraten.

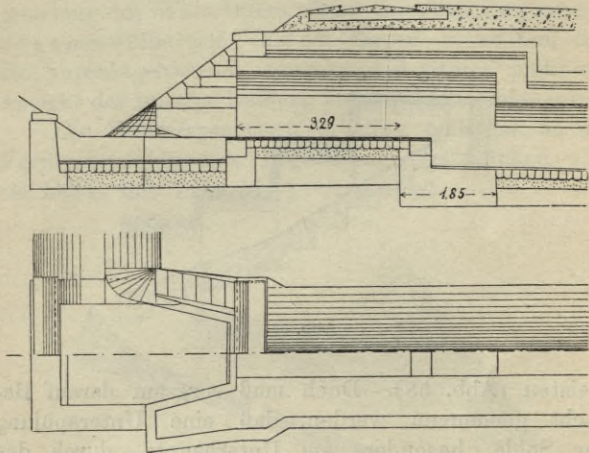


Abb. 61.

2. Offene Brücken (Durchfahrten).

Man versteht darunter solche Bauwerke, welche einen Weg, eine Bahn oder auch einen Wasserlauf unter einem anderen Verkehrswege herführen derart, daß der Überbau aus einer eisernen oder hölzernen Brücke besteht, der beiderseitig auf Wangenmauern aus Stein auflagert. Die Wangen werden mit Parallel- (Abb. 66) oder Böschungsflügeln (Abb. 67) an die Böschungen angeschlossen.

Die Wangenmauern sind als belastete Stützmauern zu betrachten und in ihren oberen Teilen so einzurichten, daß sie dem Überbau ein sicheres

Auflager gewähren und daß die anstoßende Erde von der Brücke abgehalten wird. Der Querschnitt wird nach dem Zwecke, der Höhe und der Beanspruchung rechteckig (Abb. 62), abgetreppt (Abb. 63), trapezförmig (Abb. 65), hinten unterschritten (Abb. 63) oder nach außen zum Teil geböschet (Abb. 65) oder abgetreppt (Abb. 66). Um die Brückenträger aufzu-

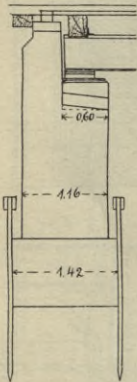


Abb. 62.

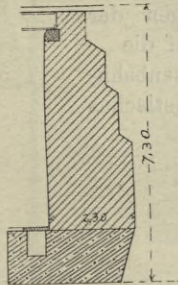


Abb. 63.

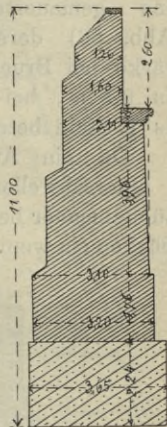


Abb. 64.

lagern, ordnet man zwei Werksteine für die Hauptträger auf der Wange an (Abb. 65) oder vier für Haupt- und Längsträger (Abb. 67). Zwischen den Auflagerquadern kann eine geneigte Abdeckung des Absatzes (Abb. 65 und 67) durch Platten oder Rollschicht erfolgen, um dem Wasser leichter Abfluß zu verschaffen.

Die Quaderbreite und -höhe richtet sich nach dem Auflagerdrucke und dem Baustoffe. Meist wird der Stein von der Rückenmauer, welche die Erde

zurückhalten soll, in seinem hintern Ende um einige Zentimeter überlagert. Die mindestens 0,6 m bzw. 2 Stein starke Rückenmauer wird durch Rollschicht (Abb. 67) oder Platten (Abb. 64 und 65) an den freien Teilen abgedeckt.

Die Parallelfügel tragen oft des guten Aussehens wegen eine gemauerte Brüstung (Abb. 66) deren Mindeststärke bei Bruchsteinen 0,3 bis 0,5 m, bei Ziegeln $\frac{3}{4}$ bis 1 Stein betragen soll.

Da ein Auflegen der Querswellen auf die Rückenmauer bei Eisenbahnbrücken ein wenig elastisches

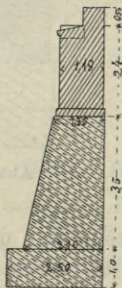
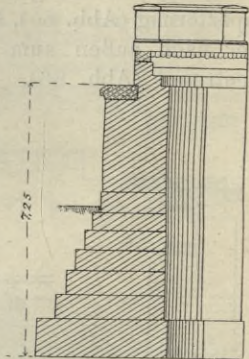


Abb. 65.

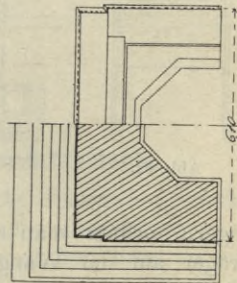


Abb. 66.

Auflager bietet und die Mauer durch die unmittelbar auf sie übertragenen Stöße der Verkehrslast zerstört wird, ein Ablegen der Schwellen aber entweder zu große Abstände derselben ergibt oder im besten Falle nur ein einseitiges Unterstopfen derselben zuläßt,

kann die Rückenmauer durch eine Eisenkonstruktion ersetzt werden, die allen Bedenken abhilft (Abb. 68

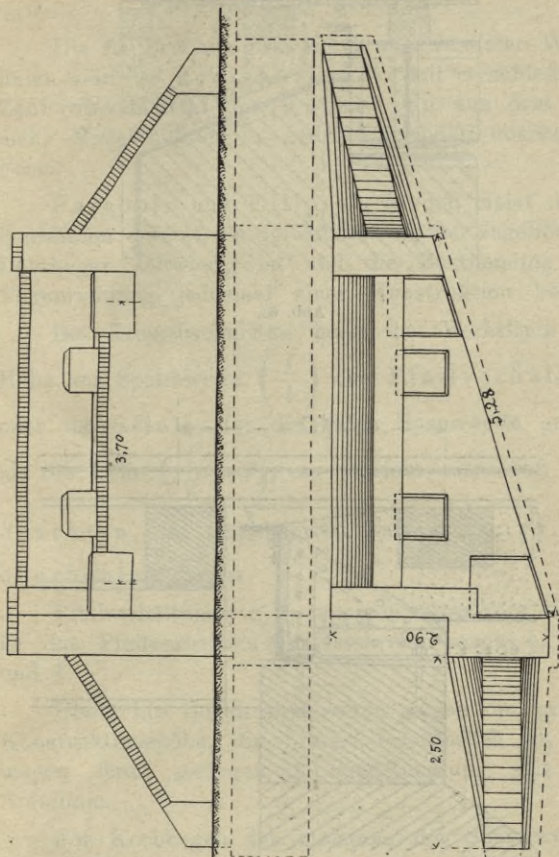


Abb. 67.

und 69). Die erste Konstruktion ist die einfachere, da das Γ -Eisen mit den Stützwinkeln nur aufgesetzt zu werden braucht und Steinschrauben wegfallen. Sie wird neuerdings viel verwendet.

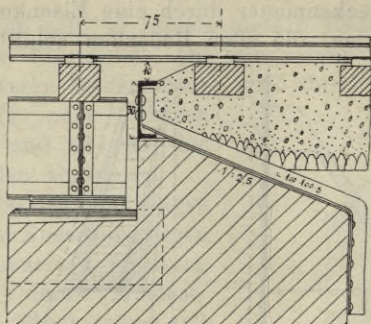


Abb. 68.

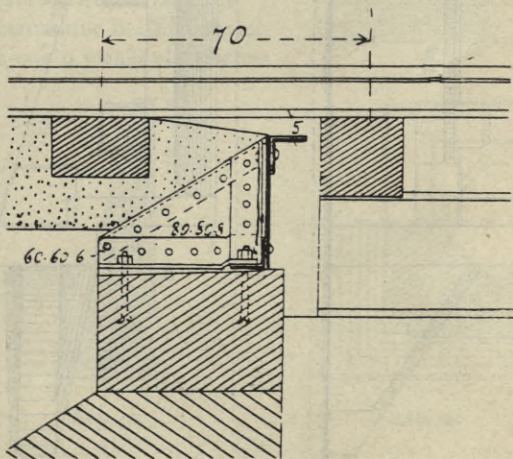


Abb. 69.

3. Gewölbte Brücken.

Die für Brücken gewöhnlich angewendeten Wöblinien sind der Kreisabschnitt mit verschiedenen Zentriwinkeln und der Korbbogen aus drei und mehr Mittelpunkten in gedrückter oder überhöhter Form.

Parabeln und Ellipsen werden meist durch Korblinien ersetzt, da die Ausführung der zugehörigen Lehrbogen schwierig ist und die Bestimmung der Fugenrichtung jedesmal einer Konstruktion bedarf.

Bei Kreisabschnitten heißt das Verhältnis der Höhe zur Spannweite $\left(\frac{f}{l}\right)$ das Pfeilverhältnis oder der Stich. Ist die halbe Spannweite größer als die Höhe $\left(\frac{l}{2} > f\right)$, so spricht man von gedrückten, im umgekehrten Falle $\left(\frac{l}{2} < f\right)$ von überhöhten Bogen.

Pfeilverhältnisse $< \frac{1}{10}$ kommen selten vor. Häufig ist das Pfeilverhältnis $\frac{1}{2}$ (Halbkreis) sowie $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{6}$.

Überhöhte Bogen sind selten wegen der großen Konstruktionshöhe, die hierbei erforderlich ist, und wegen ihrer geringen Übereinstimmung mit der Stützlinie.

Für Korbbogen ist meistens die Spannweite l und die Pfeilhöhe f bekannt (Abb. 70). Ferner nimmt man fast regelmäßig an, daß die Wagerechte im Scheitel und die Lotrechte im Kämpfer die Korblinie berühren. Dann ist für drei Mittelpunkte noch

ein Bestimmungsstück R oder r oder die Zentriwinkel α oder β anzunehmen.

Für die bekannten Werte l , α und f ist dann

$$R = \frac{\frac{l}{2} \sin \alpha - (1 - \cos \alpha) f}{\sin \alpha + \cos \alpha - 1}$$

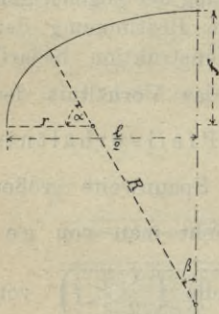


Abb. 70.

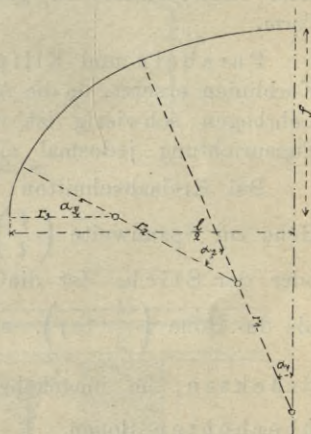


Abb. 71.

$$r = \frac{f \cos \alpha - (1 - \sin \alpha) \frac{l}{2}}{\sin \alpha + \cos \alpha - 1}$$

$$\beta = 90 - \alpha \text{ (halber Scheitelwinkel).}$$

Für $\alpha = 60^\circ$ ist $r = 1,3666 f - 0,1833 l$ und $R = 1,1833 l - 1,3666 f$.

Für $\alpha = 60^\circ$, $l = 10$ m, $f = 3$ m ist $r = 2,267$ m $R = 7,73$ m.

Bei Korbogen aus fünf Mittelpunkten (Abb. 71) kann man vier Stücke jeweils annehmen, um das fünfte zu finden. Ein ähnliches Verfahren findet bei mehr

Mittelpunkten statt. Um weitläufige Rechnungen zu vermeiden, setzt man oft für die Halbmesser und Winkel Verhältniszahlen ein, etwa, daß die Radien in arithmetischer Reihe abnehmen und die Zentriwinkel in gleicher Art wachsen, ferner, daß die konstante Differenz der aufeinanderfolgenden Radien ein Minimum wird, und bestimmt nach einer Tabelle die gewünschten Angaben.

Zahl der Kreisteile	Koordinaten der Mittelpunkte für die Kreisteile		Länge der Halbmesser	Zentriwinkel der Kreisteile	
	Abszisse	Ordinate		Grade und Minuten	Bogenlänge für Rad. 1
5	0,0000	2,0837 c	$f + 2,0837 c$	46° 36'	0,81 332
	0,5878 c	0,7189 c	$f + 0,5977 c$	37° 46'	0,65 915
	1,8882 c	0,0000	$f - 0,8882 c$	28° 56'	0,50 498
7	0,0000	2,2039 c	$f + 2,2039 c$	30° 12'	0,52 709
	0,2759 c	1,1813 c	$f + 1,1448 c$	27° 35'	0,48 142
	0,9939 c	0,4047 c	$f + 0,0856 c$	24° 58'	0,43 575
	1,9735 c	0,0000	$f - 0,9735 c$	22° 51'	0,39 008

Hierin ist $c = \frac{l}{2} - f$.

Dann wird z. B. für $l = 30$ m, $f = 10$ m, $c = 5$ m, vom Scheitel ab:

$$a_1 = 23^\circ 18'; \quad a_2 = 37^\circ 46'; \quad a_3 = 28^\circ 56'$$

$$r_1 = 20,42; \quad r_2 = 12,99; \quad r_3 = 5,56 \text{ m.}$$

Abszissen: 0; 2,94 und 9,44.

Ordinaten: 20,42; 3,59; 0.

Bei Hausteingewölben beträgt die mittlere Länge der Wölbsteine 0,8 bis 1,0 m, die Höhe 0,5 bis 0,6 m und die Dicke etwa 0,25 bis 0,3 m. Die Lagerfugen richtet man nach der Gewölbachse, die

Stoßfugen läßt man abwechseln. Um das Absplittern der Wölbsteinkanten, besonders beim Ausrüsten, zu vermeiden und die Druckkräfte auf die inneren Teile der Lagerfläche zu lenken, versieht man die einzelnen Quader oder nur den Schlußstein und den Kämpferquader mit sogenannten Druckschlägen, d. h. Abschrägungen oben und unten, durch welche die Lagerfugen so weit erweitert werden, daß sich die Kanten der Wölbsteine bei der Zusammenpressung nicht berühren (Abb. 72).

Die Gewölbe werden mit offenen Fugen ausgeführt. Jeder Stein wird durch etwa 2 cm starke

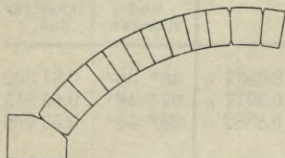


Abb. 72.

Klötzchen von dem nächsten getrennt. In die Fuge wird der Mörtel aus Zement mit Sandzusatz gegossen und mit schmalen Eisen festgestampft. Dann werden die Klötzchen entfernt und die verbliebenen

Öffnungen mit Mörtel nachgefüllt. Reiner Zementmörtel verursacht Ausblühungen in der Nähe der Fugen, welche dem Aussehen des Mauerwerks schaden.

Backsteingewölbe werden bei geringen Stärken aus einzelnen durchgehenden Wölbschichten mit Lagerfugen, die nach der Gewölbeachse zusammenlaufen und mit versetzten Stoßfugen hergestellt. Werden die Fugen weiter als 2 cm, so führt man über $1\frac{1}{2}$ Stein starke Gewölbe in Ringen aus. Damit die Ringe gemeinsam tragen, fügt man in entsprechenden Abständen Binderschichten durch zwei oder alle Ringe hindurch oder legt Binderquader durch das ganze Gewölbe. Bei 2 Stein starkem Gewölbe wölbt man meist zwei Ringe von je 1 Stein

Stärke. Bei $2\frac{1}{2}$ Steinen wird der untere Ring $1\frac{1}{2}$ Stein der obere 1 Stein stark. 3 Stein starke Bogen werden in drei Ringen zu je 1 Stein ausgeführt. Bei

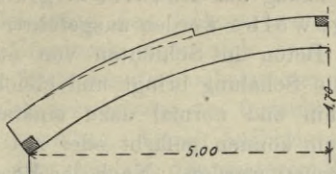


Abb. 73.

$3\frac{1}{2}$ Steinen wird der mittlere Ring $1\frac{1}{2}$ Stein, die beiden äußeren je 1 Stein stark usw.

Die Verstärkung der Backsteingewölbe nach den Kämpfern hin erfolgt in Absätzen von je $\frac{1}{2}$ Stein.

Man kann entweder die Wölbstärke wie in Abb. 73 annehmen, so daß die vorspringenden Ecken nicht mit zum Gewölbe gerechnet werden (am sichersten), oder die mit Zementmörtel oder Beton ausgeglichenen Ecken werden mit eingerechnet (Abb. 74, a),

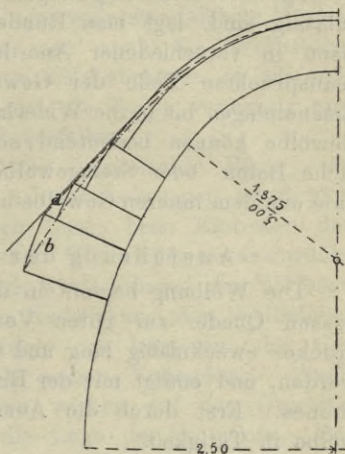


Abb. 74.

oder endlich kann man die vermittelnde Linie *b* als Gewölbegrenze wählen.

Bruchsteingewölbe werden mit hammerrechten, lagerhaften Bruchsteinen im Verband ver-

mauert, oder die unbearbeiteten Bruchsteine werden auf der Schalung zusammengestellt und die Zwischenräume mit Mörtel ausgegossen. Anfänger und Schlußstein werden häufig aus Haustein hergestellt.

Betongewölbe werden ausgeführt, indem man den fertigen Beton in Schichten von etwa 20 cm Stärke auf die Schalung bringt und gleichzeitig zum Mittelpunkt hin und normal dazu einstampft. Die Außenschichten können gefärbt oder mit besonderen Einlagen versehen werden. Nach der Beanspruchung kann die Mischung des Betons wechseln.

Betongewölbe mit Eiseneinlage. Um im Gewölbe Zugspannungen aufnehmen zu können, die bei Betongewölben nur in geringem Maße (bis 2,5 kg/qcm) zulässig sind, legt man Rundeisenstäbe oder Flach-eisen in verschiedener Anordnung in die auf Zug beanspruchten Teile der Gewölbe und führt diese Eiseneinlagen bis in die Widerlager hinein. Derartige Gewölbe können bedeutend schwächer sein als einfache Beton- oder Steingewölbe, da hier die Drucklinie aus dem inneren Gewölbedrittel heraustreten darf.

Ausführung der Gewölbe.

Die Wölbung beginnt in der Regel am Kämpfer, dessen Quader zur guten Verteilung des Gewölbedruckes zweckmäßig lang und tiefeingreifend gemacht werden, und endet mit der Einbringung des Schlußsteines. Erst durch die Ausrüstung tritt das Gewölbe in Tätigkeit.

Bei größeren Gewölben wird, um Zeit zu sparen, um eine günstigere Belastung des Lehrbogens hervorzubringen und um Rissebildung zu vermeiden, die Einwölbung nicht bloß am Kämpfer, sondern noch an einer oder verschiedenen Zwischenstellen begonnen. Hierbei ist eine Unterstützung der zeitweiligen Ge-

wölbanfänge durch künstliche Widerlager aus Holz erforderlich, die auf der Schalung bzw. mit dem Lehrgerüste zu verholzen sind. Die häufig eintretende Rissebildung im Gewölbe wird manchmal durch einseitige Belastung des Lehrgerüstedes am Kämpfer veranlaßt. Hierdurch hebt sich beim Beginn des Wölbens die Mitte des dort unbelasteten Lehrgerüstedes und senkt sich erst wieder bei fortschreitender Vollendung des Gewölbes. Durch Aufbringen von Mauersteinen, die dem Gewicht der späteren Wölbung entsprechen, auf die Mitte des Lehrgerüstedes kann dieser Bewegung des Lehrbogens entgegengetreten werden, ferner durch möglichste Unbeweglichkeit der Lehrbogen.

Da die Rissebildung sich zumeist auf die vor dem dauernden Erhärten weniger widerstandsfähige Mörtelmasse erstreckt, kann man auch die Wölbsteine trocken versetzen, dann die Lehrbögen in die endgültige Form bringen und die Fugen vorsichtig und aufmerksam mit Mörtel ausfüllen.

Durch das Ausrüsten verursachte Risse sind schwer zu vermeiden. Jeder Lehrbogen senkt sich unter der aufgebrachten Last; beim Eintreten der Gewölbewirkung werden die Widerlager etwas zurückgedrängt; ihr Mauerwerk wird während des Wölbens zusammengedrückt; die Keilwirkung der Wölbsteine bewirkt geringe Drehungen der letzteren; das Gewölbe setzt sich nach seiner Vollendung. Auch Temperaturveränderungen wirken auf das Gewölbe ein und beeinflussen die Lage der Stützlinie. Bei flachen Bogen entstehen an den Kämpfern, bei höheren Bogen weiter oben im Bogen nach außen geöffnete Fugen, die sogenannten Bruchfugen. Größere derartige Fugen werden mit Sicherheit nachträglich wieder mit Mörtel ausgefüllt werden können. Um feinere Risse, die nicht so leicht zu erkennen und zu schließen

sind, zu vermeiden, bringt man von vornherein Lücken im Kämpfer an (Abb. 75), die vor dem Ausrüsten geschlossen werden, oder man läßt im Scheitel (außen) und am Kämpfer (innen) oder auch im Kämpfer allein entsprechende Öffnungen im Gewölbe, die nach der Ausrüstung zu schließen sind (Abb. 73 und 76), oder man legt vorläufige Gelenke ein, die nach

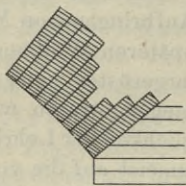


Abb. 75.

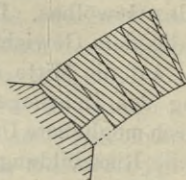


Abb. 76.

der Ausrüstung mit Zement ausgegossen werden, oder endgültige Gelenke im Scheitel, im Kämpfer oder in beiden zugleich aus Blei, Gußeisen oder Stahl, durch welche die Stützlinie in etwa festgelegt

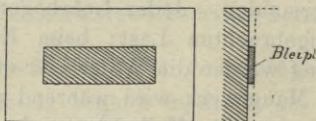


Abb. 77.

wird (Abb. 77, 78 und 79). Gelenke aus Stein zeigen die Abb. 80 und 81.

Die Ausrüstung geht am sichersten erst nach vollständiger Erhärtung des Mörtels vor sich. Bei Brücken über 20 m Spannweite soll das Gewölbe etwa vier Wochen nach dem Gewölbeschluß bis zur Ausrüstung auf dem Lehrbogen ruhen.

Die Mörtelart und die Witterung sind für die Zeit der Ausrüstung von bestimmendem Einflusse.

Die Hintermauerung des Gewölbes soll vor der Ausrüstung fertiggestellt sein, besonders dann, wenn sie die Stützlinie beeinflusst. Die Ausrüstung soll mit großer Vorsicht von der Mitte aus geschehen, um

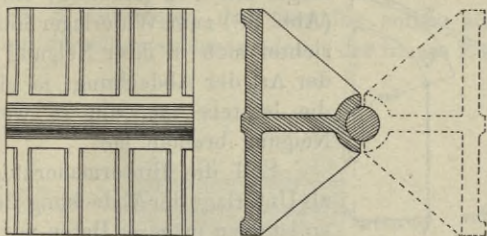


Abb. 78.

Erschütterungen und plötzliche, ruckweise Senkungen zu vermeiden und den Schlußstein zuerst zur Wirkung zu bringen.

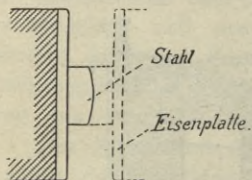


Abb. 79.

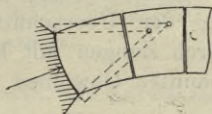


Abb. 80.

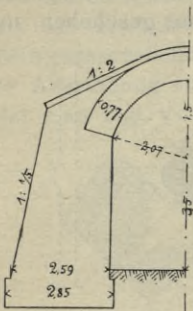


Abb. 81.

Hintermauerung.

Die Gewölbe werden meistens hintermauert, d. h. auf dem Widerlager und dem unteren Gewölbeschenkel werden Schichten aufgebracht, die mit entsprechender oberer Neigung das Sickerwasser vom Gewölberücken ableiten und die Stützlinie hindern sollen, aus dem Gewölbe hervorzutreten. Die Neigung der Hinter-

mauerung tangiert die äußere Gewölbeleibung. Sie soll dem Wasser genügenden Ablauf verschaffen, ein Abreißen der Gewölbedeckung jedoch vermeiden. Daher



fällt die Hintermauerung in der Regel mit 1:2 (Abb. 82) bis 1:5 (Abb. 88) zum Widerlager hin und richtet sich in ihrer Neigung nach der Art der Abdeckung; je glatter die letztere ist, um so weniger Neigung braucht sie.

Soll die Hintermauerung nur als Unterlage der Abdeckung dienen, so ist dazu magerer Beton mit Vorteil zu gebrauchen (Abb. 88).

Abb. 82.

Übermauerung.

Gewölbe größerer Pfeilhöhe erhalten häufig zur Verminderung der Überschüttungslast eine Übermauerung durch Zungen mit Plattenabdeckung oder zwischengespannten Gewölben. Diese Zungenmauern

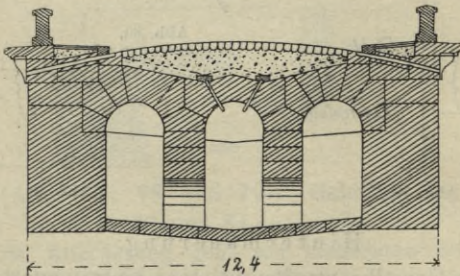


Abb. 83.

sind im allgemeinen 0,25—0,30 m stark und etwa 0,5—1 m voneinander entfernt. Die Achse der Hohlräume, die oft nur in dem Zwickel über dem Mittelpfeiler liegen, ist parallel zur Rückenachse (Abb. 83)

oder senkrecht dazu (Abb. 84) oder beides zugleich (Abb. 85). Runde Endöffnungen der röhren- oder tonnenförmigen Zwischengewölbe in den Stirnen werden Ochsenaugen genannt (Abb. 85, 90, 110, 130 und 133).

Die Abmessungen der Gewölbe sollen ein Bekriechen derselben zulassen, damit der innere Zustand

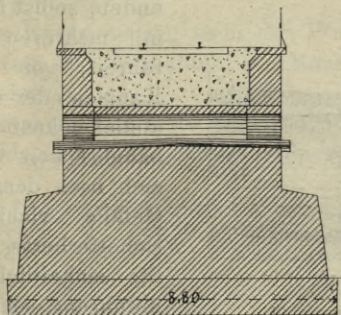


Abb. 84.

des Mauerwerks überwacht, die Entwässerungsröhren nachgesehen und etwaige Verstopfungen beseitigt werden können. Zu diesem Zwecke werden die Zwischengewölbe oft von der Fahrbahn oder dem Fußweg aus durch Einsteigeschächte zugänglich gemacht.

Bei Eisenbahnbrücken ordnet man die Längsmauern der Entlastungsgewölbe unter den Schienen an, um die Wirkung des einseitigen Gewölbeschubes auf sie zu vermeiden.

Entwässerung.

Die Entwässerung einer Brücke soll:

1. das Wasser auf dem kürzesten Wege aus dem Bauwerk ableiten,
2. frostfrei liegen und
3. leicht zugänglich sein.

Am besten sorgt man dafür, daß das Wasser auf der Brückenfahrbahn so schnell wie möglich abgeleitet wird, damit es, soweit das zugänglich ist, überhaupt nicht mit dem Mauerwerk in Berührung kommt. Dazu muß bei Straßenbrücken die Fahrbahn mit Rinnen versehen sein, die in einem Gefälle von mindestens 1:400 das Wasser nach den Brücken-

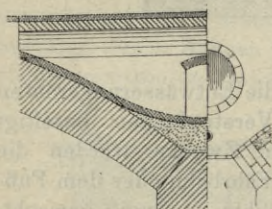
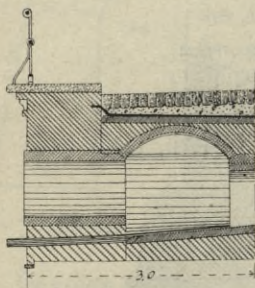


Abb. 85.

enden, selbst bei Brücken mit mehreren Öffnungen, führen, von wo es in Kanälen oder offen weiter abfließen kann. Bei Eisenbahnbrücken muß man sich nach dem gegebenen Gefälle richten. Des Schotterbettes wegen ist die einheitliche Wasserabführung schwieriger.

Bei Brücken mit einer Öffnung wird das Wasser, welches nicht früher abgeleitet werden kann oder trotz der Ableitung noch durchsickert, durch die Sattelform der Hintermauerung zum Widerlager

geführt. Man kann das Wasser hinter die Widerlager hinabfließen lassen, muß dann aber, besonders bei undurchlässigem Boden, für geeignete weitere Wasserabführung Sorge tragen. Dabei bleibt die Rückseite immer feucht, und der Zusammenhang von Widerlager und Hinterschüttungserde wird unterbrochen (Abb. 82). Daher sammelt man oft das Wasser noch auf dem Widerlager durch eine Rinne, die nach einer oder beiden Stirnen hin ins Freie mündet (Abb. 87).

Auch bei Brücken mit zwei Öffnungen ist die Entwässerungsart nach den Widerlagern hin anzuwenden, wenn der zwischenliegende Mauerzwickel nicht zu tief oder entsprechend überdeckt ist. Doch ist diese Ausführung seltener (Abb. 86). Bei drei Öffnungen, zumal wenn die Mittelöffnung einen höheren Scheitel aufweist, ist die Anlage eines einzigen Sattels zu empfehlen (Abb. 87).

Bei der Entwässerung nach den Widerlagern hin sind Aufsätze und Einbauten im Mauerwerk meist völlig entbehrlich.

Bei Brücken, die mehr als drei Wölböffnungen aufweisen oder die vorstehende Anordnung aus anderen

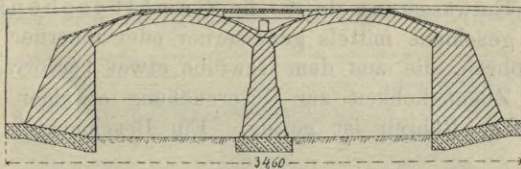


Abb. 86.

Gründen nicht erlauben, verwendet man eine der nachstehend angegebenen Entwässerungen.

Entwässerung durch die Stirnmauern. Das Wasser fließt in Röhren oder sonstigen Öffnungen durch die Stirnmauern ab.

Dabei wird es durch den Wind, zugleich mit dem beigemischtem Schlamm, an die Ansichtsflächen der Brücke geschlagen, wo sich Schmutzflecke ansetzen oder Moose und Flechten gedeihen, die das Aussehen der Brücke schädigen und die Verwitterung der Steine befördern. Empfehlenswert ist daher diese Abwässerung nur am Brückenende, wenn das Wasser durch vorkragende Steine (Wasserspeier) in den

Rasen der Böschung geführt werden kann oder durch Pflasterrinnen abgeleitet wird (Abb. 87).

In Einzelfällen kommt nach Abb. 83 diese Entwässerung an mehreren Stellen der Straßenrinne oder nach Abb. 84 in den Zwickeln vor.

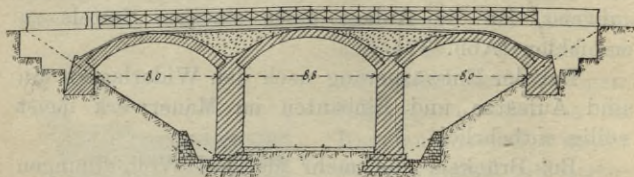


Abb. 87.

Entwässerung durch die Gewölbeschenkel. Sie geschieht mittels gußeiserner oder tönerner Abfallröhren, die aus dem Gewölbe etwas hervorragen. Die Zugänglichkeit zur Untersuchung etwaiger verstopfter Röhren ist gering. Ein Beschmutzen der

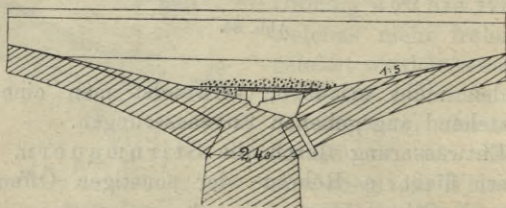


Abb. 88.

Pfeiler und der Gewölbeschenkel durch das mit Schlamm versetzte Sickerwasser ist nicht zu vermeiden. Abb. 88 zeigt die Durchführung des Wassers am Kämpfer und Abb. 89 in der Mitte des Schenkels. Das Gewölbe wird hierbei durch das Einlegen der Rohre an Stellen geschwächt, wo eher eine Verstärkung erwünscht wäre.

Entwässerung durch den Scheitel. Das abfließende Wasser kommt mit dem Gewölbemauerwerk fast gar nicht in Berührung. Die Anlage ist leicht

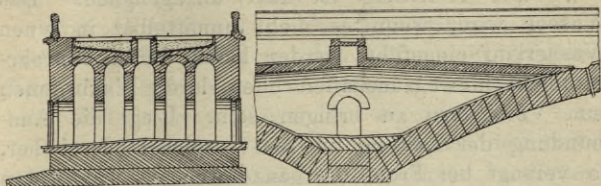


Abb. 89.

zugänglich zu machen. Die Abzugsröhren sind kurz und daher verhältnismäßig einfach zu reinigen. Doch ergeben sich bei größeren Öffnungen und geringen

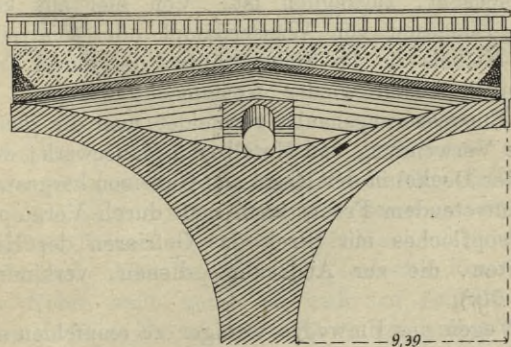


Abb. 90.

Überschüttungshöhen nur schwache Gefälle zum Scheitel hin. Bei untergeführten Wegen macht sich das hinuntertropfende Wasser unliebsam bemerklich und verbietet die Anlage bei lebhafterem Verkehr. (Abb. 90 und 91.)

Entwässerung durch den Pfeiler. Sie verstößt gegen die Bedingung, daß das Wasser auf dem kürzesten Wege aus dem Bauwerk abgeleitet werden soll. Die Ableitung ist fast unzugänglich. Das Wasser wird, wenn es nicht unmittelbar in einen Wasserlauf eingeführt werden kann, durch Tonrohrleitungen hinwegzuschaffen oder durch Sinkbrunnen zum Versickern zu bringen sein. Liegt die Ausmündung der Leitung im Wasserspiegel oder höher, so versagt bei Frost die ganze Anlage. Die Rohre im Pfeiler werden mit einer Luftschicht als Schutz gegen Einfrieren umgeben.

Zweckmäßig ist die Ausführung einer gemauerten Entwässerungshaube (Abb. 93), die von oben nach Entfernung der Bettung, wenn nötig durch einen Einsteigeschacht, zugänglich ist. Von hier aus kann durch Einlassen von Wasserdampf oder Eintreiben eines Meißels in die Sickerschlitze der durch Frost verstopfte Ablauf wieder freigemacht werden. Bei einer Entwässerungshaube vermeidet man die gleichzeitige Verwendung von Metall und Mauerwerk; doch wird der Deckel in der Regel aus Gußeisen hergestellt. Bei eintretendem Froste kann man durch Verstopfen des Tropfloches mit Stroh das Gefrieren der Kies-schichten, die zur Abdeckung dienen, verhindern. (Abb. 90.)

Wegen des Umweges weniger zu empfehlen sind die Entwässerungen, die sich der Zwischen-gewölbe zur Ableitung des Wassers bedienen. Das Wasser, welches auf die Zwischengewölbe gelangt, wird in dieselben eingeführt und durch die Stirn-mauer oder den Gewölbeschenkel hinausgeschafft. Zugleich legt man in den Stirnmauern runde Öffnungen (Ochsenaugen) an, die ein Durchlüften der Zwischen-gewölbe, ein Verdunsten des Sickerwassers und ein

Austrocknen des Mauerwerks befördern. Wo der voraussichtliche Wasserzufluß nur gering sein wird, überläßt man der Verdunstung allein die Entfernung des Wassers. (Abb. 91.)

Bei Überführungen über Eisenbahnen, die fast ausschließlich höchstens drei Öffnungen aufweisen, ist die sattelförmige Anordnung der Entwässerung zum Widerlager hin besonders zu empfehlen.

Im allgemeinen ist die Anordnung der Abflußröhren im Gewölbeschenkel derjenigen im Scheitel vorzuziehen, weil die Übermauerung, welche zum

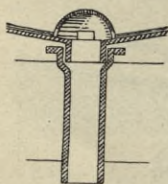


Abb. 91.

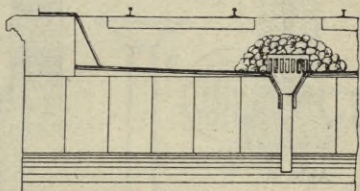


Abb. 92.

Scheitel hin fällt, meist höher und teurer ausfällt und manchmal nur ungenügendes Gefälle ergibt.

Abfallrohre bestehen aus tönernen oder gußeisernen Rohren, die meist zylindrischen Querschnitt aufweisen. Eine kegelförmige (konische) Erweiterung der Rohre nach unten ist mehr zu empfehlen, da etwaige Eiszapfen aus dem Rohre von selbst herausfallen und Verstopfungen im oberen, leicht zu erreichenden und leicht zu reinigenden Teile verbleiben.

Das Rohr wird oben mit einem tellerförmigen Rande oder einer muffenartigen Erweiterung versehen, auf oder in welche sich eine durchbrochene Gußhaube in Halbkugel- (Abb. 91) oder Trommelform (Abb. 92) oder ein Rost aus Gußeisen aufsetzt (Abb. 93 u. 94). Gegen die Verschlammung der Zulaufsöffnungen wendet

man eine Steinschüttung über der Haube an. (Abb. 92.)
 Abb. 95 und 96 zeigen Entwässerungsvorrichtungen
 nach Normalien der Rheinischen Eisenbahn. Der

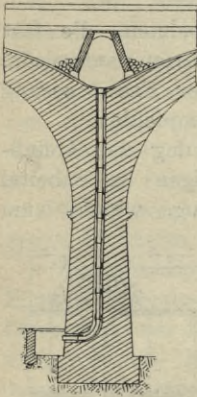


Abb. 93.

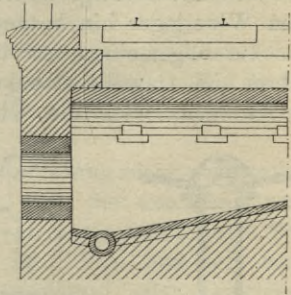


Abb. 94.

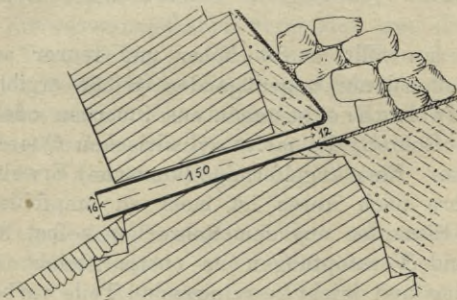


Abb. 95.

Aufsatztrichter (Abb. 97) wird in das Abfallrohr *a*
 (Abb. 96) eingesetzt und mit Steingeröll umgeben.

Abdeckung. Zum Schutze gegen das Ein-
 dringen des Wassers in das Gewölbe, gegen chemische

Umwandlung und Ausspülung des dann wasserlöslichen Mörtels, um die Einwirkung des Frostes auf das durchnäßte Mauerwerk zu vermeiden, und um Rissebildungen im Gewölbe und in der Hintermauerung, die durch kleine Senkungen entstehen können, unschädlich zu machen, dient die Abdeckung. Sie besteht gewöhnlich aus zwei in Zementmörtel verlegten Ziegelflächschichten mit versetzten Fugen, die man zuweilen noch mit einer Zementschicht von 1—2 cm Stärke überzieht. Bei Bruchsteinmauerwerk

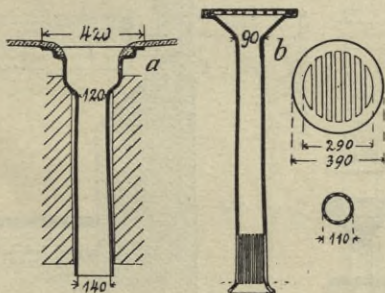


Abb. 96.

Abb. 97.

gleicht man die Gewölbeabsätze mit Beton aus, der glatt gestrichen und mit einer Zementschicht bedeckt wird.

Da der Zement durch Stöße der Verkehrslasten leicht reißt, so wird häufig noch ein 1—1,5 cm starker Überzug von Goudron (Erdasphalt) darüber gebracht oder besser ein Belag von Asphaltfilz oder Asphalt-pappe. Die Ränder werden mit heißer Asphaltmasse gestrichen, aufeinander geklebt und gebügelt. Die Asphaltabdeckung wird gegen das Durchdrücken scharfkantiger Steine der Aufschüttung durch eine etwa 10 cm starke Schicht lehmfreien Kieses geschützt.

An den Stirnmauern soll die Asphaltfilzschicht bis zu den Abdeckplatten reichen und noch 10 cm in die Lagerfugen hineingeführt werden. (Abb. 98.)

Noch besser ist eine Abdeckung der Gewölbe mit Metallblechen, die an den Kanten verlötet werden können. Hierzu eignet sich vornehmlich Blei und Kupfer, die nicht durch Rost leiden, deren Beschaffung aber kostspielig ist.

Stirnmauern. Die Stirnaufmauerung hat den Zweck, die auf dem Gewölbe ruhende Überschüttung

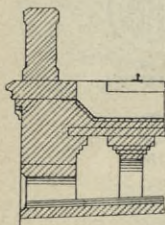


Abb. 98.

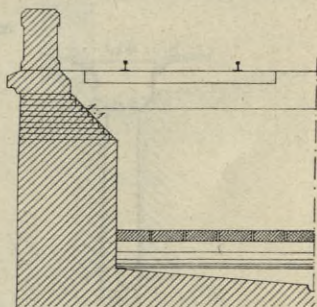


Abb. 99.

abzuschließen. Sie ersetzt daher die Böschung ganz oder zum Teil und dient einer massiven Brüstung als Unterbau. Ihre Herstellung muß vor der Ausführung der wasserdichten Abdeckung erfolgen, und zwar dann, wenn nach der Ausrüstung größere Senkungen nicht mehr zu erwarten sind.

Die Stärke der Stirnmauer hängt von ihrer Hinterfüllung ab, die mit ihrer Höhe zunimmt. Sie ist im Gewölbescheitel am geringsten. Die Verstärkung geschieht in gut abzuwässernden Absätzen oder in einheitlichem Anzuge (1:1) (Abb. 99). Die obere Abdeckung der Stirnen erfolgt durch Rollschichten in

Zement oder besser durch Platten aus wetterbeständigen Steinen von mindestens 0,5 m Breite und 0,15 bis 0,25 m Stärke.

Die Lagerfugen der Stirnen laufen gegen die obere Gewölbeleibung aus. Die entstehenden spitzen Steine können beim Backsteingewölbe durch Behauen der Ziegel leicht beschafft werden. Bei Bruchsteinen sind die schmalen, spitz zulaufenden Schichtsteine schwer zu bearbeiten. Sie brechen beim Versetzen leicht. Daher knickt man die Lagerfugen durch ge-

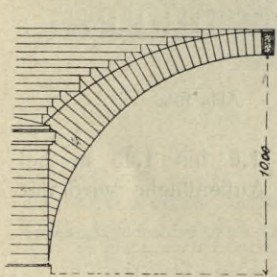


Abb. 100.

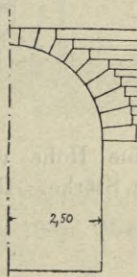


Abb. 101.

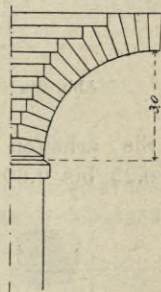


Abb. 102.

eignete lotrechte oder zur Gewölbachse hin gerichtete Fugen. (Abb. 100 und 101.) Je nach Erfordernis wählt man Schichten von verschiedenen Höhen.

Bei Hausteingewölben werden die Quader gewöhnlich abgetrept (Abb. 101), wenn sie nicht, wie bei Backsteingewölben, spitz zulaufen. Hakensteine (Abb. 102) sind zu vermeiden, weil der Haken leicht abbricht.

Die Gesimse der Brücken, deren Hauptteil die Abdeckplatten der Stirnmauern bilden, werden einfach und nach der Größe des Bauwerks mehr oder weniger kräftig gestaltet.

Brüstung und Geländer. Die zum seitlichen Abschluß der Verkehrsbahn dienenden Brüstungen werden aus Backsteinen, e. F. mit Werksteinpfeilern oder ganz aus Werksteinen hergestellt.

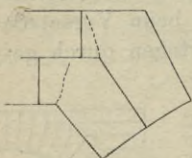


Abb. 103.

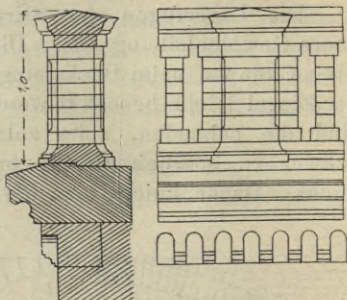


Abb. 104.

Sie erhalten eine Höhe von 1,0 bis 1,25 m bei 0,25 bis 0,60 m Stärke. Ihre Außenfläche wird mit

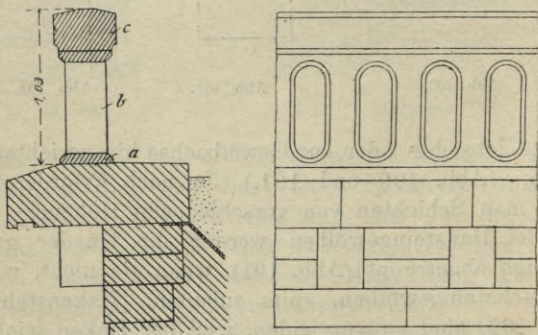


Abb. 105.

der Stirn bündig angeordnet (Abb. 104) oder durch Auskragung des Gesimses vorgerückt (Abb. 105). Eine massive Brüstung erhält einen Fuß *a*, einen

mittleren Teil *b*, der durchbrochen wird oder durch Ornamente verziert werden kann, und eine Deckplatte *c*. (Abb. 105.)

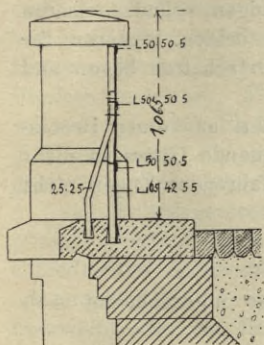


Abb. 106.

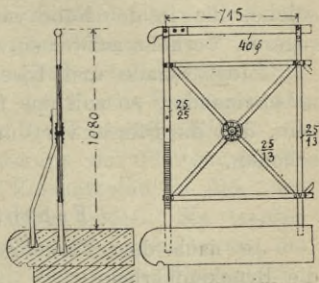


Abb. 107.

Oft werden massive Pfeiler mit einem eisernen Geländer verbunden (Abb. 106). Massive Brüstungen

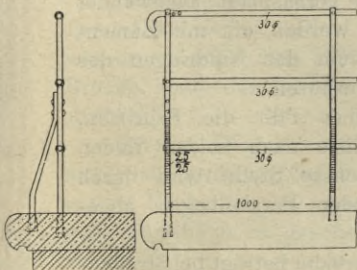


Abb. 108.

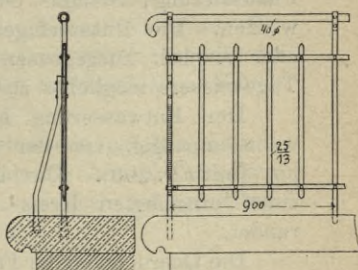


Abb. 109.

verlangen um 0,4 bis 0,6 m größere Brückenbreite als Geländer. Wo Sparsamkeit geboten ist, werden daher bei Steinbrücken Geländer aus Gußoder Schmiedeeisen angeordnet.

Geländer von Straßenbrücken sollen dichter sein als solche von Eisenbahnbrücken, damit Kinder nicht Gefahr laufen, durch das Geländer abzustürzen.

Abb. 107, 108 und 109 zeigen schmiedeeiserne Geländer für Wegbrücken, die beiden letzteren für solche, die in der Nähe von Ortschaften liegen und regeren Verkehr aufweisen.

Liegt Straße und Eisenbahn auf einer Brücke nebeneinander, so soll das trennende Gitter so dicht sein, daß die Pferde vor durchfahrenden Zügen nicht scheuen.

F a h r b a h n.

Je nach dem Verkehrswege unterscheidet sich die Brückenfahrbahn.

Bei Wegen und Straßen kann die Fahrbahn ganz dieselbe sein wie bei dem anschließenden Wege. Die gewöhnliche Befestigungsart der Wege kann hier in gleicher Weise mit Stein- oder Holzpflaster, Chaussierung, Stampf- oder Gußasphalt angewendet werden. Die Pflasterfugen werden oft mit Zement oder Asphalt ausgegossen, um das Eindringen des Tagewassers möglichst zu verhüten.

Der Entwässerung halber fällt die Fahrbahn, wenn zugänglich, von der Mitte nach beiden Enden hin (mit 1:200). Die höchste Stelle wird durch einen eingelegten Kreis- oder Parabelbogen abgerundet.

Die Querneigung der Fahrbahn beträgt bei Straßenpflaster 1:40 bis 1:30, bei Beschotterung $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{15}$, bei gut befestigten Fahrwegen $\frac{1}{80}$ bis $\frac{1}{100}$.

Bei geringem Längsgefälle muß das Quergefälle des Weges vermehrt werden.

Straßenrinnen haben meist ein Gefälle von 1:200 bis 1:50.

Fußwege werden meist durch Bordsteine von der Fahrbahn getrennt und höher gelegt, damit sie von Wasser und Schmutz möglichst verschont werden und der Fußgängerverkehr sicherer ist. Nur bei kurzen Brücken sind Fußwege entbehrlich; bei längeren Brücken werden sie durch Zufluchtsplätze über den Pfeilern erweitert. Fließendes Wasser wird in gewölbten oder mit Platten abgedeckten Kanälen oder in Eisenrohren, die meist unter den Fußwegen angebracht werden, über die Brücken weggeführt.

Die Fußgängerstege werden mit Platten, Kleinpflaster, Gußasphalt oder Zementbeton in den verschiedensten Anwendungsarten belegt. Sie werden oft ausgekragt oder durch Konsolen unterstützt, die überwölbt oder mit Bohlen, Eisen- oder Steinplatten abgedeckt werden.

Die Schwellenbettung der Eisenbahnbrücken wird durch die Abdeckung der Stirnmauern eingefast (Abb. 129).

Kanalbrücken sind mit wagerechtem Wasserspiegel anzulegen. Dient der Kanal jedoch zur Bewässerung oder zum Flößen, so erhält er auf der Brücke auch das Gefälle der anschließenden Kanalstrecke.

Größere Wasserleitungsbrücken erhalten zweckmäßig ein größeres Gefälle als die Anschlußstrecken, um an Baukosten zu sparen. Jedoch hat der Übergang allmählich zu geschehen.

Schiefe Gewölbe.

Ein schiefes Gewölbe entsteht, wenn sich die Achsen zweier Verkehrswege nicht im rechten Winkel schneiden und dabei die Widerlager parallel der Achse des unterführten, die Stirnflächen gleichzeitig parallel der Achse des überführten Objektes sind.

Den spitzen Schnittwinkel beider Achsen nimmt man bei gewölbten Brücken nicht unter 60° .

Die theoretisch richtige Konstruktion schiefer Gewölbe, der sogenannte französische Fugenschnitt, bei dem die Lagerfugen der Wölbsteine zur Stirnfläche und zu allen parallel zur Stirnfläche geführten lotrechten Gewölbeschnitten und zugleich zur inneren Leibung senkrecht stehen und daher Kurven (Trajektorien) bilden, die ähnlich wie Schraubenlinien sich in den Leibungsflächen verteilen, ist unpraktisch, weil jeder Stein eine andere Gestalt und Größe erhält und daher jeder Stein für die Bearbeitung einzeln ausgetragen und zugerichtet werden muß.

Der englische Fugenschnitt ist eine Annäherungskonstruktion, die wenigstens im Gewölbe die Verwendung gleichartiger Steine ermöglicht. Die Lagerfugen bilden hier wirkliche Schraubenlinien, die sich in der Abwicklung des Gewölbes als parallele Gerade darstellen. Ziegelsteingewölbe mit Hausteinquadern in den Stirnen und am Kämpfer zeigen häufig diese Konstruktion, wobei der Fugenwinkel, das ist der veränderliche Schnittwinkel der Lagerfugen mit den einzelnen Zylinderelementen, konstant angenommen wird, und zwar das Mittel aus dem größten Fugenwinkel am Scheitel und dem kleinsten am Kämpfer ist. Um Ausbauchungen der Stirnflächen zu vermeiden, soll der unveränderliche Fugenwinkel sich vom wahren nicht mehr als um 6° unterscheiden. Daher soll diese angenäherte Konstruktion beim Schrägungswinkel 60° nur bei flacherem Pfeilverhältnis als 1:4 Anwendung finden.

Bei halbkreisförmigem Gewölbe darf der Schrägungswinkel nicht größer als 80° sein. Ist das Gewölbe schräger, so teilt man es in mehrere Teile, deren jeder einen unveränderlichen Fugenwinkel, der

obiger Bedingung entspricht, erhält. Die am Kämpfer liegenden Teile werden spitzere Fugenwinkel als die am Scheitel erhalten. Der Übergang von dem einen Teile zum anderen wird durch eine Hausteinschicht gebildet.

Die Stirnverkleidungsquader werden so bestimmt, daß sie ein Vielfaches der Ziegeldicke betragen. Die Kämpfer- oder Anlaufsteine treten mit dreiseitigen Prismen über die Kämpferfuge hinaus. Daher wird der Wölbanfang zackenförmig.

Die Ausführung der Konstruktion gehört in die darstellende Geometrie (siehe Bibliothek der gesamten Technik).

In neuester Zeit werden oft schiefe Gewölbe wegen der mit ihnen verbundenen vorbereitenden Arbeiten und Austragungen und wegen der erforderlichen scharfen Aufsicht während des Baues nicht zur Ausführung gebracht, sondern in Beton gestampft. Durch diese Ausführungsart wird eine einheitliche Druckübertragung bei geringstem Arbeitsaufwand gesichert. (Abb. 110.)

Um schiefe Gewölbe ganz oder zum Teile zu vermeiden, wendet man verschiedene Anordnungen der Flügel, Stirnen und Gewölbe an.

Man ersetzt das schiefe Gewölbe durch ein gerades, indem man es mit unsymmetrischen Flügeln ausstattet (Abb. 111), wobei die ursprüngliche Wegachse einer Verschiebung und Verdrehung unterzogen wird.

Will man das Bauwerk so kurz und billig wie möglich, zugleich aber recht unansehnlich machen, so kann man ein gerades Gewölbe mit ansteigenden Stirnmauern nach Abb. 112 wählen.

Oft empfiehlt es sich, die Brückenweite zu vergrößern, zumal bei verlorenen Widerlagern

(Abb. 113), oder unsymmetrische Parallelflügel (Abb. 114) anzuordnen. Die Böschungen

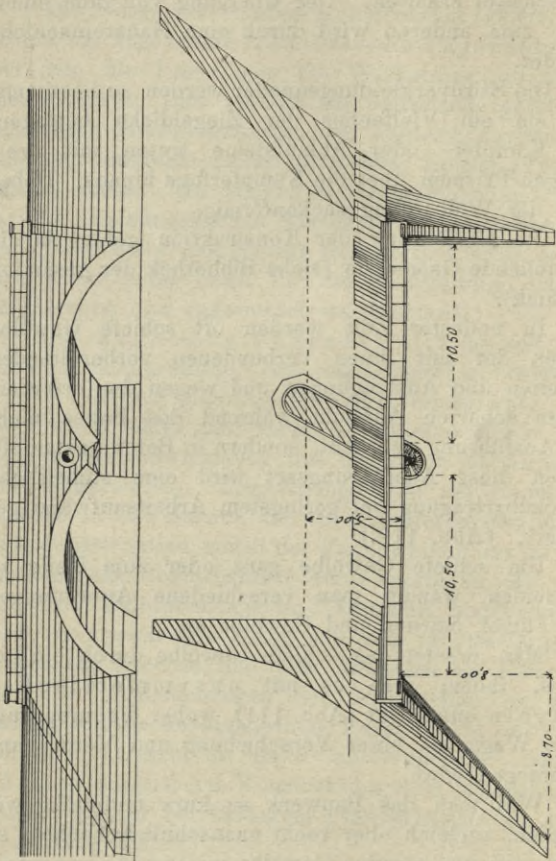


Abb. 110.

schmiegen sich hierbei dem untergeführten Weg oder Wasserlauf an, manchmal unter Zuhilfenahme von Steinpackungen. Das Aussehen ist unschön.

Eine größere Bauwerkslänge bedingt die Verlängerung gerader Gewölbe, bis sie einseitig aus der Böschungsebene vortreten. Die freien Ecken der Vorsprünge werden durch Erdschüttung ausgefüllt. Über den Stirnen entsteht eine wagerechte Fläche (Abb. 115) oder eine windschiefe Böschung. Das

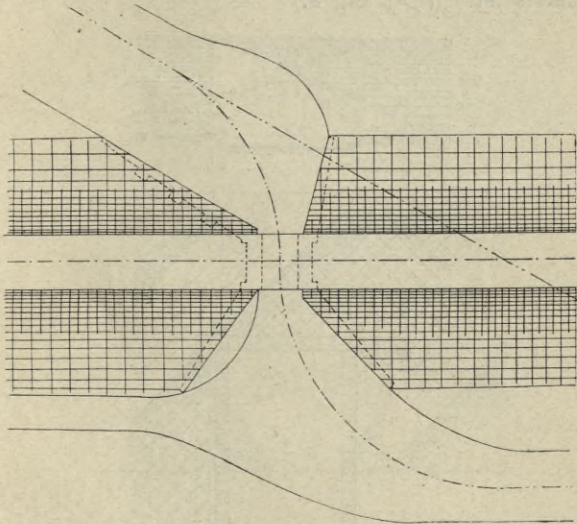


Abb. 111.

Aussehen ist mangelhaft. Daher wird diese Ausführungsart auch nur für kleinere Durchlässe in unbelebter Gegend benutzt. Derselbe Zweck läßt sich auf die in Abb. 115 punktiert angedeutete Art ohne vermehrte Inanspruchnahme von Grund und Boden durch Steinpackung in den Zwickeln erreichen.

Man führt Gewölbe mit ansteigenden Kämpferlinien aus. (Abb. 116.) Dabei läßt man die Gewölbe, die auf den Stirnflächen senkrecht stehen, sich an

den steigenden Widerlagern auslaufen. Die Kämpferlinien werden bei Kreisbogengewölben und ebenen Leibungen der Widerlager elliptisch. Der obere Teil des Gewölbes ist ein normaler Bogen, in dessen Mitte der Wölbscheitel liegt, wenn die Spannweite größer als die Gewölbbebreite mal der Kotangente des Schrägungswinkels ist. ($l > b \operatorname{ctg} a$.)

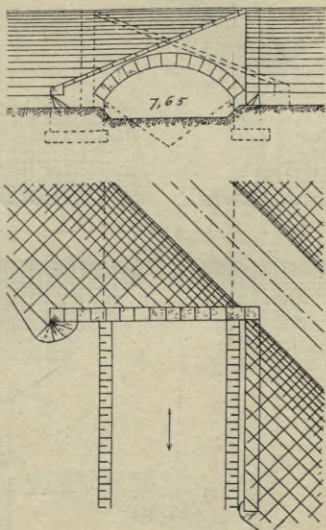


Abb. 112.

Die Konstruktion ist unansehnlich und wird selten verwendet.

Man zerlegt die Brücke in einzelne Bogenringe, die gegeneinander versetzt und in der Mitte einzeln oder, wenn zulässig, alle zusammen miteinander verankert werden. Die Ringe werden je schmaler, je spitzer der Schrägungswinkel wird (Abb. 117). Die Anfängersteine bestehen stets aus

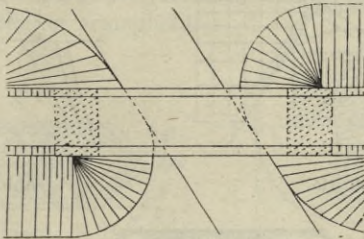
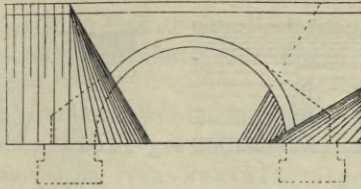


Abb. 113.

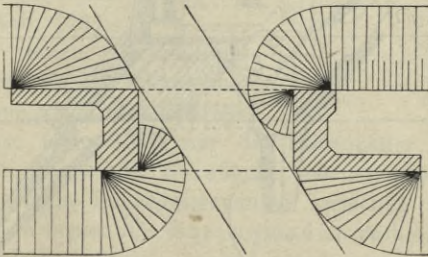
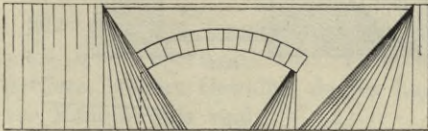


Abb. 114.

Hausteinquadern. Anstatt der Hintermauerung empfiehlt sich die Abgleichung der Bogen durch eine Betonschicht.

Bei Strombrücken werden die Pfeiler parallel dem Stromstriche gesetzt oder, wenn die Durchflußweite ausreicht, von kreisförmigem Querschnitte hergestellt. Durch entsprechende rechteckige Aufbauten (Abb. 118 und 119) wird die gerade Wölbung ermöglicht.

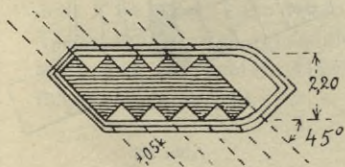


Abb. 118.

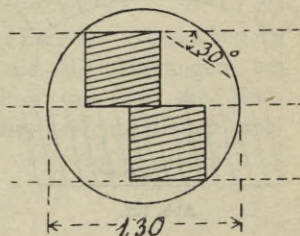


Abb. 119.

Man läßt auch die Lagerfugen kurzer Anfangsgewölbe senkrecht zur Stirn laufen, bis sie das mittlere, längere Gewölbe, dessen Lagerfugen parallel zur Kämpferlinie sind, treffen (Abb. 120). Manchmal vermitteln besondere Wölbsteine den Zusammenstoß beider Gewölbe (Abb. 121).

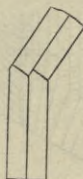


Abb. 120.



Abb. 121.

Bei einem Schrägungswinkel von $80-90^\circ$ kann man die Wölbungslagerfugen parallel

der Achse legen und nur die Stirnquader an der Stirnseite parallel der Stirnfläche behauen (Abb. 122).

Bei einem Schrägungswinkel zwischen 70 und 80° werden ferner die Steinquader so hergestellt, daß ihre Lagerfugen vorn senkrecht auf der Stirnfläche, ihre Stoßfugen hinten senkrecht

auf den Lagerfugen der geraden Wölbschichten stehen. Zugleich bearbeitet man die Lagerfugen der Binder nach dem Winkel, den die Stirnquader mit den Steinen der angrenzenden Wölbschichten bilden. (Hakensteine, Abb. 123.)

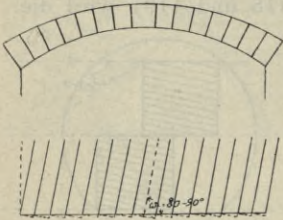


Abb. 122.

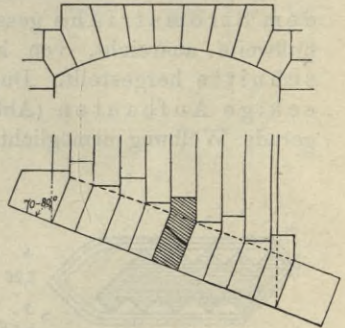


Abb. 123.

Besonders bei langen Gewölben führt man den mittleren, größeren Teil als gerades Gewölbe aus,

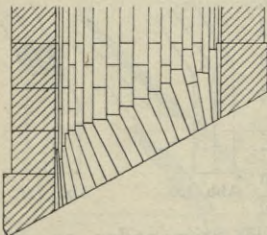


Abb. 124.

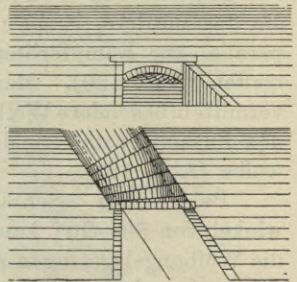


Abb. 125.

während an den Stirnen kurze Stücke schräg gewölbt werden. (Abb. 124.)

Man läßt das Gewölbe allmählich von der Stirn aus in das normale übergehen. (Abb. 125.) Bei

Durchlässen von geringer Weite kann das Übergangs- oder schräge Gewölbe durch Plattenabdeckung, bei größeren Brücken durch eine Eisenkonstruktion ersetzt werden.

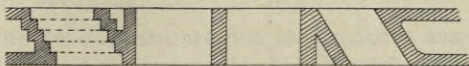


Abb. 126.

Durch eine entsprechende Gestaltung der Pfeiler kann man die Mittelöffnungen bei Viadukten u. dgl. geradehalten und nur die Endöffnungen als schiefe Gewölbe oder in Ringen ausführen. (Abb. 126.)

Brückengattungen.

Von den verschiedenen Arten der gewölbten Brücken soll das Wesentliche, was allen Brücken ihrer Art zukommt, erwähnt und ein Beispiel für viele, wenn tunlich mit Angabe der nötigen Maße, angeführt werden.

1. Wegunterführungen.

Sie kommen am häufigsten unter Eisenbahnen, weniger oft unter Kanälen und anderen Wegen vor. Durch die Höhenlage des übergeführten Verkehrsweges ist die Konstruktionshöhe gegeben. Die Anlage einer Wegunterführung aus Stein ist nur dann möglich, wenn die vom lichten Profil des Weges, von der Schlußsteinhöhe und der Überschüttung (45—50 cm) bzw. Unterbettung bis S. O. (60—80 cm), verlangte Mindesthöhe vorliegt. Bei größerer vorhandener Höhe kann vom kürzesten bis zum längsten möglichen Bauwerk das vorteilhafteste durch überschlägliche Rechnung ermittelt werden.

Die Kreuzung beider Achsen unter 90° ist anzustreben.

Bei geeignetem, tragfähigem Baugrund sind verlorene Widerlager beliebt.

Das halbkreisförmige und überhöhte Gewölbe ist selten.

Der Kreisbogen mit großem Pfeilverhältnis und die parabolische Form bei hoher Überschüttung wird vielfach verwendet.

Die Fundamente werden im Trocknen aus Bruch- oder Ziegelsteinmauerwerk, bei Wasserandrang aus Beton, der oft zwischen Spundwänden geschüttet wird, oder mittels Senkbrunnen hergestellt.

Mehrere Öffnungen kommen fast nur bei Unterführungen von städtischen Straßen vor, bei denen die Fußwege für sich durchgeführt werden können. Auch hier werden meist offene Brücken verwendet.

Eisenbahnunterführungen vermitteln die Durchleitung einer Eisenbahn unter einer anderen her. Sie werden meist als offene Brücken ausgeführt (Abb. 67), seltener, hauptsächlich bei geringer Breite der unteren Bahn (Kleinbahn), als gewölbte Brücken.

Abb. 127 zeigt eine einfache gewölbte Wegunterführung von 3 m Lichtweite und Höhe, die einen Feldweg unter der eingleisigen Bahn von Brackwede nach Osnabrück herführt. Die Wölbung ist in Stichbogen bei einem Pfeilverhältnis 1:3 ausgeführt. Der Halbmesser der Wölblinie ist 1,63 m. Der Baugrund ist gut; daher ist das Fundament in Bruchsteinen bei geringer Erbreiterung nur 1 m unter die Geländeoberfläche geführt. Das Planum ist 4,30 m breit und befindet sich 1,94 m über der Gewölbeabdeckung. In der Mitte einer Weggabelung wird der Feldweg senkrecht zur Bahnachse unterführt; der nordöstliche Weg wird mit einem etwa 30 m langen Parallelweg erreicht, während in den südöstlichen mit einer S-Kurve wieder eingebogen wird.

2. Wegüberführungen.

Sie führen einen Weg über eine Eisenbahn u. dgl. weg. Bei gleich starkem Verkehr nach beiden Richtungen hin ist die wagerechte Lage des überzuführenden Weges angezeigt, aber nicht immer ausführbar. Das größte, im bisherigen Wege vorhandene Gefälle wird die Grenze angeben, bis zu welcher der Weg auf der Brücke geneigt werden darf. Die lichte Öffnung richtet sich in Weite und Höhe nach dem Normalprofil des lichten Raumes der untergeführten Bahn.

Führt der Weg über eine Eisenbahn weg, so werden bei genügend tiefen Einschnitten oder sonst geeigneten Verhältnissen meist drei Öffnungen verwendet. (Abb. 87.)

Je nach der Höhenlage des Geländes entsteht die Überführung ganz im Damme oder ganz im Einschnitt, oder sie fügt sich in die teils im Abtrage teils im Auftrage liegenden Erdarbeiten ein.

Abb. 128 zeigt eine gewölbte Wegüberführung von drei Öffnungen, 5,02 m weit, in $1\frac{1}{2}$ füßigem, 6,5 m tiefem Einschnitt. Die Wölblinie ist der Halbkreis. Die unterführte Bahn ist eingleisig, der Baugrund fest. Das Fundamentmauerwerk besteht aus Bruchsteinen, das Gewölbe aus Werksteinen. Die parallel zur Wegachse angeordneten Flügel sind mit abgetreppten Fundamenten versehen. Die Flügel sind um je $\frac{1}{2}$ Stein in Absätzen verstärkt. Die Wegbreite zwischen den Geländern beträgt 5,65 m, die Brückenbreite zwischen den Steinen 5,80 m. Die Entwässerung erfolgt durch den Gewölbeschenkel.

Eisenbahnüberführungen sind zugleich Eisenbahnunterführungen.

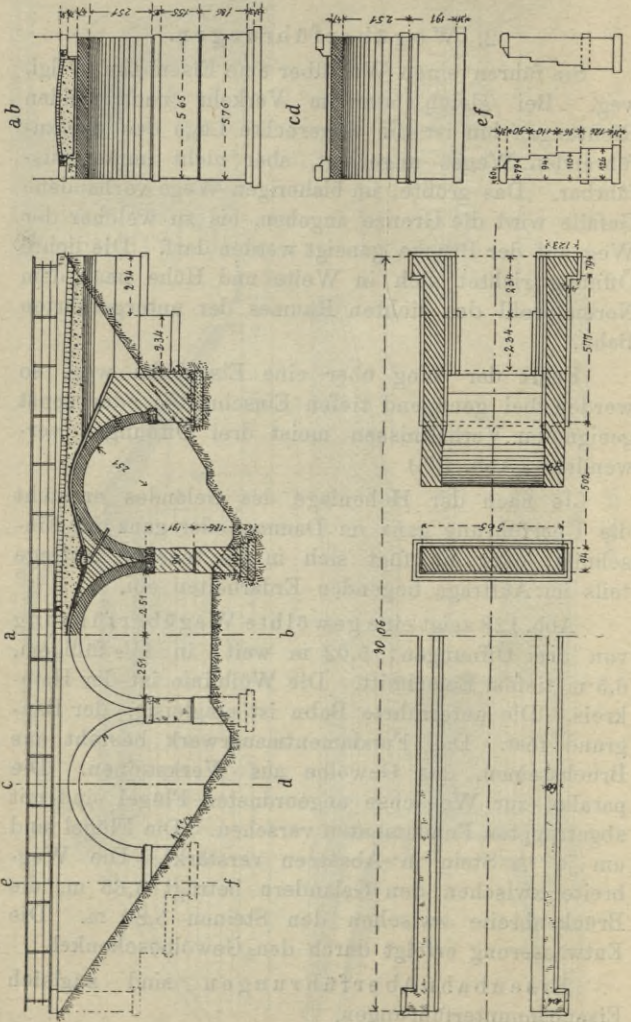


Abb. 128.

3. Bachbrücken

sollen das Hochwasser ohne Aufstau abführen. Die Brückenteile richten sich nach den verschiedenen Wasserständen, nach der Flußsohle, dem Ufer und den Böschungen (Abb. 129).

Brücke über den Rheder Bach in der eingleisigen Strecke von Empel nach Borken. Die Lichtweite beträgt 7 m, die Pfeilhöhe 1,45 m, der Halbmesser der Wölblinie 4,95 m. Zur Fundierung ist ein 0,80 m starkes Betonbett zwischen Spundwänden bis über *MW* geschüttet. Der Bachlauf, dessen Sohle auf 27,88 + *NN* liegt, hat seinen Mittelwasserstand bei + 28,38, seinen Hochwasserstand bei + 30,45 m. Er wird begradigt, um das Bauwerk senkrecht zur Bahnachse legen zu können. Ein Weg wird westlich in 20 m Abstand durch Anrampung in Schienenhöhe übergeführt.

4. Flußbrücken

zeigen meistens größere Spannweiten und mehr Öffnungen als die Bachbrücken. Sind zahlreiche Öffnungen erforderlich, so empfiehlt sich die Anlage von Gruppenpfeilern. Die Pfeilergründung ist oft schwieriger und teurer. Sonst ist die Ausführung wie bei den Bachbrücken.

Als Beispiel ist die Brücke über die Gerdau bei Ülzen in Abb. 130 aufgeführt. Sie hat drei Öffnungen von je 15,2 m Spannweite bei 7,85 m Halbmesser und 5,84 m Pfeil und führt eine zweigleisige Bahn in etwa 13 m hohem Damm über die Gerdau. Die Pfeiler und Widerlager sind auf Pfahlrost gegründet. Die Gesamtbrückenbreite zwischen den Stirnen beträgt 7,60 m. Die Gewölbe sind durch Zwischengewölbe überdeckt. Die Entwässerung ge-

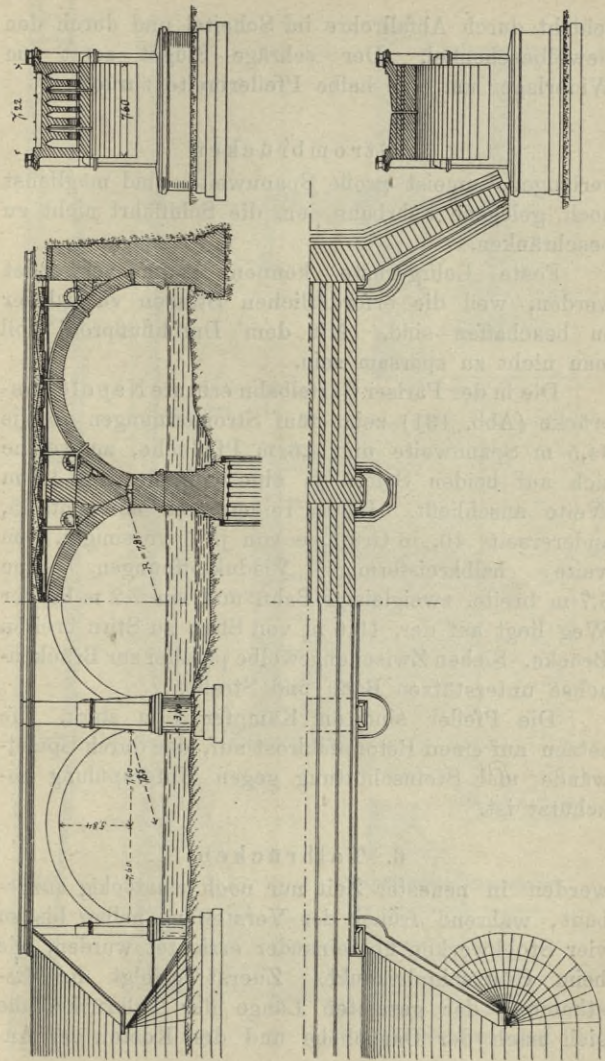


Abb. 130.

schiebt durch Abfallrohre im Scheitel und durch den Gewölbeschenkel. Der schräge Flügel setzt am Widerlager um eine halbe Pfeilerbreite zurück.

5. Strombrücken

verlangen zumeist große Spannweiten und möglichst hoch gelegene Fahrbahn, um die Schifffahrt nicht zu beschränken.

Feste Lehrgerüste können kaum verwendet werden, weil die erforderlichen Stützen zu schwer zu beschaffen sind. Mit dem Durchflußprofil soll man nicht zu sparsam sein.

Die in der Pariser Gürtelbahn erbaute Napoleonsbrücke (Abb. 131) zeigt fünf Stromöffnungen von je 34,5 m Spannweite und 4,6 m Pfeilhöhe, an welche sich auf beiden Seiten je eine Öffnung von 12 m Weite anschließt. Daran reihen sich einerseits 5, andererseits 40, in Gruppen von je 5 vereinigte, 5 m weite, halbkreisförmige Viaduktöffnungen. Eine 6,7 m breite, zweigleisige Bahn und ein 7,2 m breiter Weg liegt auf der, 15,6 m von Stirn zu Stirn breiten Brücke. Sieben Zwischengewölbe parallel zur Brückenachse unterstützen Bahn und Straße.

Die Pfeiler sind am Kämpfer 4 m stark. Sie setzen auf einen Betonpfahlrost auf, der durch Spundwände und Steinschüttung gegen Unterspülung geschützt ist.

6. Talbrücken

werden in neuester Zeit nur noch einstöckig ausgebaut, während früher der Versteifung halber bis zu vier Stockwerken übereinander errichtet wurden, wie beim Göltzschtalviadukt. Zuerst erfolgt die Bestimmung der gesamten Länge der Talbrücke, die sich nach der Dammhöhe und den Kosten der An-

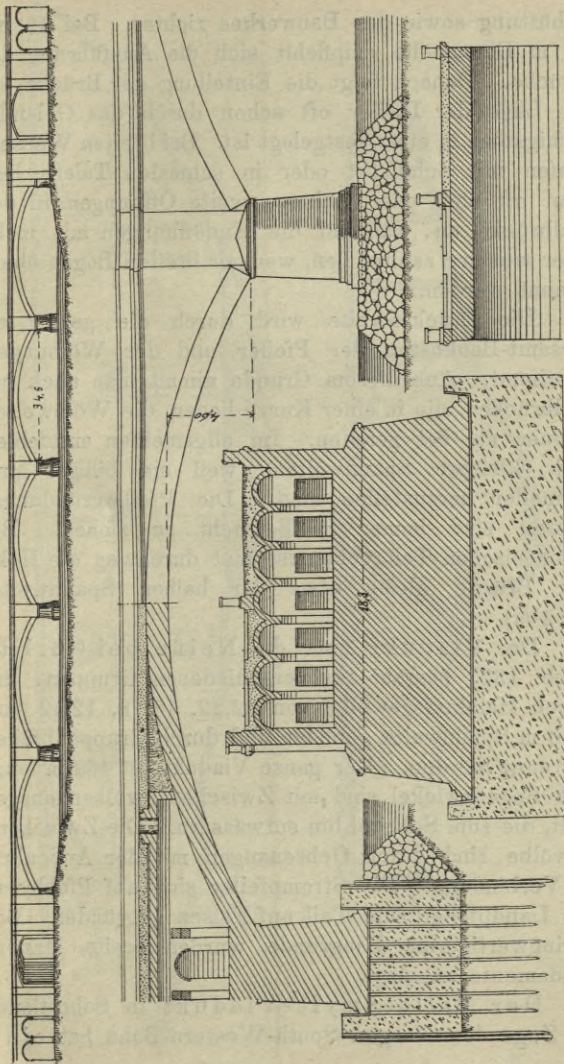


Abb. 131.

schüttung sowie des Bauwerkes richtet. Bei 15 bis 20 m Dammhöhe empfiehlt sich die Ausführung der Brücke. Danach folgt die Einteilung der Brücke, da die Lage der Pfeiler oft schon durch das Gelände, wenigstens in etwa, festgelegt ist. Bei breiten Wasserläufen mit Schifffahrt oder in schmalen Tälern legt man oft eine oder mehrere weite Öffnungen in der Talbrücke an, während die Endöffnungen mit mehr oder weniger zahlreichen, weniger breiten Bogen überspannt werden.

Die Brückenweite wird durch die geringsten Gesamt-Baukosten der Pfeiler und der Wölbungen bestimmt. Aus diesem Grunde nimmt man auch bei Talbrücken, die in einer Kurve liegen, die Wölbweiten kleiner als bei geraden. Im allgemeinen empfehlen sich kleinere Spannweiten, weil sie billiger und schneller herzustellen sind. Die Pfeilergründungskosten sind immer in Betracht zu ziehen. Bei französischen Talbrücken ist fast durchweg die Höhe der Brücke gleich etwa der halben Spannweite. ($1:2\frac{1}{3}$)

Der Viadukt über die Neiße bei Görlitz (Abb. 132) besteht aus verschiedenen Gruppen, die durch Halbkreisgewölbe von 22,22, 18,78, 12,52 und 9,30 m Spannweite gebildet und durch Gruppenpfeiler getrennt werden. Der ganze Viadukt ist 469 m lang. Die Bogenzwickel sind mit Zwischengewölben ausgefüllt, die zum Scheitel hin entwässern. Die Zwischengewölbe sind durch Ochsenaugen mit der Außenluft in Verbindung. Die Strompfeiler sind auf Pfahlrost, die Landpfeiler zum Teil auf Felsen gegründet. Bei geringwertigerem Baugrunde wurden breite Mauerfundamente angelegt.

Der Ballochmyle-Viadukt in Schottland, im Zuge der Glasgow-South-Western-Bahn hat eine

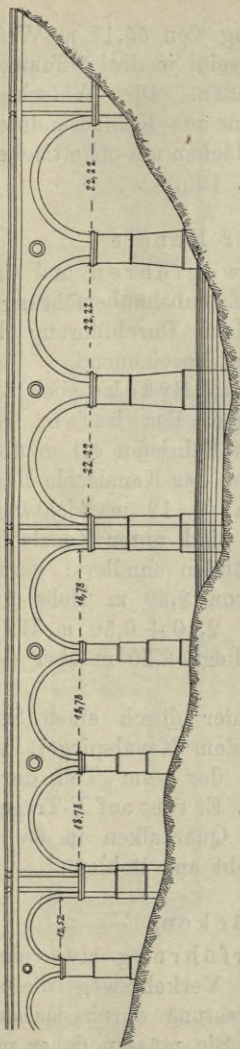


Abb. 132.

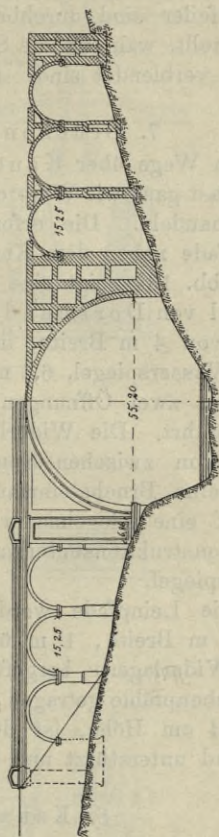


Abb. 133.

halbkreisförmige, große Öffnung von 55,17 m Weite in der Mitte, der sich beiderseits je drei Öffnungen von 15,25 m Weite anschließen. Die Widerlager und Pfeiler sind durchbrochen aus Kohlensandstein hergestellt, während die Stirnflächen mit schottischem Granit verblendet sind. (Abb. 133.)

7. Brücken über Kanäle

können Wege über Kanäle wegführen und sind dann fast ganz wie Weg- oder Eisenbahnüberführungen zu behandeln. Die erforderliche Durchführung der Leinpfade neben dem Kanal ist bezeichnend.

Abb. 134 zeigt eine offene Brücke über den Kanal von Dortmund zu den Emshäfen. Ein Weg von 4 m Breite, dessen Fahrbahn 4,1 m über dem Wasserspiegel, 6,6 m über der Kanalsohle liegt, wird in zwei Öffnungen von je 12 m Lichtweite übergeführt. Die Widerlager sind unter Kanalsohle auf Beton zwischen Spundwänden fundiert; darauf setzt eine Bruchsteinmauer von 3,50 m Höhe und hierauf eine Ziegelmauer von 2,40 + 0,50 m Höhe. Die Konstruktionsunterkante liegt 3,50 m über dem Kanalspiegel.

Die Leinpfade werden hier durch einen Steg von 2 m Breite, 1 m über dem Kanalspiegel, vor den Widerlagern hergeführt, der zum Teil durch Schraubenpfähle getragen wird. Er ruht auf I-Trägern von 24 cm Höhe, ist durch Querbalken in 85 cm Abstand unterstützt und besteht aus Bohlen.

8. Kanalbrücken.

können aber auch zur Überführung etwa eines Schiffahrtskanals über einen Verkehrsweg dienen. Diese sind einer starken Belastung durch das auflastende Wasser ausgesetzt. Sie müssen daher und

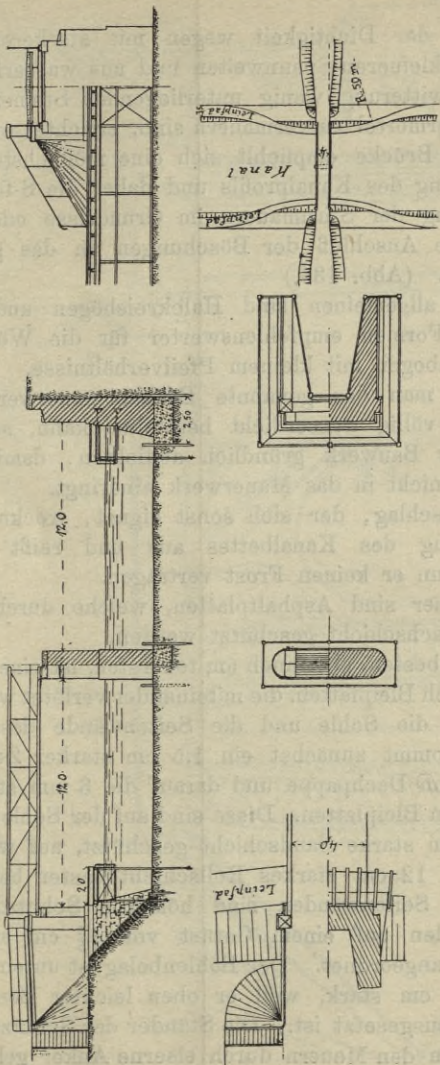


Abb. 134.

zugleich der Dichtigkeit wegen mit stärkeren Gewölben, kleineren Spannweiten und aus wasserfesten, der Verwitterung wenig unterliegenden Steinen, die in Wassermörtel zu vermauern sind, errichtet werden. Auf der Brücke empfiehlt sich eine mögliche Einschränkung des Kanalprofils und daher die S-förmige Gestaltung der Stirnmauern im Grundrisse oder der S-förmige Anschluß der Böschungen an das gerade Bauwerk. (Abb. 135.)

Im allgemeinen sind Halbkreisbögen und verwandte Formen empfehlenswerter für die Wölblinie als Stichbögen mit kleinem Pfeilverhältnisse.

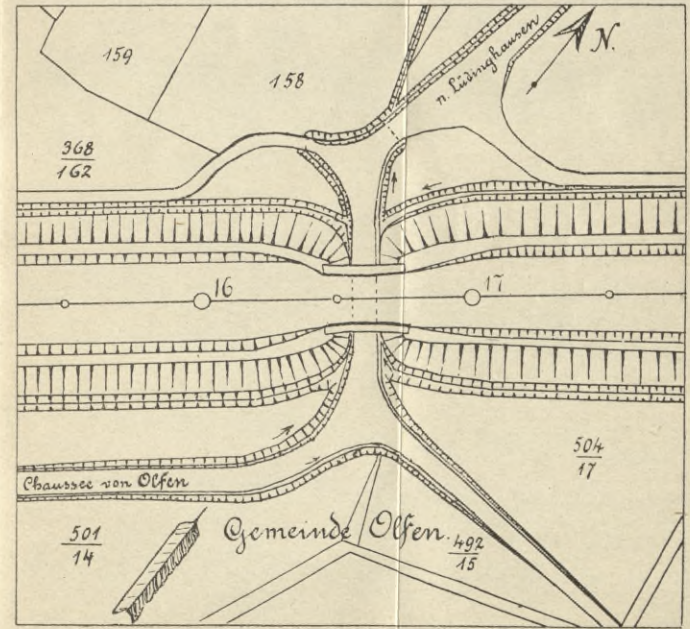
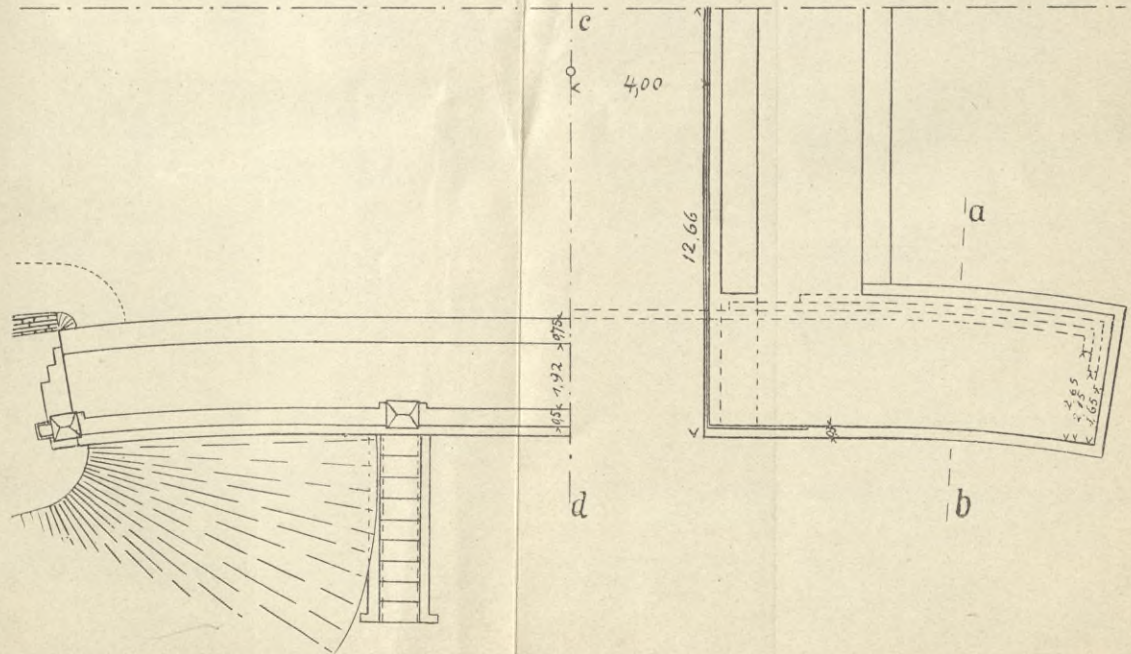
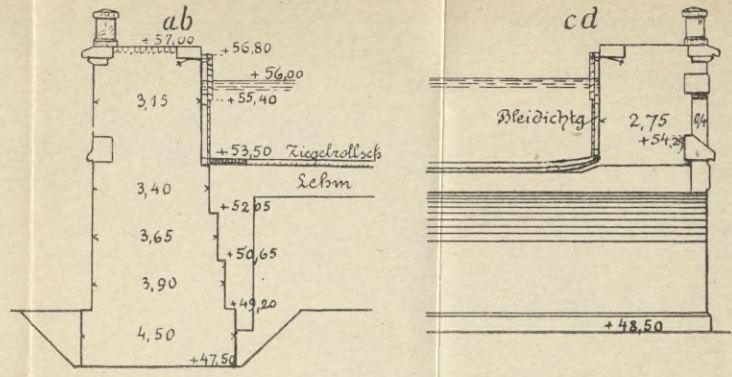
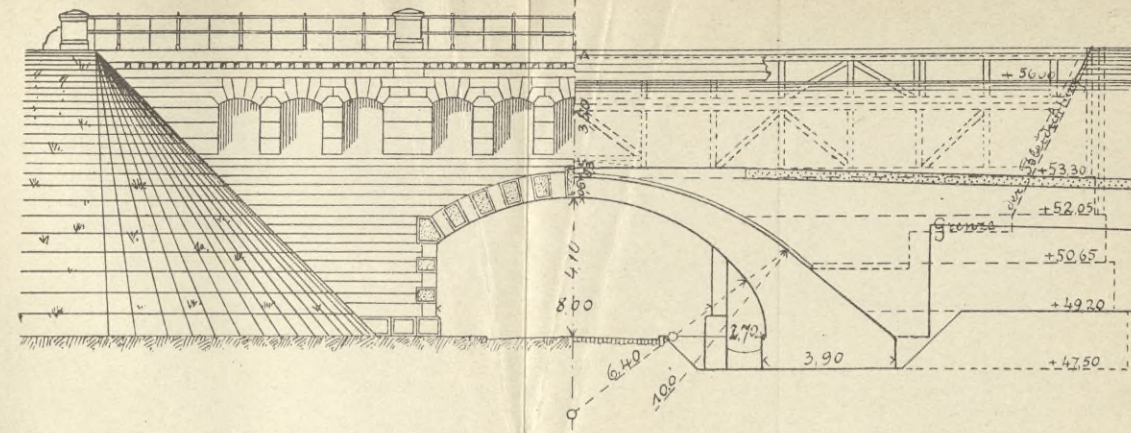
Da man das genannte Brückenmauerwerk unmöglich völlig wasserdicht herstellen kann, so muß man das Bauwerk gründlich abdichten, damit das Wasser nicht in das Mauerwerk eindringt.

Tonschlag, der sich sonst eignet, trocknet bei Entleerung des Kanalbettes aus und reißt dann. Auch kann er keinen Frost vertragen.

Besser sind Asphaltplatten, welche durch eine Klinkerflachschicht geschützt werden.

Am besten, aber auch am teuersten, ist eine Dichtung durch Bleiplatten, die miteinander verlötet werden.

Auf die Sohle und die Seitenwände des Bauwerks kommt zunächst ein 1,5 cm starker Zementputz, dann Dachpappe und darauf die 3 mm starken, verlöteten Bleiplatten. Diese sind auf der Sohle durch eine 5 cm starke Sandschicht geschützt, auf welcher sich ein 12 cm starkes Rollschichtpflaster befindet. An den Seitenwänden sind hölzerne Schutzdecken aus Bohlen auf einem Gerüst von $\frac{1}{5}$ cm starken Hölzern angeordnet. Der Bohlenbelag ist unten 7 cm, oben 10 cm stark, weil er oben leichter Beschädigungen ausgesetzt ist. Die Ständer der Schutzwände werden in den Mauern durch eiserne Anker gehalten.



Koll, Brücken aus Stein.

Abb. 135.

An den Flügelmauern ist ebenfalls Bleidichtung bis zu einer Tiefe von 1,10 m unter Kanalsohle angewandt. Die Bohlwand wird meist von ausgekragten Steinen getragen, über welche die Bleiplatten hinübergehen. Zwischen den Flügeln ist die Kanalsohle durch Tonschlag von 40 cm Stärke gedichtet. Über demselben befindet sich eine 30 cm starke Sandschicht, in der eine Pflasterung ruht.

Um die Bildung von Wasseradern zu verhüten, muß der Anschluß des Wasserbettes der Brücke an die Erdämme sorgfältig durch Tonschlag abgedichtet werden.

Zum Entleeren der Brückenkanäle werden Grundablässe sowie Dammfalze an den Brückenenden oder Abdämmvorrichtungen außerhalb der Brücke im Kanal angelegt. Die Leinpfade sind gut abzuwässern, damit das Wasser nicht auf ihnen stehen bleibt und durch Versickern in das Mauerwerk gelangt.

Die Brücke im Zuge des Dortmund-Emshäfen-Kanals über die Landstraße von Olfen nach Lüdinghausen zeigt im allgemeinen die vorstehende Anordnung. Die lichte Weite der Wegbrücke beträgt 8 m, die Breite des Kanals im Bauwerke 18,5 m.

Die Widerlager sind durch Blendmauern verdeckt. Hinter diesen werden die Chausseegräben durchgeführt. Die Leinpfade führen über die erbreiterten Stirnmauern. (Abb. 135.)

9. Wasserleitungsbrücken.

tragen einen Wasserlauf, der nicht schiffbar ist, und dienen zur Wasserversorgung von Städten, zur Berieselung und zur Überführung von Wasserläufen über Einschnitte. Auch bei diesen Brücken ist große Sorgfalt in der Auswahl des Baustoffes und peinlich genaue Arbeit bei der Gründung, der Wölbung, Über-

mauerung und Abdeckung zu empfehlen. Bei der Überführung von Wildbächen über Bahnen und Wege wird oft ein Bett aus Quadern für den Wasserlauf auf das Gewölbe gelegt.

Der Vanne-Aquädukt führt die Wasserleitung nach Paris und ist, vielleicht nicht ganz praktisch, durchweg aus Zementbeton hergestellt.

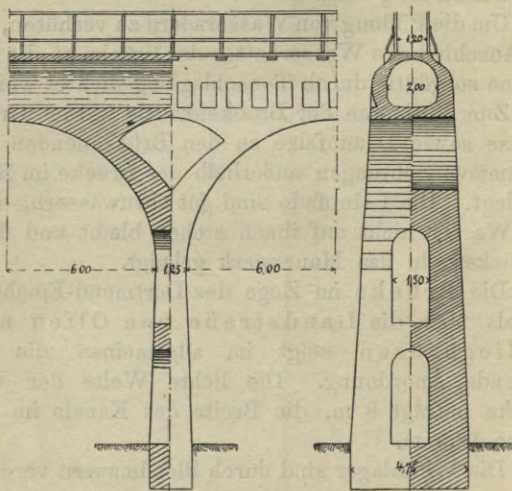


Abb. 136.

Die Stützweite der Brückenöffnung beträgt 12 m. Die Pfeiler sind durchbrochen, und über den Zwickeln sind Hohlräume angelegt. Die Wasserleitung liegt in einem oben geschlossenen, 2 m breiten Behälter. Bei dieser Ausführungsart entstehen leicht Risse, die sich durch das ganze Bauwerk fortsetzen und größere Wasserverluste veranlassen, welche zugleich die Brücke erheblich schädigen können. (Abb. 136.)

Ausführung gewölbter Brücken.

Nachdem durch Bohrungen und Schürfgruben der Baugrund untersucht und die erforderlichen Wasserstände, Grundwasser, Hochwasser, Mittelwasser, Niedrigwasser, ermittelt sind, werden durch überschlägliche Kostenberechnung verschiedene mögliche Anordnungen miteinander verglichen und die beste bestimmt.

Die Arbeiten werden vergeben, und die Lieferung der Baustoffe wird verdungen, wobei besonders auf die pünktliche Lieferung der Werksteine Wert zu legen ist. Die Steine müssen in derselben Reihenfolge, wie sie verbraucht werden, zur Baustelle geschafft werden, also zuerst die Steine zum Fundament. Der Bauvorgang muß also vorher festgelegt und der Zeitpunkt der Ablieferung der einzelnen Baustoffe bestimmt sein. Auch die durchschnittliche tägliche Arbeitsleistung ist zu ermitteln. Sie dient zur Bemessung der erforderlichen Lagerplätze und -räume für einen Tag oder für längere Zeiträume. Zur Beschaffung von Wasser muß, wenn eine Wasserleitung nicht vorhanden ist oder andere Quellen nicht zu Gebote stehen, ein Brunnen geschaffen werden, der geeignet aufgestellte Wasserbehälter durch eine Pumpe speist.

Man beginnt mit der Herstellung der Bauzäune, errichtet die Aushilfsbrücke und wählt den Lagerplatz für Steine, Kalk und Sand, schafft Zufuhrwege oder einen Bahnanschluß und erbaut eine Bauhütte, einen Zementschuppen und ein Magazin, legt einen Platz für die Bearbeitung der Werksteine und Reißböden für die Zimmerleute an, ferner eine Schmiede und Stellmacherei zur Herstellung und Ausbesserung der Werkzeuge und zur Beschaffung von Verbindungsteilen.

Alle diese Anlagen müssen möglichst hochwasserfrei liegen. Dann wird zur Verteilung der Steine und des Mörtels an die Verbrauchsstellen ein festes, versetzbares oder fliegendes Gerüst sowie ein Werksteg von etwa 2 m Breite errichtet und nach Erfordernis mit einem Schienengleise versehen.

Es folgt die Aufstellung der Lokomobile zum Betriebe der Pumpen, Mörtelmaschinen, Hebekrane, Winden u. dgl. Wenn elektrischer Strom vorhanden ist, werden diese Maschinen elektrisch angetrieben. Für kleinere Baustellen genügt eine Kraftmaschine von 4—6 Pferdestärken.

Zwischenzeitlich werden die Absteckungsarbeiten betrieben, denen der Fundamentaushub für Widerlager und Pfeiler folgt, dem e. F. das Schlagen von Spundwänden und die Errichtung von Fangedämmen oder die Vorarbeiten für umständlichere Gründungen vorangehen. Im Wasserlauf oder Grundwasser zu erbauende Fundamente müssen für Betonunterbauten bzw. Pfahlroste u. dgl. ausgebaggert werden.

Zu guter Bauzeit und bei niedrigem Wasserstande beginnt die Fundierung. Dann erfolgt die Aufmauerung der Fundamente bis zur Geländehöhe bzw. zum Mittelwasser. Bei Hochwasser und zur Winterszeit wird meist die Arbeit unterbrochen.

Danach beginnen die Versetz- und Maurerarbeiten zur Herstellung des aufgehenden Mauerwerks für das Widerlager und die Pfeiler bis zum Kämpfer. Die Rüstungen, meist aus Rundholz, zur Beförderung der Steine an ihre Stelle werden durch Dreiecksverband, Zangen und Streben gesichert. Je nach der Zahl der Arbeitsstellen wird man mehr oder weniger Arbeiter anstellen und sich die zeitweilige Entlassung nicht zu verwendender Kräfte vorbehalten.

Jetzt werden die Lehrgerüste zugelegt, aufgestellt, gerichtet und überhöht.

Der Beginn des Wölbens geschieht bei zwei Öffnungen für beide gleichzeitig, damit auch gleichzeitig die Schlußsteine eingesetzt werden können. Bei größeren Brücken wird an den Kämpfern und in halber Höhe vom Scheitel, manchmal auch noch an Zwischenstellen, das Wölben in Angriff genommen. Letztere Angriffsstellen des Gewölbes müssen abgestützt werden, bis der Schluß des Gewölbeteils daselbst in Angriff genommen werden kann.

Ist das Gewölbe fertiggestellt, so muß der Mörtel erhärten. Daher bleibt das Gewölbe etwa zwei bis sechs Wochen auf den Lehrbogen unberührt. Dann erfolgt die Ausrüstung, das Nacharbeiten der Quader, das Verschließen von ausgesparten Öffnungen und Rissen, das Verfugen und Reinigen, ferner das Aufmauern der Stirnen, dann die Gewölbabdeckung und die Hinterfüllung sowie das Aufbringen des Hauptgesimses und der Brückengeländer. Etwaige über den Wasserspiegel hervorragende Spundwände werden unter Wasser abgeschnitten. Verbliebene Zwischenräume werden mit Beton ausgeglichen.

Darauf werden die Fußwege und die Fahrbahn hergestellt, die Anschlüsse an die Uferstraßen nebst Treppenanlagen fertig gemacht und der architektonische und bildhauerische Schmuck vollendet.

Nach angestellter Probelastung folgt die Übergabe der Brücke an den Verkehr.

II. Lehrgerüste.

Die Lehrgerüste geben die Form der inneren Gewölbeleibung an und ermöglichen die Ausführung der Gewölbe. Sie müssen die Last des noch nicht geschlossenen Gewölbes aufnehmen können, ihre Form während des Wölbens wenig verändern und leicht geringe Senkungen beim Ausrüsten und ihre völlige Ausschaltung gestatten.

Jedes Lehrgerüst zeigt:

1. die Lehrbogen oder Binder, welche in etwa 1—2 m, bei Verwendung von Pfetten in 2—3,5 m Abstand voneinander unter dem zu erbauenden Gewölbe um die während des Einwölbens zu erwartende Senkung überhöht aufgestellt sind, die Gewölbelast aufnehmen und auf die Erde bzw. auf die Widerlager übertragen;

2. die Schalung aus Schalbrettern oder Schalhölzern, deren obere Fläche die innere Gewölbeleibung bildet. Sie ruht auf den Kranzhölzern des Lehrbogens und bleibt hinter der Gewölbestirn um etwa 5 cm zurück, um ein Visieren über die Stirnfläche zu ermöglichen und jederzeit die Fugenrichtung bestimmen zu können;

3. die Ausrüstungsvorrichtung. Um das Entfernen des Lehrgerüsts nach dem Schluß des Gewölbes zu ermöglichen, ohne dabei das Gewölbe plötzlichen Erschütterungen, Senkungen und Drehungen

auszusetzen, welche durchaus vermieden werden müssen, stützt man das Lehrgerüst ganz oder teilweise auf Vorrichtungen, die ein allmähliches Senken gestatten. Radialschrauben am Umfange der Lehrbogen sind die vollkommenste Ausrüstung, jedoch teurer und unbequemer in der Anwendung als die gleichfalls genügenden Sandtöpfe;

4. die Querverbindungen. Sie steifen die Lehrbogen untereinander ab und verhindern sie am seitlichen Verschieben und am Kanten senkrecht zu ihrer Fläche.

Die obere Begrenzung der Lehrbogen, der Kranz, schließt sich unter der Schalung der Gewölbeform an. Er besteht aus einzelnen Kranzhölzern (Felgen), aus Bohlen oder Halbholz, welche stumpf aneinanderstoßen oder einander überdecken. Von den Stößen aus übertragen Streben, Ständer oder andere Tragkonstruktionen die Gewölbelaast auf die Stützpunkte.

Man unterscheidet feste und gesprengte (freitragende) Lehrgerüste, je nachdem das Gerüst an mehreren Punkten oder nur an den beiden Widerlagern gestützt ist.

Die festen Gerüste senken sich weniger während des Wölbens als die gesprengten.

Nach Becker beträgt die zu erwartende Senkung bei festen Gerüsten $\frac{1}{200} (l - f)$, bei gesprengten und bei vorzüglicher Ausführung $\frac{1}{100} (l - f)$, bei mittlerer Arbeit $\frac{1}{53} (l - f)$.

l = Spannweite, f = Pfeilhöhe.

Doch ist für die Senkung auch die Höhe des Lehrgerüstes maßgebend.

Bei Spannweiten bis etwa 3 m werden einfache oder doppelte Bohlen zum Lehrgerüst verwendet

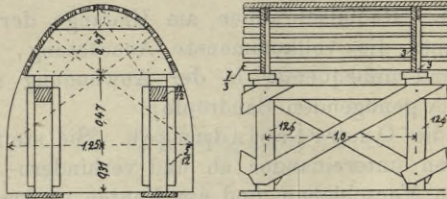


Abb. 137.

(Abb. 137 und 138). Bei größeren Spannweiten gebraucht man Kranzhölzer, meist von gleicher Länge (2—3 m), obgleich sie bei gleicher Stärke, der Beanspruchung nach, vom Scheitel zum Kämpfer hin an Länge zunehmen könnten.

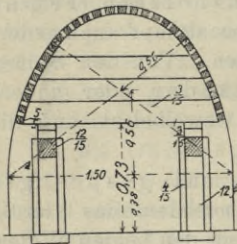


Abb. 138.

Bei Quadergewölben ruht auf den Kranzhölzern, und zwar in der Mitte der Quader, je ein Schalholz, $\frac{15}{15}$ bis $\frac{20}{25}$ cm stark (Abb. 139), bei Ziegelgewölben wird Bohlen schalung von $\frac{2,5}{5}$ bis $\frac{5}{15}$ cm angewendet (Abb. 138).

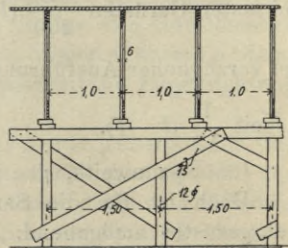
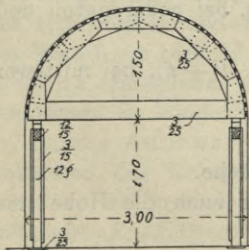


Abb. 139.

Die Lehrgerüste ruhen entweder unmittelbar auf Pfählen (Abb. 138—140), oder sie setzen sich auf

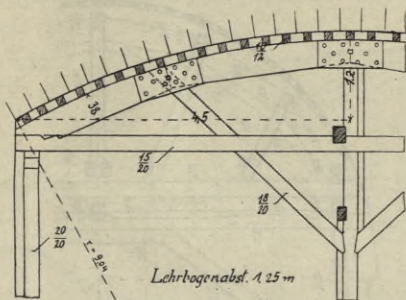


Abb. 140.

eine Lehrbogenschwelle, die auf Pfahlreihen ruht (stehende Unterstüzung) (Abb. 141), oder sie stützen

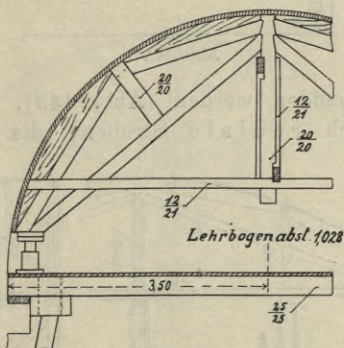


Abb. 141.

sich, wenn die Mitte freigehalten werden muß, auf ein Sprengewerk, das auf Seitenpfählen oder am Widerlager seine Stützpunkte findet (gesprengte Unterstüzung) (Abb. 142).

Feste Lehrgerüste können in den Stößen der Kranzhölzer vertikale Stützen erhalten, die durch

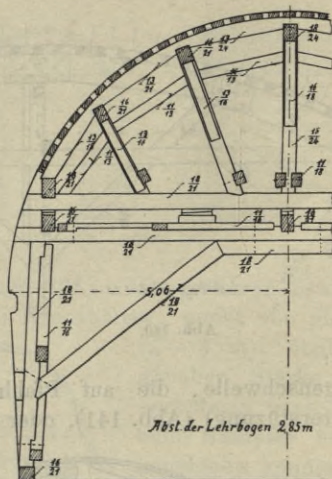


Abb. 142.

Zangen verbunden werden (Abb. 143), oder jene werden durch radiale Streben, die auf einer

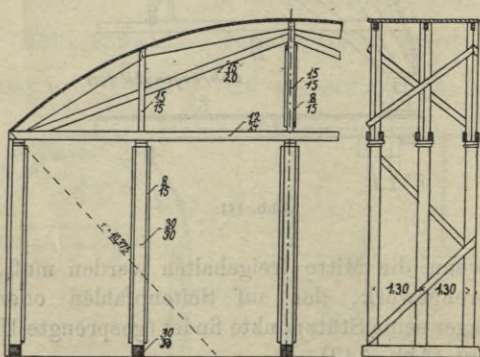


Abb. 143.

Schwelle aufsetzen (Abb. 144), oder durch Streben nach einem (Abb. 145) oder mehreren Mittelpunkten (Abb. 146) unterstützt.

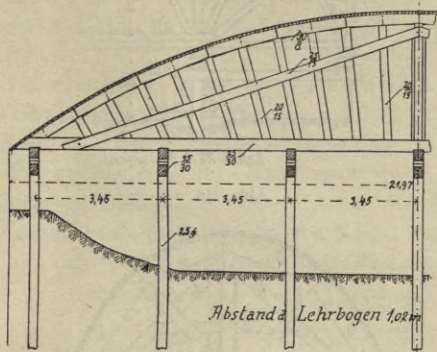


Abb. 144.

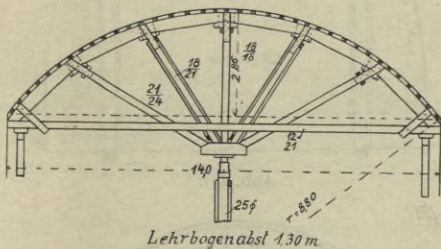
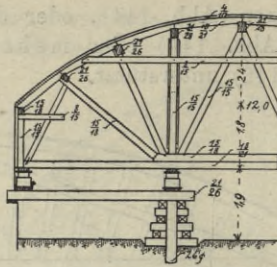


Abb. 145.

Gesprengte Lehrgerüste werden bis 4 m Spannung durch einfache Hänge- und Sprengwerke oder bei größerer Spannweite durch Vereinigungen beider in den mannigfachsten Anordnungen (Abb. 147, 148 und 149) gebildet.



Lehrb. Abst. 3,45m (115)

Abb. 146.

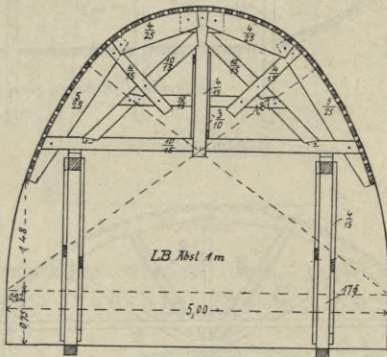


Abb. 147.

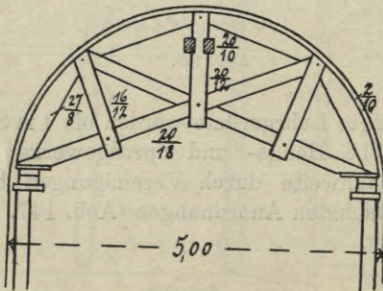


Abb. 148.

Die Vorrichtungen zur Ausrüstung müssen eine Senkung des Lehrbogens zulassen, die größer ist als die voraussichtliche Senkung des Gewölbescheitels.

Die gebräuchlichsten Senkungseinrichtungen sind Doppelkeile, Schraubensätze und Sandtöpfe.

Zu erwähnen sind noch Sandsäcke und exzentrische Scheiben.

Keile können bei Lehrbogen bis 20 m Spannweite verwendet werden. Man nimmt dazu gehobeltes, eingefettetes Eichenholz von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{8}$ Anlauf und meist einer geringsten Stärke von 5 cm, um den Keil, ohne ihn zu zerstören, mit dem Hammer an- und

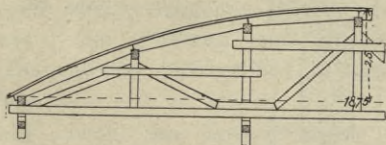


Abb. 149.

zurücktreiben zu können. Die Schrägungen legt man abwechselnd nach links und rechts. Meist setzt man die Keile unter den Lehrbogen (Abb. 140, 142 u. folg.), manchmal auch unter einzelne Streben bzw. die Kranzhölzer.

Schraubensätze werden mit Hebel oder Schlüssel gedreht und bewirken eine lotrechte (Abb. 149) oder radiale (Abb. 150 und 151), leicht zu regelnde Bewegung. Bis zur Ausrüstung ruht das Lehrgerüst auf Keilen. Schrauben rosten leicht und sind teuer in der Beschaffung und Anwendung.

Sandtöpfe aus Eisenblech oder Gußeisen sind als Ausrüstungsvorrichtung viel verwendet und bei Brückenweiten über 10 m fast allein noch üblich. Im Topf ist geglähter, feinkörniger, trockener Sand,

worauf sich ein Eichen- oder Gußeisenstempel setzt. Zur Sicherheit und zum bequemeren Festlegen der gewünschten Höhen werden Keile auf oder unter die Töpfe gelegt (Abb. 153, 141 und 146).

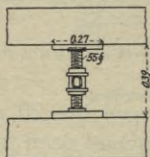


Abb. 150.

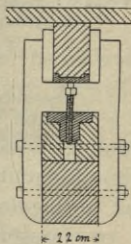


Abb. 151.

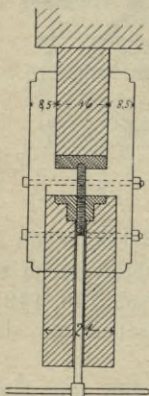


Abb. 152.

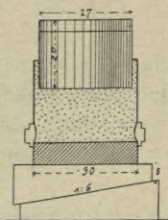


Abb. 153.

Der Sand wird durch Entfernung der Pfropfen aus Löchern in geringer Höhe über dem Topfboden zum Ausströmen gebracht und legt sich im natürlichen Böschungswinkel vor die Öffnung. Ein weiteres Ausfließen des Sandes wird nur erfolgen, wenn dieser vorgelagerte Sand weggeräumt wird. Durch geeignetes Wegschaffen und Liegenlassen des ausgeflossenen

Sandes ist die Senkung des Gerüstes leicht zu regeln. Der Scheitel desselben kann dadurch, wie erforderlich, zuerst entlastet werden, damit der Druck sich regelmäßig im Gewölbe verteilt.

Nach der Form unterscheidet man Lehrbogen für Halbkreis (Abb. 139, 141, 142 und 148), Stichbogen (Abb. 140, 143, 144 und 146) und Korbbogen (Abb. 137, 138 und 147). Parabel- und ellipsenförmige Lehrbogen werden der schwierigen Ausführung halber seltener angewandt.

Die Stärke der einzelnen Hölzer für Lehrgerüste beträgt 15—30 cm, die größte Höhe der Kranzhölzer 45 cm. Bei kleinen Lehrgerüsten wählt man die Abmessungen nach praktischen Regeln und örtlichen Verhältnissen; bei größeren muß eine vollständige statische Berechnung durchgeführt werden (zentrale Druckhöhen).

Besteht sowohl das Kranzholz wie die Strebe aus einem Stück, so setzt man letztere schwalbenschwanzförmig zwischen die Kranzhölzer ein und verbindet diese durch Klammern, Schraubbolzen oder eiserne Bänder, um eine seitliche Verschiebung zu vermeiden. Hierbei werden auch wohl noch Zapfen angewandt. Ferner zapft man die Streben in die stumpf gestoßenen Kranzhölzer ein. Besteht der Kranz aus zwei Bohlenlagen und die Strebe aus einem Stück, so läßt man letztere mit einem Zapfen zwischen die Bohlenlagen eingreifen.

Doppelstreben werden mit den Kranzhölzern durch Anblattung verbunden.

Man läßt auch den Kranz in Pfetten ein, die parallel zur Gewölbachse angeordnet sind. Diese verbinden die einzelnen Lehrbogen miteinander und werden durch die Streben gestützt.

Längere Gewölbe, z. B. Tunnels, werden nur auf einen Teil ihrer Länge eingerüstet. Nach Fertigstellung und Ausrüstung eines Gewölberinges schiebt man das Gerüst weiter, um den folgenden Ring zu wölben. Dieser wird entweder stumpf gegen den vorhergehenden gestoßen oder mit ihm in Verband gebracht.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Sachverzeichnis.

- Abdeckung der Durchlässe 44.
— der Gewölbe 60, 84.
Abdichtung der Kanalbrücken 116.
Abfallrohre 83.
Abführung des Tagewassers 78.
Abtreppe 61.
Anfänger zum Gewölbe 71.
— zum Flügel 31.
Aquädukt 118.
Auflagerquader 63.
Ausfugen 121.
Ausführung der Gewölbe 72.
— der gewölbten Brücken 119.
Ausüstungsvorrichtungen 122.
- B**achbrücken 108.
Backsteingewölbe 70, 87.
Baustoffe 10.
Beton 10, 12, 13.
Betongewölbe 72.
— mit Eiseneinlagen 72.
Betonröhrendurchlaß 40.
Blindes Widerlager 18, 116.
Bogen, gedrückte 67.
— überhöhte 67.
Böschungsfügel 28, 62.
— gerade 29.
— schräge 29.
Brettungen 34.
Bruchfuge 73.
- Bruchsteine 10, 11.
Bruchsteingewölbe 71, 87.
Brückenaug 77.
Brückenentwässerung 77.
Brückenneigung 90.
Brückenteile 14.
Brüstungen 64, 88.
- Deckplatten 64.
Doppeldurchlässe 42.
Doppelkeile 129.
Druckschläge 70.
Durchfahrten 62.
Durchlässe 35.
— gekuppelte 42.
Durchlaßsohle 59, 61.
- Eisenbahnüberführungen 105.
Eisenbahnunterführungen 103.
Elliptische Wölbform 67.
Entwässerung 77.
— durch die Gewölbeschenkel 80.
— durch die Kämpfer 80.
— durch die Pfeiler 82.
— durch den Scheitel 84.
— durch die Stirn 79.
— durch die Zwischengewölbe 82.
— zum Widerlager 78, 83.
Englischer Fugenschnitt 92.
Entwässerungshaube 82.
Ersatz der Rückenmauer 65.
Exzentrische Scheiben 129.

- Fahrbahn** 78, 90.
Fahrbahnanschluß bei mas-
 siven Widerlagern 65.
Falkessel 38.
Feste Lehrgerüste 123.
Flügel 14, 25.
 — **Abdeckung** 31.
 — **Hinterfläche** 31.
 — **Konstruktion** 32.
Flügelanfänger 31.
Flußbrücken 108.
Formänderung der Gewölbe
 73.
Formeln für Widerlager-
stärken 54.
 — für **Wölbstärken** 50.
Form gewölbter Brücken 67.
 — **gewölbter Durchlässe** 58.
Fugenrichtungen 33.
Fugenschnitt, englischer 92.
 — **französischer** 92.
Fundament gewölbter
Durchlässe 59.
 — **der Pfeiler** 21.
Fugenbretter 34.
Fußwege auf Steinbrücken
 91.
Gedrückte Bogen 67.
Geländer, eiserne 89.
 — **steinerne** 64, 88.
Gelenke 74.
Gekuppelter Durchlaß 42.
Gerade Böschungsflügel 29.
Geschäftlicher Überblick 7.
Gesimse 87.
Gesprengte Lehrgerüste 123,
 127.
Gewölbeanfänger 71.
Gewölbe aus Bogenringen
 96.
 — **Form bei Durchlässen** 58.
 — **Form bei Steinbrücken**
 55.
 — **mit ansteigenden Kämp-**
ferlinien 95.
 — **mit ansteigenden Stirn-**
mauern 94.
Gewölbe mit entsprechend
gestalteten Pfeilern 99,
 101.
 — **mit unsymmetrischen**
Flügeln 93, 94.
 — **mit vergrößerter Brücken-**
weite 93.
 — **mit Verlängerung** 95.
Gewölbstärke 45.
Gewölbte Brücken 35, 67.
 — **Durchlässe** 45.
Gruppenpfeiler 21, 25.
Gußhaube 83.
Hakensteine 87.
Halbelliptische Gewölbe 67.
Halbkreisgewölbe 59.
Häupter der gewölbten
Durchlässe 36.
Haustein 11.
Hausteingewölbe 69, 87.
Herdmauer 43.
Hintermauerung 59, 75.
Höhenlage der Kämpfer 60.
Kämpfer 57, 60.
Kämpferfugen 55.
Kanalbrücken 91, 114.
Kalkmörtel 12.
Kaskadendurchlässe 44, 61.
Keile bei Lehrgerüsten 129.
Klinker 10.
Korbbogengewölbe 23, 67.
Kranzholz 123.
Kreisabschnittgewölbe 60,
 67.
Kuhhörner 23.
Lagersteine 63.
Landpfeiler 21.
Längengefälle 90.
Lehrbogen 122.
Lehrgerüste 122.
 — **mit Streben nach einem**
Mittelpunkt 127.
 — **mit Streben nach meh-**
rerer Mittelpunkten 127.

- Lehrgerüste mit radialen Streben 126.
 — mit vertikalen Streben 126.
- Mittelpfeiler** 20.
 Mittel zur Vermeidung schädlicher Formänderung der Gewölbe 73.
 Mörtelmischungen 12.
 Mörtelverbrauch 13.
- Ochsenaugen** 77.
 Offene Brücken 35, 62.
 — Durchlässe 40.
- Parabolische Gewölbe** 59, 67.
 Parallelflügel 25, 62, 64.
Pfeiler 14.
 — Fundament 21.
 — Fuß 22.
 — Kopf 22.
 — Mauerwerk 18.
 — mit Hohlräumen 19.
 — Schaft 22.
Pfeilhöhe 67.
Pfeilverhältnis 67.
Plattendurchlässe 35, 42.
- Quadergewölbe** 69.
 — Verblendung 60.
Quergefälle der Brückenbahn 90.
Querverbindungen bei Lehrgerüsten 123.
- Rinnengefälle** 90.
Röhrendurchlässe 35.
Röhren aus Stampfbeton 40.
 — fertige 35.
Rückenmauer 64.
- Sand** 13.
Sandtöpfe zur Ausrüstung 129.
Sandsäcke zur Ausrüstung 129.
- Schalbretter** 122.
Schalhölzer 122.
Schalung auf Lehrgerüsten 122.
Scheitelstärke 45.
Schiefe Brücken 91.
 — — Konstruktionen zur Vermeidung 93.
Schlammfang bei Durchlässen 39.
Schlußstein 71.
Schrauben zur Ausrüstung 129.
Segmentbogengewölbe 60.
Senkung der Lehrgerüste 123.
Sohle der Durchlässe 44, 59.
Sohlengewölbe 59.
Spannweite der Brücken 67.
 — der Durchlässe 35
Stärke im Scheitel 45.
Stampfbetondurchlaß 40.
Standfestigkeit der Gewölbe 55.
Steinbrüstungen 64.
Steinschlag 13.
Stich 67.
Stichbogengewölbe 60.
Stirnflügel 25.
Stirnmauern gewölbter Durchlässe 59.
 — steinerner Brücken 86.
Stoßflächen 33, 34.
Stoßfugen 33.
Straßenrinnen 90.
Strombrücken 110.
Strompfeiler 21.
Stützlinie 55, 57, 58.
- Tabelle der Scheitelstärken** 49.
 — der Widerlagerstärken 52.
- Talbrücken** 110.
Traßmörtel 13.
- Überbau** 62.
Überhöhte Bogen 67.

- Übermauerung 76.
Überschüttung 48.
Überschüttungshöhen 46.
Untersuchung der Brückengewölbe 55.
- Verblendung 60.
Verlorene Widerlager 15.
Verstärkung der Gewölbe 59.
Viadukte 112.
Vorkopf der Strompfeiler 21.
- Wangenmauer 62.
— Querschnitt 63.
Wasserleitungsbrücken 91, 117.
- Wegüberführungen 105.
Wegunterführungen 102, 103.
Werksteine 10.
Widerlager 14, 51, 59.
— aufgelöste 19.
— Auskragen 60.
— blinde 18.
— geschlossene 18.
— verlorene 15.
Widerlagsmauern 60.
— Stärken 51.
— Verstärkung 59.
- Zementmörtel 13.
Ziegelsteine 10.
Zwischenpfeiler 21, 24.
-

96-96

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



I-301716

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297164