

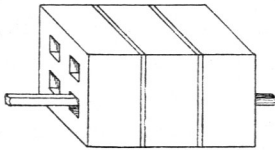
Für diesen Zweck läßt sich die Tragfähigkeit des Cement-Betons durch Eiseinlagen wesentlich verbessern. Diese Einlagen sind vorzugsweise in den unteren, auf Zug beanspruchten Hälften der Balken anzubringen und aus Drähten, Rundeisen, Flacheisen oder Quadrateisen herzustellen.

Bei den nach dem System *Monier* hergestellten Steinbalken werden durch Draht verbundene Rundeiseneinlagen benutzt, welche nach der in Fig. 828 u. 829⁸⁴⁸⁾ dargestellten Weise im Querschnitt vertheilt sind. Die Abmessungen der für gewöhnliche Thür- und Fenster-Spannweiten bestimmten Balken sind mit Rücksicht auf den bequemen Anschluß an das benachbarte Backsteinmauerwerk gewählt und in den abgebildeten Querschnitten zu 1 Stein und $2\frac{1}{2}$ Stein Breite, bzw. 3 Schichten und 5 Schichten Höhe angenommen.

Durch Versuche fand *Hyatt* (1877) die in Fig. 830⁸⁴⁹⁾ dargestellte Anordnung von Flacheisen, durch welche in der Querrichtung Rundeisen gefleckt sind, als die bezüglich der Tragfähigkeit und Kosten vortheilhafteste.

Noch vortheilhafter soll aber das von *Ransome* vorgeschlagene und seit 1885 vielfach in Nordamerika angewendete Einbetten von gewundenen Quadrateisenstäben sein, wie dies in Fig. 831⁸⁵⁰⁾ für eine Schaufenster-Ueberdeckung dargestellt ist. Die Balken haben 4,57 m freie Spannweite und tragen 3 Stockwerke hohe Backsteinmauern mit aufgelagerten Balkenlagen. Sie sind 0,56 m breit und 0,86 m hoch und enthalten im unteren Theile des Querschnittes 10, im oberen 3 gewundene Eisenstäbe von 25 mm Stärke.

Fig. 832.



Künstliche Steinbalken sind auch schon aus in Cement gemauerten Lochsteinen mit durchgesteckten, 1 cm starken Quadrateisenstäben (fog. Nageleisen) hergestellt worden (Fig. 832). So soll dies mit Vortheil beim Bau der Sonnenwarte bei Potsdam geschehen sein⁸⁵¹⁾. Die Eisenstäbe sind am Ende des Balkens aufzubiegen.

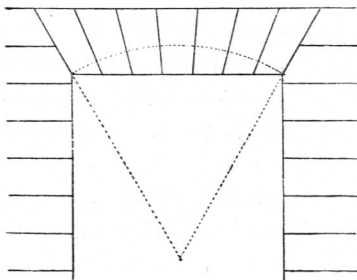
2) Ueberwölbung.

In Art. 398 (S. 465) wurden schon die gebräuchlichsten Formen der Ueberwölbung mit Bogen vorgeführt. Es wird hier darauf verzichtet, die vielerlei anderen vorkommenden Bogenformen zu besprechen; nur eine derselben ist hier noch zu erwähnen, der scheinrechte Bogen. Trotzdem derselbe durch gerade Linien begrenzt wird (Fig. 833), gehört er doch zu den Bogen, weil er deren charakteristische Eigenschaft, aus keilförmig gestalteten Steinen zusammengesetzt zu werden⁸⁵²⁾, besitzt.

Das Verzeichnen der Bogenlinien wird in Theil III, Band 2, Heft 3 (Abth. III, Abchn. 2, unter B: Gewölbte Decken) dieses »Handbuches« behandelt werden.

Bei den Bogen sind für die einzelnen Theile und Abmessungen die folgenden Benennungen üblich.

Fig. 833.



Die Mauerstücke *W*, *W* (Fig. 834), auf welchen der Bogen ruht und zwischen welchen sich derselbe stützt, heißen Widerlagsmauern oder Widerlager. Die Anichtsfläche *A S A* des Bogens nennt man Stirn oder Haupt. Die innere oder untere Fläche *L* des Bogens heißt Laibung, die äußere oder obere, von der in Fig. 834 nur das kleine Stück *R* sichtbar ist, Rücken.

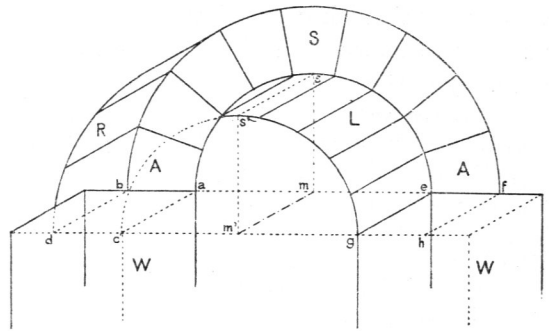
Eine zur Laibung winkelrechte, dabei loth-

⁸⁵¹⁾ Vergl.: Deutsche Bauz. 1889, S. 326.

⁸⁵²⁾ Vergl. hierüber den vorhergehenden Band dieses »Handbuches«, Art. 66, S. 58 (2. Aufl.: S. —).

rechte Ebene schneidet dieselbe in der Bogenlinie ase . Die Verbindungslinie mm' der Mittelpunkte dieser Bogenlinien heißt Axe des Bogens. Den höchsten Punkt s des Bogens nennt man Scheitelpunkt, die untersten Punkte a, e Kämpferpunkte, die Verbindungslinien ss' der Scheitelpunkte, so wie ac und eg der Kämpferpunkte Scheitellinie, bezw. Kämpferlinien. Zwei in einer zur Axe winkelrechten Ebene

Fig. 834.



liegende Punkte der Kämpferlinien heißen zusammengehörige Kämpferpunkte. Die Entfernung ae der wagrechten Projection der letzteren ist die Spannweite des Bogens, die größte rechtwinkelige Entfernung zwischen der Verbindungslinie zweier zusammengehöriger Kämpferpunkte und der Bogenlinie (ms in Fig. 834) die Pfeil- oder Stichhöhe, der Pfeil oder Stich des Bogens. Die zu beiden Seiten der Scheitellinie liegenden Theile des Bogens heißen Bogenschenkel. Die Ebene, mit welcher ein Bogenschenkel auf dem Widerlager ruht ($abcd$ oder $efgh$), nennt man Sohle.

Der Bogen wird aus einzelnen keilförmig gestalteten Wölbsteinen zusammengesetzt; die untersten derselben (A, A) werden Anfänger, die obersten (S) Schlufssteine genannt. Die in der Bogenstirn sichtbaren Fugen zwischen den Wölbsteinen heißen Wölbungen. Sie sollen theoretisch winkelrecht zur Stützl意思 stehen; der leichteren Ausführung wegen werden sie aber meist winkelrecht zur Bogenlinie angeordnet und laufen daher, wenn diese dem Kreis angehört, nach dessen Mittelpunkt m . An der Laibung erscheinen die Wölbungen als zur Axe parallele Linien. Sie begrenzen die Lagerflächen der Wölbsteine, durch welche der Druck im Bogen vom Schlufsstein nach den Widerlagern fortgepflanzt wird. Alle übrigen am Bogen sichtbar werdenden Fugen sind Stossfugen. Die Länge der Wölbungen bestimmt die Dicke des Bogens.

Die Constructionen für die richtige Stellung der Wölbungen bei elliptischen Bogen und Spitzbogen werden in Theil III, Band 2, Heft 3 (Abth. III, Abchn. 2, B: Gewölbte Decken) dieses »Handbuches« besprochen werden.

Die zur Ueberdeckung von Oeffnungen dienenden, daher in einer Mauer liegenden Bogen nennt man auch Mauerbogen; die zwar auch in Mauern befindlichen, aber zur Ueberdeckung von Nischen benutzten heißen Blendbogen, wenn sie nicht durch die ganze Mauerstärke hindurchgehen. Dagegen werden die frei über einen Raum sich spannenden Bogen, die entweder zum Tragen von Gewölbekappen oder wohl auch von Wänden benutzt werden, Gurtbogen genannt. Hier haben wir es nur mit den Mauerbogen zu thun.

Die Mauerbogen müssen immer auf Lehrgerüsten ausgeführt werden, welche, wie die Gurtbogen, in dem eben angezogenen Hefte dieses »Handbuches« zur Besprechung gelangen werden.

Die Bogen werden aus Haustein, Backstein, Bruchstein oder Beton hergestellt.

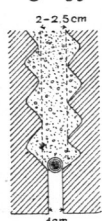
Bei den Bogen aus Haustein werden die Wölbsteine immer nach den Regeln

des Steinschnittes keilförmig bearbeitet. Wird Mörtel dabei zum Wölben verwendet, so geschieht dies gewöhnlich weniger, um die Wölbsteine mit einander zu verkitten, als um eine die Druckvertheilung bei nicht ganz ebenen Lagerflächen bewirkende Zwischenlage zu haben, die zugleich auch die Reibung an den Gleitflächen vermehrt. An Stelle des Mörtels werden der Druckvertheilung halber daher mitunter auch nur Schichten aus Weiskalk oder Bleiplatten verwendet. Bei den Bogen aus großen Werkstücken würde es mit Mörtel gewöhnlicher Befchaffenheit sehr schwer sein, durch denselben wirklich eine Verkittung herbeizuführen, auch wenn man ihn nach dem Veretzen der Steine von oben in die meist eng angenommenen Fugen eingießt und die vollständige Ausfüllung durch Nachstochnern mit schmalen eisernen Schienen herbeizuführen sucht.

Nach *Rheinhard*⁸⁵³⁾ scheint die Mörtelverbindung, auch bei Quadergewölben, jedoch sehr gut zu gelingen, wenn man dem Mörtel so wenig Wasser zusetzt, daß derselbe sich mit der Hand gerade noch ballen läßt und dabei kein Wasser ausschwitzt, und diesen in die sehr weiten (15 bis 30 mm) Fugen der sehr rauh gehaltenen Lagerflächen von oben einstampft.

Je nach der zu erwartenden Beanspruchung wurde bei den von *Rheinhard* ausgeführten Gewölbbauten der Mörtel aus 1 Theil Portland-Cement und 2 bis 3 Theilen grobem Quarzsand oder, wenn der Druck 20 kg auf 1 qcm nicht überschritt, aus 1 Theil Cement, 1 Theil Schwarzkalk und 6 Theilen Sand, zuweilen auch mit Fettkalkzufatz bereitet. Die Steine wurden auf der Schalung in ihrer richtigen Lage aufgestellt, gegen einander fest verpannt und dann sehr stark angenetzt. Unmittelbar darauf erfolgte das Einbringen des Mörtels, wobei derselbe in 10 bis 15 cm hohen Schichten, gewöhnlich mit besonders zugerichteten eisernen Stämpfeln, fest gestampft, bezw. durch die ganze Kraft des Arbeiters in Verbindung mit feinem Körpergewicht eingedrückt wurde. Das fertige Mauerwerk ist anzusetzen und gegen rasches Austrocknen zu schützen.

Fig. 835.



Auch Quaderbogen, die im Aeußeren keine breiten Fugen aufweisen sollen, lassen sich in dieser Weise leicht ausführen, wenn man die im Inneren weit und sehr rauh gehaltenen Fugen nach außen etwa durch Einlegen eines steifen Strickes oder dergl. abschließt (Fig. 835) und dadurch beim Stampfen das Austreten des Mörtels in den offen zu lassenden engen Theil der Fuge verhindert.

Man soll auf diese Weise Gewölbe von einer in allen Querschnitten gleichmäßigen Befchaffenheit erhalten können, welche bei der Wahl genügend fester Steine unter guter Bauaufsicht 4 Wochen nach der Aufmauerung bei 7- bis 8-facher Sicherheit mit 60 kg Druck auf 1 qcm beansprucht werden dürfen.

Auf Bogen mit gegliederten Stirnflächen, welche sehr enge Fugen haben müßten, dürfte dieses Verfahren sich nicht anwenden lassen.

Bei den Bogen aus Bruchsteinen spielt die Verbindung durch den Mörtel, auch bei der gewöhnlichen Weise des Mauerns, eine größere Rolle als bei den Quadern, da er sich wegen der besseren Handlichkeit der Stücke sicherer verwenden läßt. Es läßt sich selbst mit unregelmäßigen Bruchsteinen unter guter Aufsicht, mit sorgfältig vorbereitetem steifem Cement-Mörtel und Einhalten guten Verbandes, ein billiges Bogenmauerwerk von sehr gleichmäßiger Druckfestigkeit herstellen⁸⁵⁴⁾.

Schichtsteine und mit Hammer und Zweispitz rechtwinkelig zugerichtete Bruchsteine lassen sich auch nach dem *Rheinhard'schen* Verfahren für Bogenmauerwerk sehr gut verwerthen. Die auch für das Mauerwerk aus Schichtsteinen dabei notwendige Rauigkeit der Fugenflächen und die deshalb wegfallenden Kosten für

⁸⁵³⁾ In: Deutsche Bauz. 1889, S. 142. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 325, 339.

⁸⁵⁴⁾ Vergl. die Mittheilungen *Liebold's* über Brückenbauten in Cement-Bruchsteinmauerwerk in: HAARMANN'S Zeitschr. f. Bauhdw. 1882, S. 9 u. ff.

fauberes Bearbeiten sichern demselben eine grössere Billigkeit gegenüber der gewöhnlichen Ausführungsweise.

Wie beim Wölben mit Quadern, so werden auch bei dem mit Bruchsteinen nach dem *Rheinhard'schen* Verfahren die Steine auf dem Lehrgerüst im Fugenabstande von 15 bis 30 mm vertheilt und mit einander verpannt, wobei sie durch Holzklötzchen oben und unten aus einander gehalten werden. Nachdem die eingetretene Einfenkung der Lehrgerüste durch Antreiben der untergelegten Holzkeile wieder beseitigt ist und die Steine ausgiebig angenäht worden sind, erfolgt das Einbringen des Mörtels in der oben angegebenen Weise.

Die Backsteine werden für das Wölben von Bogen in zwei Formen angewendet, entweder als keilförmig gebrannte Formsteine oder in der gewöhnlichen parallelepipedischen Gestalt, die man zum Wölben entweder durch Zuhauen oder durch keilförmig gebildete Mörtelfugen geeignet macht. Ueber das durch verschiedene Umstände bedingte Verhältniß zwischen Dicke und Halbmesser des Bogens bei keilförmig gefalteten Backsteinen oder Mörtelfugen ist das im vorhergehenden Bande (Art. 68, S. 59) dieses »Handbuches« Gefagte nachzusehen.

Keilförmig gebrannte Steine werden im Hochbau bei dem gewöhnlich geringen Bedarf, dem vielfachen Wechsel von Spannweiten und Pfeilhöhen und der daraus sich ergebenden großen Zahl verschiedener Formsteine nur selten angewendet, mit Ausnahme von Backstein-Rohbauten, an denen Bogen aus profilirten oder sonst verzierten Steinen herzustellen sind.

Wo es irgend geht, bedient man sich der gewöhnlichen Backsteine und bei Stichbogen der keilförmig gefalteten Mörtelfugen.

Von größter Wichtigkeit ist für die Backsteinbogen, wie für anderes Backsteinmauerwerk die gute Verbindung durch den Mörtel, für welche daher ebenfalls die in Kap. 2 gegebenen Regeln voll zu beachten sind.

Kleine Backsteinbogen von $\frac{1}{2}$ Stein Stärke lassen sich auch nach dem *Rheinhard'schen* Verfahren wölben.

Es genügt ein Ausfugen der auf die Schalung gestellten Steine mit einer hierzu besonders angefertigten schweren Kelle. Auch hierbei sind die Steine vor dem Einbringen des Mörtels durch kurze Schienen, welche die richtige Fugendicke (etwa 7 mm) haben, zu verpannen. Formsteine von 250 bis 350 kg Druckfestigkeit gestatten eine Beanspruchung des Bogens von 35 bis 40 kg auf 1 qcm⁸⁵⁵⁾.

Erwähnung mag hier noch finden, daß der Verzierung halber in Backsteinbogen oft einzelne Durchbinder aus Haufstein angeordnet werden. Es kann dies jedoch häufig auch für den Verband ganz zweckmäßig sein.

Bezüglich des Betons kann auf das in Kap. 5 Mitgetheilte verwiesen werden. Doch ist hier anzuführen, daß das Aufbringen und Rammen auf die deshalb steif und fest herzustellenden Lehrgerüste, wie beim Mauerbau, in wagrechten Schichten erfolgt.

408.
Bogenverband.

Wie bei jedem Mauerwerk, so muß auch bei jedem Bogen, welcher im Querschnitte aus mehr als einem Steine hergestellt wird, ein guter Verband beobachtet werden. In jedem solchen Bogen müssen daher regelmäsig wenigstens zwei verschieden zusammengesetzte Schichten mit einander abwechseln, um das Aufeinanderfallen von Stoszfugen zu vermeiden. Die bezüglichen Verbandanordnungen für Backsteine sind im vorhergehenden Bande (Art. 67, S. 58) dieses »Handbuches« schon besprochen worden. Bei Haufstein- und Bruchsteinbogen hat man nach demselben Grundsatz zu verfahren.

Dieser Grundsatz ist aber für Backsteinbogen dann nicht mehr durchführbar,

⁸⁵⁵⁾ Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 349.

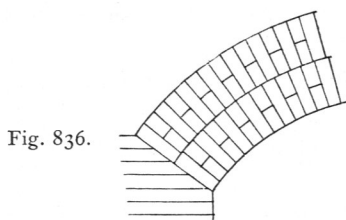


Fig. 836.

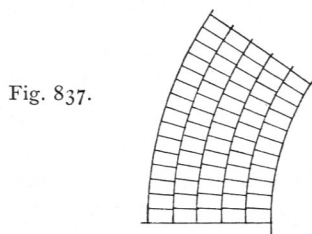


Fig. 837.

wenn dieselben im Verhältniß zum Halbmesser so stark zu machen sind, daß die Steine oder die Fugen in unzulässiger Weise keilförmig gemacht werden müßten, die Bogenhalbmesser also unter das a. a. O. (Art. 68, S. 59) angegebene geringste Maß für die angenommene Bogenstärke herabgehen. Man ist in diesem Falle genöthigt, die Bogen entweder aus mehreren über einander in Verband gewölbten Ringen (Fig. 836) oder aus einer Anzahl von $\frac{1}{2}$ Stein starken Schalen (auch Rouladen genannt) zusammenzusetzen (Fig. 837). Es kommt dies namentlich bei Halbkreisbogen und Stichbogen von verhältnißmäßig großer Pfeilhöhe vor. Man spricht dann von der Ausführung in englischem Verbands oder von Schalen- oder Rouladen-Bogen.

Obgleich diese Wölbweise schon von den Römern⁸⁵⁶⁾ vielfach angewendet worden ist, wie die erhaltenen Bauwerke derselben beweisen, so ist sie doch nicht ohne Bedenken; bei starken Belastungen kann sie sogar gefährlich werden. Man ist bei derselben über die Vertheilung des Druckes im Bogen ganz im Unklaren. Die Anzahl der Wölbchichten nimmt in jedem nach oben hinzugefügten Ringe zu und damit auch das Maß des Setzens. Die äußeren Ringe ruhen auf den inneren und können sich daher nicht ungehindert setzen; sie haben deshalb eine geringere Spannung, als die inneren. Es kann daher der Fall eintreten, daß nur der innerste Ring durch die vorhandene Belastung beansprucht wird. Diefem Mangel sucht man auf verschiedene Weise abzuhefen. Zweckmäßig ist es jedenfalls, einen nicht schwindenden, sehr steifen Mörtel zu verwenden; das Setzen kann dann nur durch das Zusammenpressen des Mörtels erfolgen. Für

solche Bogen dürfte sich daher ebenfalls die Anwendung des *Rheinhard'schen* Wölbverfahrens, so weit als dies möglich ist, empfehlen.

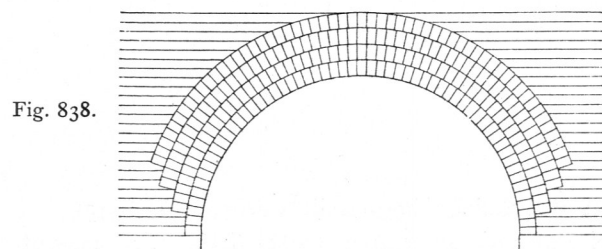


Fig. 838.

Ein anderes Mittel besteht darin, die Anzahl der Wölbchichten in allen Ringen gleich zu machen, diesen also verschieden hoch beginnende Widerlager zu geben (Fig. 838).

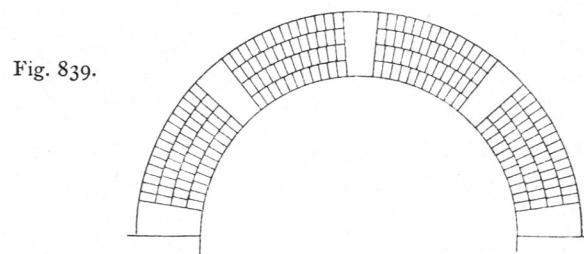


Fig. 839.

Wo es angeht, sucht man ferner die einzelnen Ringe durch eingreifende Binder zu verbinden. Es erfordert dies jedoch eine gleichzeitige Ausführung aller Ringe. Am zweckmäßigsten ist es aber jedenfalls, den Bogen mit Durchbindern aus Hautlein in einzelne

⁸⁵⁶⁾ Von den Römern wurde diese Wölbweise wahrscheinlich wegen der bequemen und leichten Ausführung und des geringeren Aufwandes für die Lehrgerüste gewählt.

Abchnitte zu zerlegen (Fig. 839). Unter allen Umständen ist die Anwendung eines im ganzen Bogen gleichmäfsig erhärtenden Mörtels nothwendig⁸⁵⁷⁾.

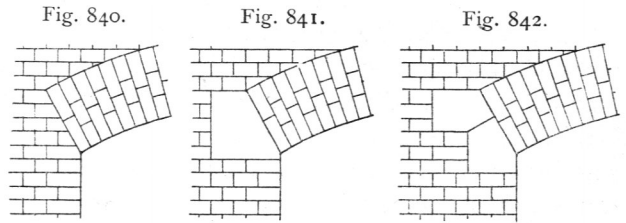
Das Wölben in Ringen wird mitunter auch bei Ausführung in Schichtsteinen gewählt, unterliegt dabei aber selbstredend denselben Bedenken und Vorichtsmafsregeln, wie bei Backsteinen. Bei Anwendung von Quadern ist es immer zu umgehen.

409.
Bildung
des
Widerlagers.

Die Widerlagsfläche fällt mit der untersten Wölbefuge zusammen. Bei Bogen, welche stetig, bezw. tangentiell in die lothrechte Innenbegrenzung des Widerlagers übergehen, so beim Halbkreis- und Korbbogen, wird daher die Widerlagsfläche eine wagrechte Ebene sein müssen; bei allen Bogen aber, die unter einem Winkel an diese Widerlagerbegrenzung anschliessen, wie beim Stichbogen, dagegen eine geneigte Ebene.

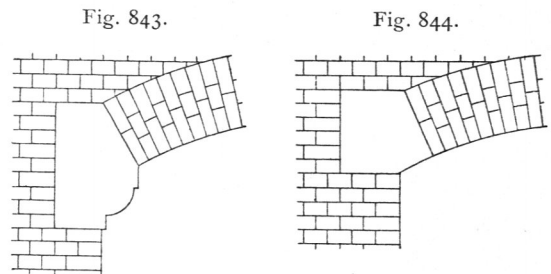
Da im Hochbau die Mauern fast immer in wagrechten Schichten aufgeführt werden, so ergibt sich im letzterwähnten Falle die Nothwendigkeit, zur Bildung der geneigten Widerlagsfläche die anstofsenden Steine der Mauer schräg zuzuhauen

(Fig. 840). Will man dies vermeiden, so muss man zur Bildung des Widerlagers in Backsteinmauern besonders bearbeitete Werkstücke verwenden (Fig. 841 u. 842), die ganz ähnlich auch für Mauern aus Schichtsteinen oder Quadern gestaltet



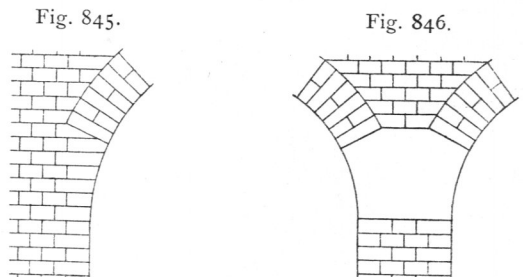
werden können. Um bei diesen Widerlagssteinen spitzwinkelige Kanten zu umgehen, hat man das untere Lager derselben tiefer als die Kämpferlinie zu legen.

Um die Spannweite abzukürzen, wendet man mitunter ausgekragte Widerlagssteine an, die profilirt fein (Fig. 843) oder an die Bogenlinie sich anschliessen können (Fig. 844). Die Grösse der Ausladung ist innerhalb der Grenzen zu halten, welche die Druckfestigkeit des betreffenden Werkstein-Materials gestattet. Uebri-



gens kann die Auskragung auch mit Backsteinen hergestellt werden (Fig. 845).

Die Auskragung ist auch noch in anderen Fällen vortheilhaft. So namentlich, wenn die über dem Widerlager folgende Mauermaffe eine möglichst grosse wagrechte Aufstandsfläche haben soll, was besonders bei nahe auf einander folgenden Bogen wünschenswerth ist (Fig. 846), um das Auslaufen des darüber stehenden Pfeilers in einen nach unten gerichteten spitzen Keil zu vermeiden, der bei starker Belastung ge-



⁸⁵⁷⁾ Ueber eine Ausführung von Brückengewölben mit verzahnten Ringen siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1890, S. 263.

Fig. 847.

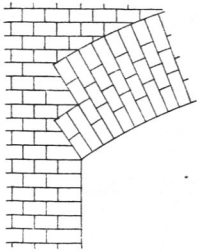
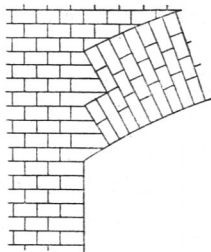


Fig. 848.



eignet wäre, die beiden benachbarten Bogenfächer aus einander zu drängen. Von Vortheil ist das Auskragen auch in denjenigen Fällen, in denen das Wölben der Bogen erst nach Vollendung der über den Widerlagern folgenden Mauerkörper ausgeführt werden soll.

Um das tiefe Eingreifen starker Bogen in die Mauern zu verringern, kann man das Widerlager in Abfätzen herstellen (Fig. 847);

eben so kann man aber auch bei Auskragungen verfahren (Fig. 848).

Zur Bestimmung der Stärke von weit gespannten und stark belasteten Bogen und von deren Widerlagern bedarf es der Anwendung der Statik der Gewölbe. Es wird in dieser Beziehung hier auf Theil I, Band 1, zweite Hälfte (S. 438 u. ff.⁸⁵⁸) dieses »Handbuches«, so wie auf Theil III, Band 2, Heft 3 (Abth. III, Abchn. 2, B: Gewölbte Decken) dieses »Handbuches« verwiesen. Für kleinere Bogen und gewöhnliche Belastungen, wie sie in den Umfassungs- und Mittelmauern von 3- bis 4-geschoffigen Gebäuden vorkommen, begnügt man sich in der Regel mit durch die Erfahrung fest gestellten Abmessungen.

Für die Scheitelstärke von Backsteinbogen finden sich oft die folgenden Angaben⁸⁵⁹):

Spannweite	Spitzbogen	Halbkreisbogen	Stichbogen, gedrückt bis $\frac{1}{8}$ der Pfeilhöhe
bis 1,75 m	$\frac{1}{2}$ Stein	1 Stein	$1\frac{1}{2}$ Stein
von 2,0 bis 3,0 m	1 Stein	$1\frac{1}{2}$ Stein	$1\frac{1}{2}$ bis 2 Stein
von 3,5 bis 5,5 m	$1\frac{1}{2}$ Stein	2 Stein	2 bis $2\frac{1}{2}$ Stein
von 6,0 bis 8,5 m	$1\frac{1}{2}$ bis 2 Stein	$2\frac{1}{2}$ Stein	$2\frac{1}{2}$ bis 3 Stein

Bogen von größerer Spannweite giebt man je nach der Belastung $\frac{1}{15}$ bis $\frac{1}{12}$ der Spannweite zur Scheitelstärke, wozu jedoch zu bemerken ist, daß man mit mittelguten Backsteinen nicht gern Spannweiten von 11,5 m überschreitet und daß Bogen von mehr als 5 m Spannweite im gewöhnlichen Hochbau überhaupt selten angewendet werden.

Für andere Steinmaterialien kann man die in Art. 298 (S. 374) angegebenen Verhältniszahlen zur Umrechnung der für Backstein gefundenen Mafse benutzen.

Die Stärke von scheinrechten Bogen bestimmt man häufig in der Weise, daß man einen Stichbogen mit einem Oeffnungswinkel von 60 Grad zu Grunde legt und dem gefundenen Mafse die Pfeilhöhe dieses Stichbogens hinzufügt. Ueber 2 m Spannweite geht man bei scheinrechten Bogen nicht gern hinaus.

Damit die Stützlinie eines nicht überhöhten Bogens im mittleren Drittel desselben bleibe⁸⁶⁰), machen sich nach der Wölbtheorie Verstärkungen nach den Widerlagern hin nothwendig. Bei den verhältnismäßig großen Scheitelstärken und geringen Spannweiten, welche die Bogen im Hochbau zumeist erhalten, sind jedoch

⁸⁵⁸) 2. Aufl.: S. 246.

⁸⁵⁹) Nach: SCHOLZ, A. Die Fachschule des Maurers. Leipzig 1887. S. 90. — Vergl. auch: Baukunde des Architekten. Bd. I, Th. 1. Berlin 1890. S. 222. — GOTTGETREU, R. Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen. Theil I. Berlin 1880. S. 96. — BREYMAN, G. A. Allgemeine Bau-Constructions-Lehre u. f. w. Theil I. 5. Aufl. Stuttgart 1881. S. 293.

⁸⁶⁰) Siehe: Theil I, Band 1, zweite Hälfte dieses »Handbuches«, Art. 272 (2. Aufl.: S. 256).

folche Verstärkungen gewöhnlich entbehrlich. Uebrigens ergeben sie sich bei Rohbauten, wegen des sichtbar bleibenden Anschlusses an das benachbarte Mauerwerk, häufig von selbst.

Bei Haufstein und Bruchstein sind diese Verstärkungen leicht auszuführen; in Backsteinen können sie nur abatzweise hergestellt werden.

Als Widerlagerstärke genügt nach der Erfahrung ⁸⁶¹⁾:

für überhöhte und Spitzbogen	$\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$	der Spannweite,
für Halbkreisbogen	$\frac{1}{4}$ » $\frac{1}{5}$ »	»
für gedrückte Bogen mit $\frac{1}{4}$ Pfeilhöhe	$\frac{1}{3}$ » $\frac{1}{4}$ »	»
für Stichbogen bis $\frac{1}{12}$ Pfeilhöhe	$\frac{1}{2}$	»
für scheinrechte Bogen	$\frac{2}{3}$	»

Diese Masse können bei stark belasteten Widerlagern etwas verringert werden; dagegen verstärkt man sie, wenn die Widerlagspfeiler sehr hoch sind.

411.
Bogen
aus
Haufsteinen.

Im Hochbau haben die Bogen aus Haufstein fast nie Stosfugen; sondern jede Schicht wird gewöhnlich aus einem einzigen Stein gebildet, der genau und nach den Regeln des Steinschnittes geformt und bearbeitet fein muß, auf deren Besprechung hier aber nicht einzugehen ist.

Die sichtbar bleibenden, mit einer Gliederung versehenen Haufsteinbögen werden oft mit einem zur Laibung concentrischen Rücken versehen. Es ergibt dies einen nach dem Scheitel zu immer spitzwinkliger werdenden Anschluß der benachbarten wagrechten Mauerwerkschichten. Bei ungliederten Bogen giebt man daher zur Vermeidung dieses Uebelstandes gern die concentrische Bogenlinie des Rückens auf.

Am gebräuchlichsten ist dann wohl die Anwendung von im Haupt fünfeckig gestalteten Wölbsteinen, welche am Bogenrücken einen rechten Winkel aufweisen, der den Anschluß zu den Mauerwerkschichten bequem vermittelt. So einfach dieses Mittel scheint, so ist es doch nicht durchführbar, wenn, wie dies im Allgemeinen erwünscht ist, die Schichten gleich hoch, die Wölbsteine gleich dick und die Wölbfugen gleich lang bleiben sollen. Häufig begnügt man sich bei Halbkreisbögen mit der gleich bleibenden Dicke der Wölbsteine und läßt die Mauerfugen nach oben etwas an Höhe ab-, die Wölbfugen nach dem Schlussstein hin etwas zunehmen (Fig. 849). Gleich dicke Wölbsteine bei gleich hohen Mauerfugen und zunehmender Länge der Wölbfugen kann man erzielen, wenn man die dem Schlussstein benachbarten Wölbsteine bis an dieselbe Lagerfuge wie jenen gehen läßt (Fig. 850). Für das Aussehen ist es vortheilhaft, die Schnittpunkte der wagrechten

Fig. 849.

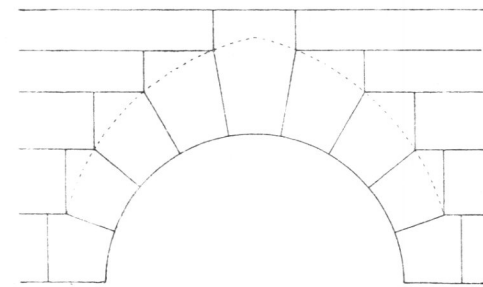
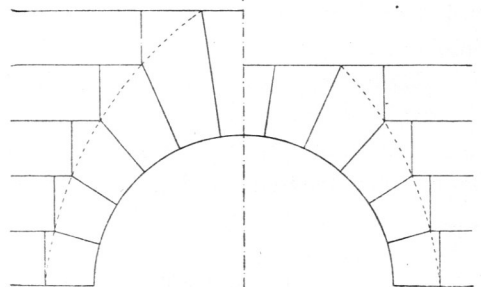


Fig. 850.



⁸⁶¹⁾ Nach: SCHOLZ, a. a. O

Lagerfugen mit den Wölbungen in eine Bogenlinie zu legen. Ein ebenfalls oft angewendetes, in constructiver Hinsicht unzweckmäßiges Mittel ist die Anwendung von Hakensteinen (Fig. 851). Diese Steine müssen sehr genau bearbeitet und von festem Material sein; trotzdem brechen sie bei stärkeren Belastungen an den Schnittstellen von Lager- und Wölbungen leicht, da in diesen Flächen verschiedene große Pressungen stattfinden. Deshalb ist auch der ihnen zugeschriebene Vorzug geringen wagrechten Schubes nicht mit Sicherheit zu erreichen.

Fig. 851.

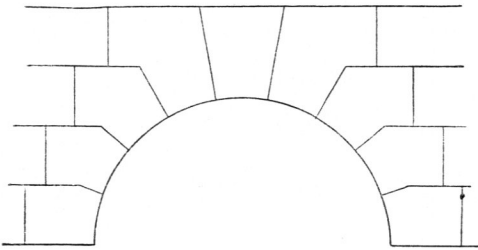
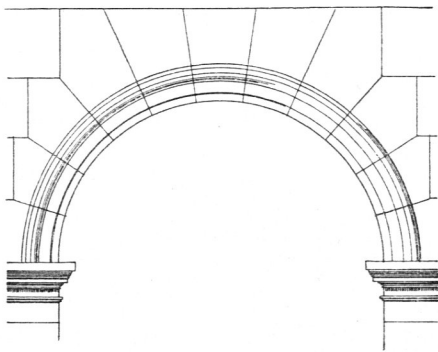


Fig. 852.



Vom Colosseum in Rom.

Fig. 853.

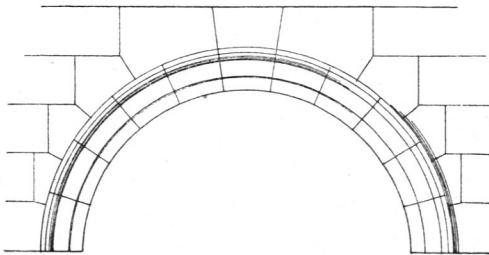


Fig. 854.

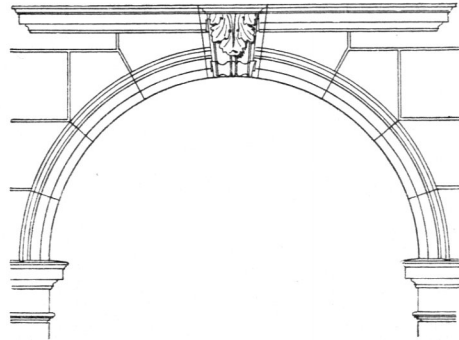


Fig. 855.

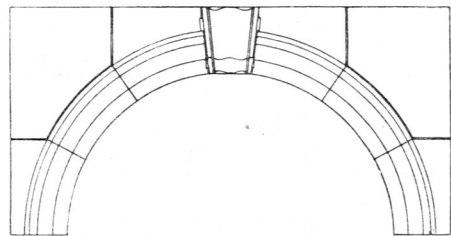
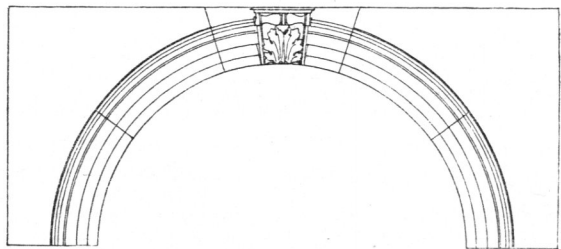


Fig. 856.



Bei gegliederten Bogen kann man den Vortheil guten Anschlusses an das Mauerwerk erreichen, indem man entweder nach dem Vorgang der Römer die Gliederung an die Wölbsteine ohne Rücksicht auf die Form der letzteren anarbeitet (Fig. 852), oder indem man besondere Anschlusssteine über der Gliederung anwendet (Fig. 853). Beide Auskunftsmittel lassen bezüglich des Aussehens zu wünschen übrig. Besser wird dasselbe im ersten Falle, wenn man dieses Mittel nur für die dem Schlussstein nächst liegenden Steine anwendet (Fig. 854).

Günstiger gestalten sich die Verhältniffe für die gegliederten Bogen, wenn sie von einer rechteckigen Umrahmung umgeben werden können. Man macht die Werkstücke dann meist sehr groß und läßt die Zwickel zum Theile mit den Wölbsteinen aus einem Stück bestehen (Fig. 855), oder die Zwickel werden als große Werkstücke an den Bogen angeschoben (Fig. 856). Bei nicht zu großen Abmessungen stellt man den Bogenfchenkel mit dem Zwickel wohl ganz aus einem einzigen Stücke her (Fig. 857). Es unterscheidet sich diese Construction nur da-

Fig. 857.

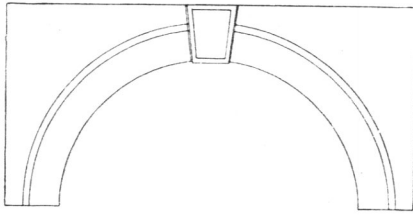


Fig. 858.

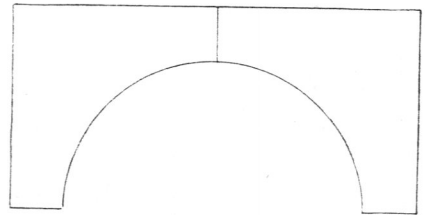


Fig. 859.

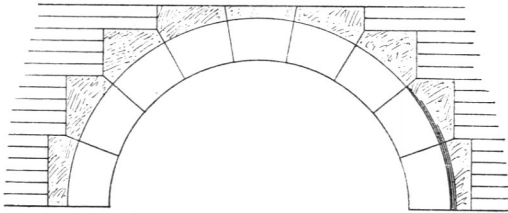


Fig. 860.

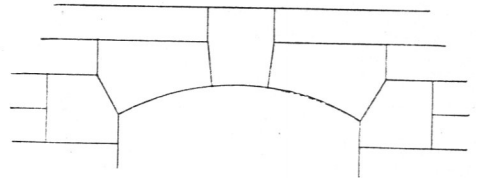


Fig. 861.

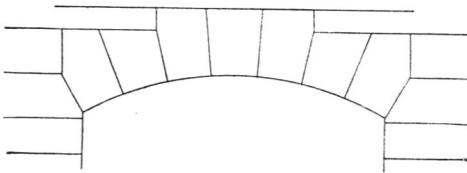


Fig. 862.

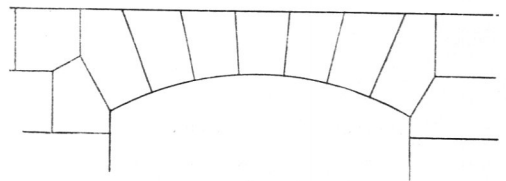


Fig. 863.

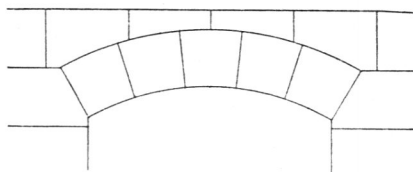
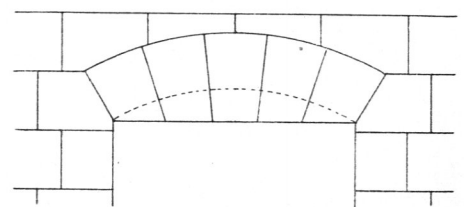


Fig. 864.



durch noch von der Ueberdeckung durch Auskragung, daß ein Schlufsstein vorhanden ist. Diesen ganz wegzulassen und nur zwei ausgekragte, nach der Bogenlinie ausgearbeitete Stücke an einander zu schieben (Fig. 858) ist nicht empfehlenswerth.

Auch bei Haupteinbogen in geputzten Wandflächen ist Rücksicht auf einen guten Anschluß des Mauerwerkes zu nehmen. Dabei werden aber die über den ringförmigen, sichtbar bleibenden Theil des Bogens hinausfallenden Stücke der

Wölbsteine um die Putzfärke abgearbeitet, um sie mit überputzen zu können (Fig. 859). Das Einhalten gleicher Schichtenhöhe ist dann nicht sehr wichtig; auch brauchen diese Stücke nicht besonders sauber gearbeitet zu werden, sondern müssen rauh sein, damit der Putz auf ihnen haftet. Zum Schaden der guten Construction wird aber leider auf diese Bogentheile gewöhnlich zu wenig Sorgfalt verwendet.

Bei Stichbogen wendet man, des Anschlusses an das Mauerwerk wegen, entweder ebenfalls fünfeckig gestaltete Häupter der Wölbsteine an (Fig. 860), oder man vereinigt dieselben zu Gruppen, welche oben wagrecht abschließen (Fig. 861), oder man führt sämmtliche Wölbsteine bis an eine wagrechte Lagerfuge (Fig. 862). Be-

Fig. 865.

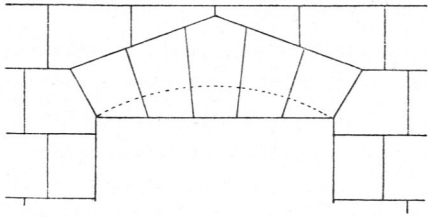


Fig. 867.

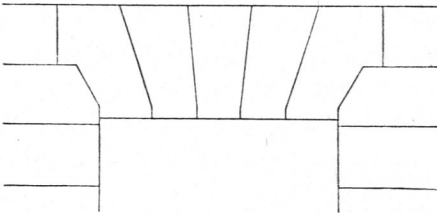


Fig. 869.

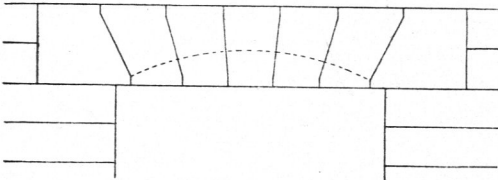


Fig. 866.

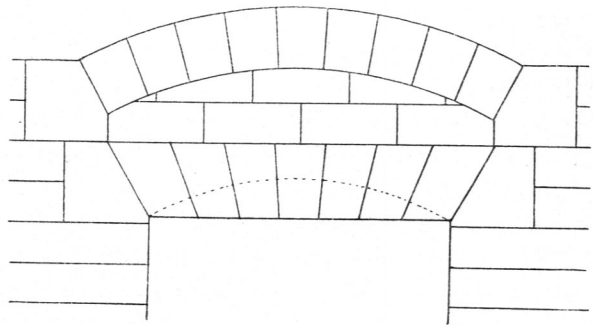
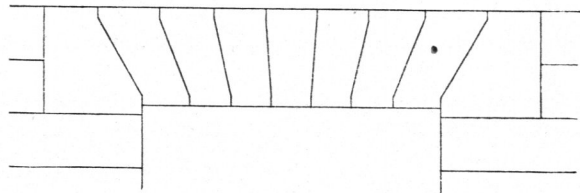


Fig. 868.



hält man die concentrische Rückenlinie bei, so muß die dem Scheitel nächstliegende Lagerfuge ein Stück von diesem entfernt sein (Fig. 863).

Das Bedürfnis nach wagrechter Ueberdeckung ohne Benutzung von Steinbalken führt zur Anwendung des scheinrechten Bogens, der auch in Haustein unter Ausschluss von künstlichen Hilfsconstructions nur über geringen Spannweiten ausführbar ist. Einige Hilfsmittel, um grössere Spannweiten zu ermöglichen, sind schon im vorhergehenden Bande (in Art. 101, S. 81 u. Art. 107, S. 87) besprochen worden; andere werden noch im nächst folgenden Hefte dieses »Handbuchs« (unter D: Gesimse) behandelt werden. Fig. 864 u. 865 zeigen durch die Form herbeigeführte Verstärkungen des scheinrechten Bogens, und Fig. 866 giebt die Entlastung eines solchen durch einen Stichbogen.

Zur Vermeidung zu spitzwinkliger Kanten an den Wölbsteinen setzt man immer die Kämpferfuge etwas unter den Bogen und bricht häufig die Wölbungen an Rücken und Laibung (Fig. 868). Auch Hakensteine kommen bisweilen in Anwendung (Fig. 867). Sie haben hier aber ebenfalls die schon früher besprochenen Nachteile.

Eine Abkürzung der Spannweite kann man durch Auskrägung der Widerlager erzielen (Fig. 869).

412.
Bogen
aus
Backsteinen.

Bei den Backsteinbögen läßt sich der spitzwinkelige Anschluß der Mauerfichten an den Bogenrücken nicht vermeiden. Flachen Stichbögen giebt man oft eine wagrechte Rückenlinie; auch verwendet man häufig besondere Widerlagsstücke aus Hauftein. Der scheinrechte Bogen wird gewöhnlich mit etwas Stich versehen, wenn er geputzt werden soll. Sein Widerlager rückt man gern um eine Steinstärke in die Mauer und nimmt den Halbmesser nicht größer, als daß der Anfänger mit einer Diagonale lothrecht zu stehen kommt (Fig. 870).

Fig. 870.

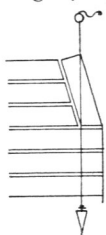
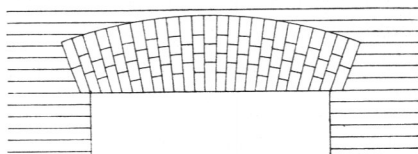
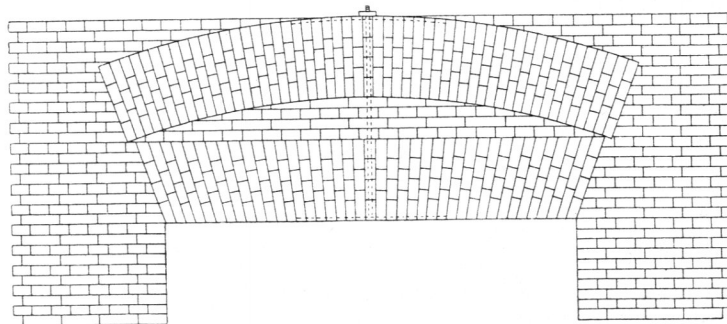
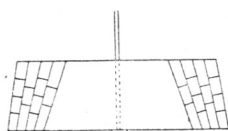
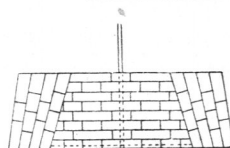


Fig. 871.



Verfärbungen können, wie bei Hauftein, durch bogenförmige Bildung des Rückens ausgeführt werden (Fig. 871). Bei Spannweiten über 2^m hängt man den scheinrechten Bogen wohl auch an einen darüber gespannten Entlastungsbogen (Fig. 872⁸⁶²) und kann ihn dann unter Umständen aus zwei Bogen zusammensetzen, deren gemeinschaftliches Widerlager aufgehängt wird (Fig. 873 u. 874⁸⁶²). Dieses Aufhängen ist aber keine besonders zweckmäßige Maßregel, da die Ausführung eine schwierige und den Verband der beiden Bogen störende ist und durch Setzen des Entlastungsbogens die durch diesen dem scheinrechten Bogen abgenommene Last doch dem letzteren wieder aufgebürdet werden kann, ohne daß ein Nachziehen des Hängeeifens gut möglich ist.

Fig. 872⁸⁶².Fig. 873⁸⁶².Fig. 874⁸⁶².

413.
Bogen
aus
Bruchsteinen.

Für die Herstellung von Bogen aus Bruchsteinen eignen sich namentlich die von Natur lagerhaften und plattenförmig brechenden. Werden sie zu Schichtsteinen verarbeitet, so sind sie ähnlich wie die Quaderbögen zu behandeln. Richtet man

sie nur mit dem Hammer zu, so ist ein Verband und eine gleichmäßige Mörtelvertheilung wie in Backsteinmauerwerk anzustreben. Lücken in den Fugen sind mit Zwickern auszufüllen; auch müssen möglichst viele durch die Bogenstärke durchbindende große Steine verwendet werden.

Stichbogen aus Bruchstein verzieht man ebenfalls häufig mit wagrechtem Rücken.

Bei schwachen Widerlagern machen sich Verankerungen der Bogen notwendig. Dieselben müssen, wenn sie ihren Zweck voll erfüllen, also den wagrechten Schub des Bogens aufnehmen sollen, in der Höhe der Kämpfer liegen und diese auf dem kürzesten Wege verbinden. Solche Anker werden dann aber sichtbar, was man im Allgemeinen als störend empfindet, wenn man dieselben auch aus Eisen herstellt und nicht aus Holz, wie zuweilen im Mittelalter, namentlich aber von den Byzantinern geschehen ist.

In versteckter Lage kann eine den obigen Anforderungen entsprechende Verankerung eigentlich nur beim scheinrechten Bogen auf der Unterseite desselben ausgeführt werden (Fig. 875).

Fig. 875.

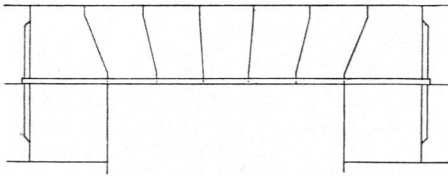


Fig. 876.

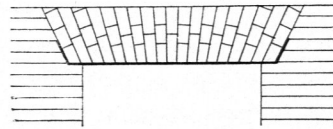


Fig. 877.

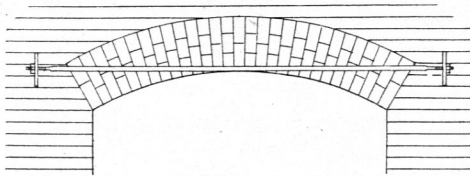
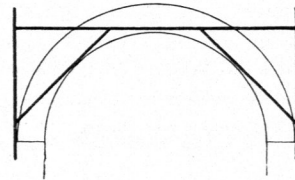


Fig. 878.



Der Anker ist aus hochkantig gelegtem Flacheisen, welches in die Unterseite des Bogens genau eingelassen ist, herzustellen und hinter den Widerlagsteinen mit Splinten zu versehen.

In einfacherer Weise kann bei nicht sehr großen Oeffnungen die Verankerung durch mehrere flach untergelegte und an den Enden aufgebogene Flacheisen bewirkt werden (Fig. 876).

Sehr umständlich und den Verband störend ist das Einlegen der Anker in den Bogen selbst. Deshalb ist auch bei Stichbogen, welche geputzt werden, sehr viel mehr die Anordnung von zwei zu beiden Seiten des Bogens angeordneten Ankern vorzuziehen (Fig. 877).

Diese werden aus hochkantig gestellten Flacheisen angefertigt und mit ihrer Stärke in den Bogen eingelassen. Ihre Enden werden mit Schraubengewinde versehen und hinter beiden Widerlagern mit quer durch die Mauerstärke gelegten Eisenplatten verbunden.

Ist diese Construction unzulässig, weil der Bogen sichtbar bleibt, so kann man einigermaßen Ersatz durch das Einlegen einer Anzahl von Bandeisen in die Lagerfugen des über dem Bogen folgenden Mauerwerkes schaffen⁸⁶³). Namentlich ist

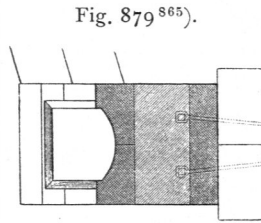
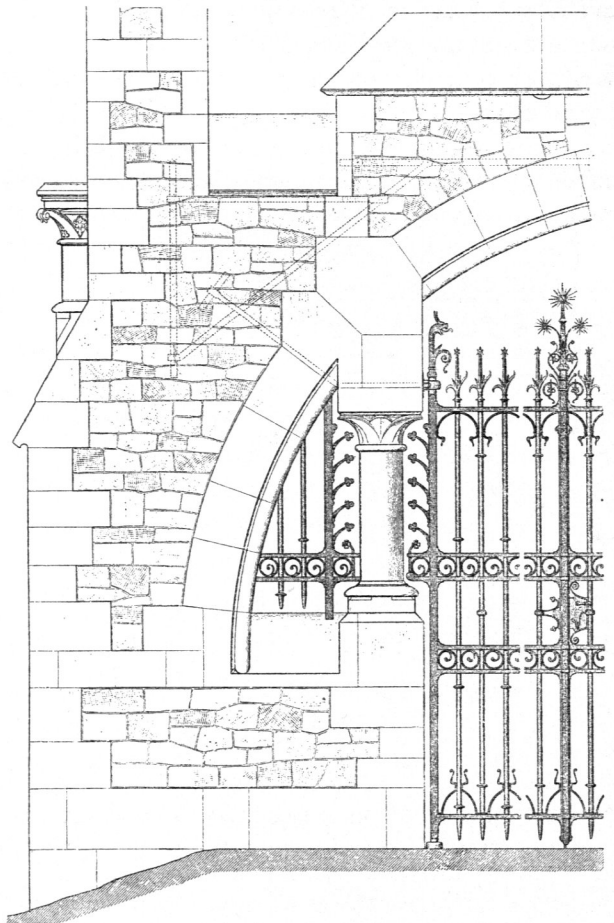
⁸⁶³ Ueber das Verankern mit Bandeisen, den sog. Reifeisenverband, siehe den vorhergehenden Band (Art. 105, S. 84) dieses »Handbuchs«.

dies bei Backsteinmauerwerk zweckmäfsig, während man Haufstein- und Bruchsteinbogen mit Anker ähnlicher Art, wie sie für die Unterseite der scheidrechten Bogen angegeben wurden, über dem Bogenrücken ausstatten mufs⁸⁶⁴).

Am unvortheilhaftesten ist das versteckte Verankern von Bogen mit großer Pfeilhöhe, weil der Anker zu hoch über die Kämpfer zu liegen kommt, wenn man ihn einfach wagrecht durchführt. Von geringem Nutzen sind concentrisch mit dem Bogen gelegte Eisenschienen, die sog. Ringanker. Besser wirken Anker nach der in Fig. 878 angegebenen Art, welche allerdings sehr umständlich in der Ausführung sind.

Von den Enden einer wagrecht über dem Bogen liegenden Schiene, welche gegen Durchbiegen gefichert sein und daher aus L-, T-, bezw. I-Eisen hergestellt werden mufs, werden lange Splinte nach den Widerlagern heruntergeführt und die Schiene mit den Splinten durch Winkelbänder verbunden.

Die Anwendung einer ähnlichen Verankerung auf einen Thorbogen zeigen Fig. 879 u. 880⁸⁶⁵). Der Anker ist in der Hauptsache in das Bruchsteinmauerwerk über dem Haufsteinbogen gelegt, wodurch die erwähnten Umständlichkeiten und damit allerdings auch die Wirkung verringert wurden. Er spaltet sich von dem obersten wagrechteten Stück ab beiderseits in zwei Theile. Fig. 880 zeigt noch die Befestigung des oberen Bandes des Gitterthorflügels.

Fig. 880⁸⁶⁵).

3) Ueberdeckung mit Holzbalken.

Zur wagrechteten Ueberdeckung von Oeffnungen sind Holzbalken das bequemste, wenn auch nicht dauerhafteste Mittel. Dort, wo das Holz sichtbar bleiben darf, findet man es deshalb auch oft am Aeusseren von Bauwerken verwendet, während es dann, wenn es unter einem Putzüberzug zu verbergen ist, wie in allen anderen Fällen, so auch für den vorliegenden Zweck, nur im Inneren der Gebäude benutzt

475.
Verwendung.

⁸⁶⁴) Die etwas umständliche Verankerung dieser Art an der Berliner Bauacademie findet sich mitgetheilt in: Allg. Bauz. 1836, S. 10.

⁸⁶⁵) Facf.-Repr. nach: BEYAERT, H. *Travaux d'architecture etc.* Brüssel. Taf. 4.