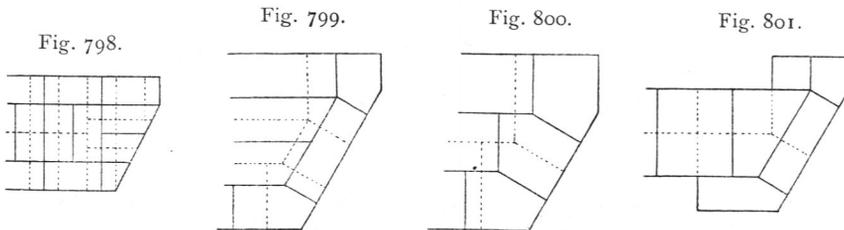


mit der Mauer erhalten; eine Verbindung könnte jedoch durch Anker oder Klammern leicht hergestellt werden, wenn man, wie überhaupt zu empfehlen, darauf Rücksicht nimmt, die Lagerfugen der Begrenzungs-Werkstücke in Uebereinstimmung mit der Schichtentheilung der Mauer zu bringen. Besteht die seitliche Begrenzung der Höhe nach aus einem einzigen Werkstück, so kann die angegebene Verbindung nur im oberen Lager angebracht werden.

Bei Fig. 797 ist ein Verband zwischen beiden Constructionstheilen angenommen, wobei sich jedoch ein Verluft an Hauftein-Material ergibt.

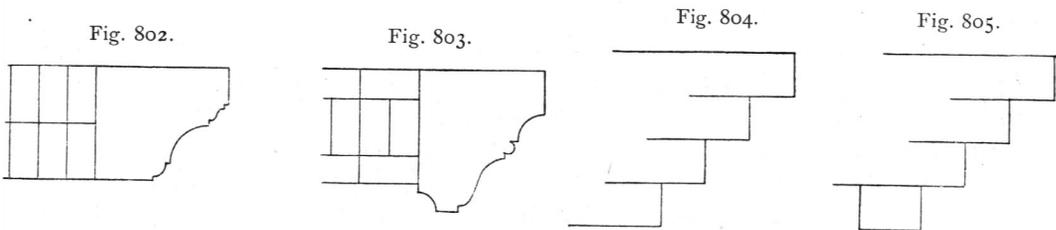
Die Oeffnungen mit schräg zur Wandflucht stehenden Laibungen gestatten in beiden Fällen eine verschiedene Behandlung. Der Mauerverband wird verschieden behandelt:



1) er wird einfach schräg abgeschnitten, wobei sich ein spitzwinkliger Auslauf der Zwischenfugen ergibt (Fig. 798), der nur bei Putzüberzug zulässig ist;

2) durch eine Bekleidung mit senkrecht zur Schräge gestellten Stücken wird dies vermieden (Fig. 799 bis 801);

3) es werden besondere abschließende Stücke verwendet (Fig. 802 u. 803), oder



4) der Abschluß erfolgt in rechtwinkligen Abfätzen (Fig. 804 u. 805).

Im letzteren Falle können die rechtwinkligen Abfätze einer Profilierung zu Grunde gelegt oder durch Profile abgestumpft werden.

Die seitliche Begrenzung von Oeffnungen in massiven Mauern mit Holz wird gewöhnlich verkleidet und so hergestellt, wie bei den Thüröffnungen im Inneren der Gebäude, deren Construction in Theil III, Band 3, Heft 1 (Abth. IV, Abfchn. I, unter B) dieses »Handbuches« zu besprechen ist.

#### b) Ueberdeckung.

Die Ueberdeckung der Oeffnungen kann in der geometrischen Ansicht geradlinig und wagrecht (Fig. 806), bogenförmig (Fig. 807 bis 810), mit gebrochenen

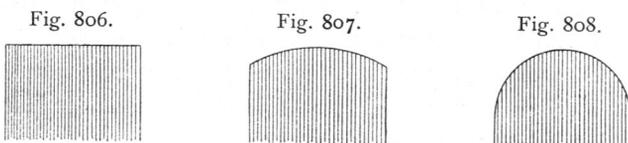


Fig. 809.

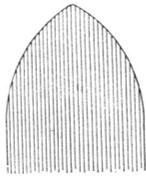


Fig. 810.

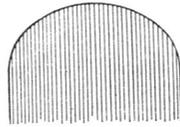


Fig. 811.

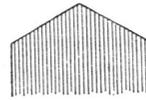


Fig. 812.

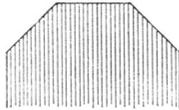


Fig. 813.

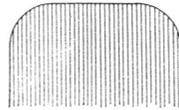
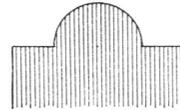


Fig. 814.



geraden Linien (Fig. 811 u. 812) oder mit zusammengefügten geraden und gebogenen Linien hergestellt werden (Fig. 813 u. 814).

Fig. 807 bis 810 geben nur einige der häufiger vorkommenden Bogenformen; Fig. 807 den Stich-, Flach- oder Segmentbogen, Fig. 808 den Halbkreis- oder Vollbogen, Fig. 809 den Spitzbogen, Fig. 810 den gedrückten oder Korbbogen. Stichbogen, Spitzbogen und Korbbogen sind der mannigfachsten Abänderungen fähig.

Eben so geben Fig. 812 bis 814 nur einige der vielfach veränderungsfähigen zusammengefügten Ueberdeckungsformen.

399.  
Material.

Alle im vorhergehenden Artikel erwähnten Ueberdeckungsformen lassen sich aus Stein, Holz oder Eisen herstellen.

Für die Ausführung in Stein sind die bequemsten Formen diejenigen in Fig. 806 bis 810. Die Ueberdeckungsformen in Fig. 811 u. 812 kann man durch Auskragen oder künstlicher mit Rollschichten, diejenigen in Fig. 813 u. 814 durch Ausarbeiten aus größeren Werkstücken oder Platten erzeugen.

Für Holz sind die naturgemäßen Formen diejenigen in Fig. 806, 811 u. 812; umständlicher ist die Herstellung der übrigen Formen mit oder ohne Stuckverkleidung.

Die Formen in Fig. 806, 811 u. 812 eignen sich für die Ausführung mit walzeisernen oder gusseisernen Balken, alle übrigen Formen für diejenige in Gusseisen.

400.  
Construction.

Die Art der Construction mußte schon bei der Erwähnung der Materialien gestreift werden. Es ist dem Gefagten noch hinzuzufügen, daß die geradlinig wagrechte Form sich am naturgemäßeften mit steinernen, hölzernen oder eisernen Balken und die gebogene Form am besten durch Ueberwölbung mit Steinen herstellen lassen. Diese Constructionen werden uns vorzugsweise zu beschäftigen haben.

Die Ueberdeckung durch allmähliche Auskragung von Steinen hat hauptsächlich geschichtliche Bedeutung. Gegenwärtig wird die Auskragung fast nur zur Abkürzung der Spannweiten von Balken und Bogen und zur Entlastung von Balken verwendet.

Die Ueberdeckung der Oeffnungen in den zusammengefügteren Formen durch Ausarbeiten von Werkstücken oder Platten, oder mit Gusseisenstücken bedarf hier keiner besonderen Erörterung, und die Bildung der gebogenen und zusammengefügten Formen aus Holz wird bei den Constructionen des inneren Ausbaues (in Theil III, Band 3, Heft 3) Besprechung finden.

## 1) Ueberdeckung mit Steinbalken.

Die zur Ueberdeckung von Oeffnungen benutzten Steinbalken werden meistens aus Hautfein-Werkstücken hergestellt. Es sind hierzu, bei einigermaßen erheblichen Spannweiten, die festesten Steinarten zu verwenden. Da auch bei diesen die Biegefestigkeit verhältnißmäßig gering ist, so vermeidet man zumeist eine Belastung der Steinbalken auf ihre freie Spannweite und bringt zu diesem Zwecke über ihnen Entlastungs-Constructions an. Sollen letztere nicht angewendet werden, so muß man die Steinbalken so hoch machen, daß sie der gegebenen Belastung genügen, oder man muß sie durch untergelegte Eifenträger unterstützen. Das Letztere wird auch nöthig, wenn die Steinbalken nicht mit Sicherheit ihre eigene Last zu tragen vermögen; doch werden in diesem Falle mitunter die Balken an über ihnen angeordneten Entlastungs-Constructions aufgehängt.

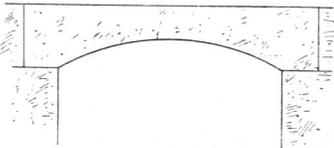
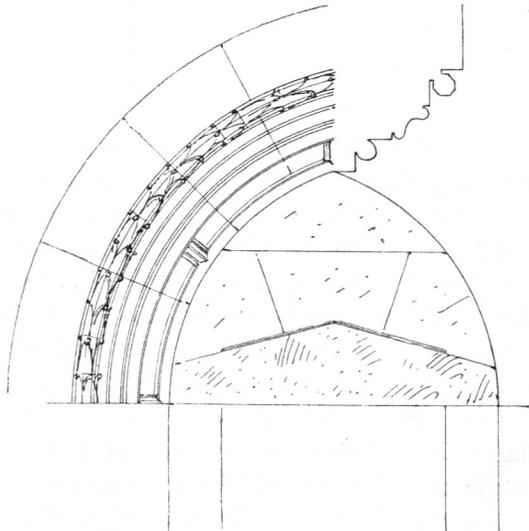
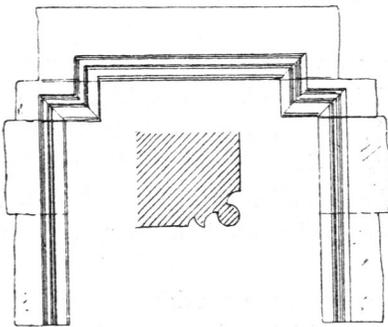
401.  
Hautfein.

Ist die Dicke der Mauer, in welcher die Oeffnung anzubringen ist, so groß, daß ein einziges Werkstück für die Ueberdeckung derselben zu schwer werden würde, so kann man nach dem Vorbilde der griechischen Epistyl-Constructions die Ueberdeckung durch mehrere neben einander gelegte Steinbalken bewirken. Die Fugen zwischen denselben werden entweder so scharf gehalten, daß sie nicht auffallen, oder man sucht sie durch die Gliederung der Unterseite mit Soffiten zu verdecken, oder man kennzeichnet sie durch Nuthen.

Die Steinbalken erhalten eine gesicherte Lage in der Mauer, wenn man ihre Enden auf die Länge des Auflagers durch Mauerwerk belastet. Gleichzeitig wird dadurch auch ihre Tragfähigkeit erhöht, welche man noch weiter dadurch fördern kann, daß man auch die lothrechten Endflächen scharf an das benachbarte Mauerwerk stoßen läßt.

Das Belasten der Enden bringt allerdings die Gefahr des Bruches in der Nähe der Auflager mit sich. Diese wird vermindert, wenn man der Auflagerfläche keine

Fig. 815.

Fig. 816<sup>844</sup>.Fig. 817<sup>844</sup>.

<sup>844</sup>) Facf.-Repr. nach: REDTENBACHER, R. Beiträge zur Kenntniß der Architektur des Mittelalters in Deutschland. 2. Heft. Karlsruhe 1872.

überflüssige Länge giebt, sondern sie nur dem vorhandenen Auflagerdrucke entsprechend groß macht.

Wenn ein Ueberdeckungs-Steinbalken bricht, so ist daran in der Regel die zu geringe Zugfestigkeit desselben Schuld; immerhin wirkt dieselbe auf der Unterseite nach Art einer Verankerung gegen Durchbiegung. Diese Sicherung wird vermindert, wenn man den Stein auf seiner Unterseite aushöhlt; es ist damit eben eine Schwächung des Querschnittes an derjenigen Stelle verbunden, wo das größte Biegemoment sich bildet. Deshalb ist die in Fig. 815 dargestellte, häufig angewendete Herstellungsweise der stichbogenförmigen Ueberdeckung unzweckmäßig; sie straft sich oft durch Eintreten von Rissen. Vortheilhaft muß dagegen die Verstärkung des Balkens nach oben (Fig. 816<sup>844</sup>) erachtet werden.

Zur Abkürzung der Spannweite können Kragsteine angewendet werden (Fig. 817<sup>844</sup>). Durch Vermehrung der Zahl derselben gelangt man zur vollständigen Ueberdeckung durch Auskragung (Fig. 818).

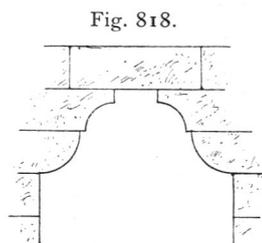


Fig. 818.

Kann man einen Steinbalken nicht so stark machen, daß er die zu erwartende Belastung mit Sicherheit zu tragen vermag, so muß man ihn, wie schon erwähnt wurde, entweder entlasten oder ihn durch untergelegte Eifenträger stützen.

Die Entlastung kann bei geringer Spannweite durch eine Hohlfuge bewirkt werden, wenn darüber ein genügend tragfähiges anderes Werkstück folgt (Fig. 819 u. 820).

Fig. 819.

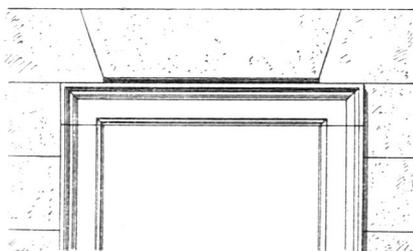
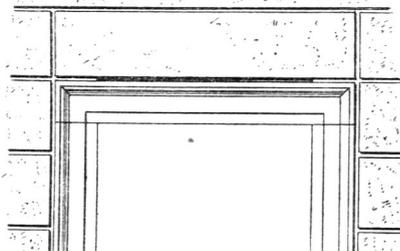


Fig. 820.



Ist dies nicht der Fall, so muß man zur Entlastung Auskragungen, Spannschichten, Bogen oder Eifenträger über dem Steinbalken anwenden.

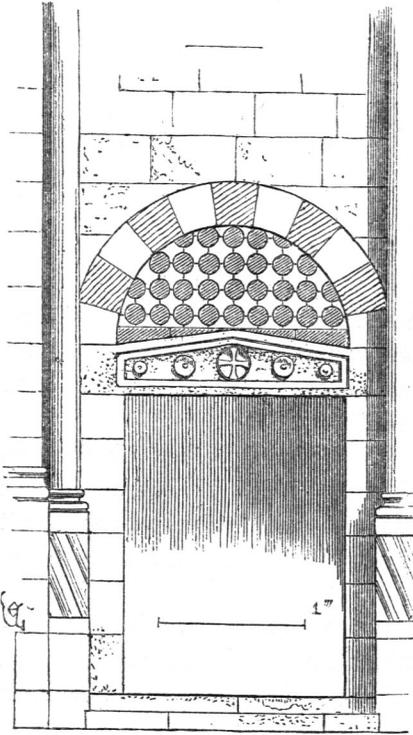
Wie die Entlastungs-Hohlfugen, so werden die beiden eben zuerst erwähnten Mittel namentlich bei Haufstein-Façaden benutzt.

Die Auskragung kann in der Weise ausgeführt werden, wie bei den pelagischen Thorbauten Griechenlands<sup>845</sup>), wobei die sich bildenden dreieckigen Oeffnungen durch eine verzierte Platte zu schließsen sind, oder so, wie bei der Mittelhalle der Propyläen auf der Akropolis zu Athen, wo über der Mittelöffnung der dorischen Säulenstellung das Epistyl dadurch entlastet wurde, daß man über den Säulen nach beiden Seiten bis zur Mitte der Säulen-Zwischenweiten übergreifende Stücke des Triglyphenfrieses anordnete<sup>846</sup>).

Unter Spannschichten sind gegen einander sich stemmende Werkstücke zu verstehen, welche die Belastung wie ein Bogen nach dem seitlich sich anschließenden

<sup>845</sup>) Siehe: Theil II, Band 1 (Art. 8, S. 24) dieses »Handbuches«.

<sup>846</sup>) Vergl.: BOHN, R. Die Propyläen der Akropolis zu Athen. Berlin u. Stuttgart 1882. S. 20.

Fig. 821<sup>847)</sup>.

Mauerwerk, das daher diesem Schube genügenden Widerstand bieten muss, übertragen. Nöthigenfalls kann über der Spannschicht noch ein Werkstück mit Hohlfuge verlegt werden (Fig. 822). Diese Construction ist nur bei geringen Spannweiten zweckmäfsig.

In vielen Fällen förrender für die architektonische Ausbildung, als die bisher besprochenen Anordnungen, aber vollkommener, sind die Entlastungsbogen. Sie können je nach Bedarf bei den Rohbauten aus Haufsteinen oder Backsteinen, beim Putzbau auch aus Bruchsteinen hergestellt werden. Sie bedürfen selbstredend eines genügenden Widerlagers. Verwendbar sind die verschiedensten Bogenformen; doch ist zu beachten, dass bei großer Pfeilhöhe sich durch die nothwendige Ausfüllung des Bogenfeldes wieder eine Belastung des Steinbalkens ergibt. Allerdings kann die Ausfüllung mit dünnen Platten oder Wänden, bei großer Mauerdicke mit eingeflossenem Hohlraum, bewirkt werden.

Fig. 821<sup>847)</sup> und Fig. 823 bis 827 zeigen einige Anordnungen des Entlastens durch Voll- oder Stichbogen aus Haufsteinen, bezw. Backsteinen. Die durch Fig. 827 mitgetheilte Entlastung durch einen flachen,  $\frac{1}{2}$  Stein starken Backsteinbogen, dessen Widerlager an den Steinbalken angearbeitet sind, hat geringen Werth, da ohne die Verchwächung der Steinbalken zur Gewinnung der Widerlager nahezu eben so tragfähig sein würde.

Fig. 822.

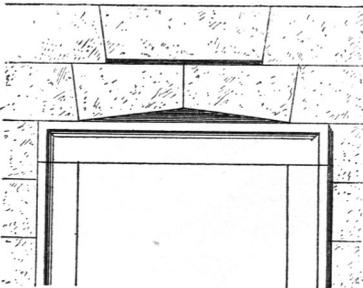


Fig. 823.

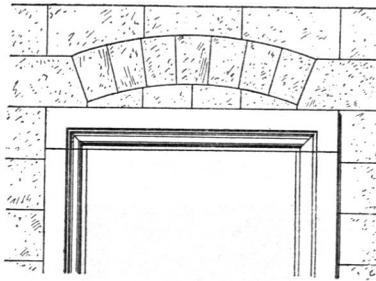


Fig. 824.

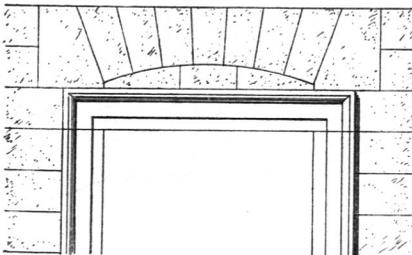


Fig. 825.

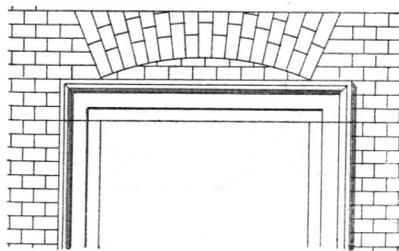


Fig. 826.

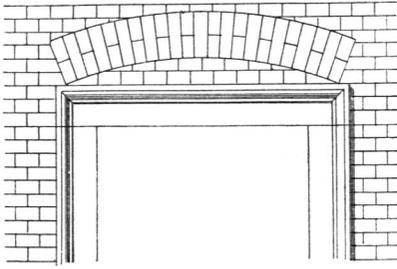
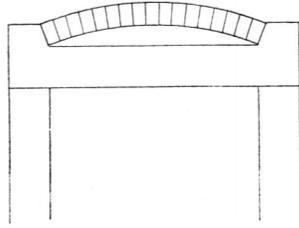


Fig. 827.



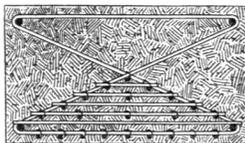
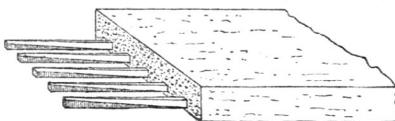
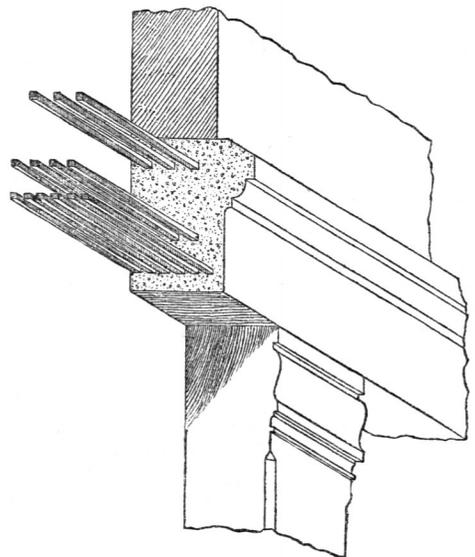
Bei den Spannweiten gewöhnlicher Thüren und Fenster genügen in der Regel 1 Stein starke Entlastungsbogen; bei größeren Spannweiten muß man sie  $1\frac{1}{2}$  Stein und stärker machen. Bei großen Spannweiten und starken Belastungen kann fogar eine Verdoppelung der Entlastungsbogen nöthig werden.

Der Raum zwischen Entlastungsbogen und Ueberdeckungsbalken ist eben so, wie derjenige der Entlastungsfugen und Spannflächen möglichst lange offen zu halten und erst während des Ausbaues leicht anzumauern, bezw. zu verputzen, damit durch die Ausfüllung beim Setzen des Gebäudes kein Druck auf die Steinbalken übertragen wird.

Die Entlastung der Steinbalken durch übergelegte Träger, so wie das Aufhängen der ersteren an letztere und die Unterstützung durch Eisenträger wird im nächst folgenden Hefte (unter D: Gefimfe) dieses »Handbuches« besprochen werden.

Zur Ueberdeckung von Oeffnungen wird an Stelle von Haufstein auch Beton, insbesondere bei Betonbauten verwendet, worüber in Art. 135 (S. 132) schon das Nöthige mitgetheilt worden ist.

403.  
Künstlicher  
Stein.

Fig. 828<sup>848)</sup>.Fig. 829<sup>848)</sup>.Fig. 830<sup>849)</sup>.Fig. 831<sup>850)</sup>.

<sup>848)</sup> Nach: Wavss, G. A. Das System Monier. Berlin 1887. S. 101.

<sup>849)</sup> Facf.-Repr. nach: *American architect*, Bd. 24, S. 159.

<sup>850)</sup> Facf.-Repr. nach ebendaf., S. 161.

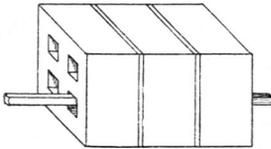
Für diesen Zweck läßt sich die Tragfähigkeit des Cement-Betons durch Eiseinlagen wesentlich verbessern. Diese Einlagen sind vorzugsweise in den unteren, auf Zug beanspruchten Hälften der Balken anzubringen und aus Drähten, Rundeisen, Flacheisen oder Quadrateisen herzustellen.

Bei den nach dem System *Monier* hergestellten Steinbalken werden durch Draht verbundene Rundeiseneinlagen benutzt, welche nach der in Fig. 828 u. 829<sup>848)</sup> 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. 830<sup>849)</sup> 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. 831<sup>850)</sup> 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 sein<sup>851)</sup>. Die Eisenstäbe sind am Ende des Balkens aufzubiegen.

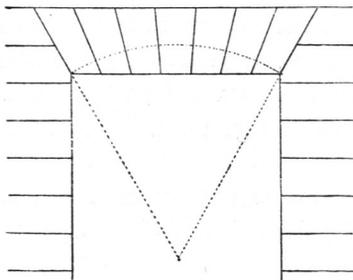
## 2) Ueberwölbung.

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 werden<sup>852)</sup>, 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.

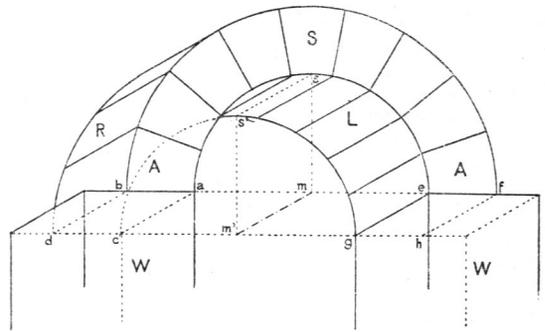
Eine zur Laibung winkelrechte, dabei loth-

<sup>851)</sup> Vergl.: Deutsche Bauz. 1889, S. 326.

<sup>852)</sup> 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 ( $S$ ) Schlusssteine 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 Schlussstein nach den Widerlagern fortgepflanzt wird. Alle übrigen am Bogen sichtbaren 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 Haufstein, Backstein, Bruchstein oder Beton hergestellt.

Bei den Bogen aus Haufstein 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 Nachstochern mit schmalen eisernen Schienen herbeizuführen sucht.

Nach *Rheinhard*<sup>853)</sup> 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 herstellen<sup>854)</sup>.

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

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

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

fauberer 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 Ausfügen 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 qcm<sup>855)</sup>.

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,

<sup>855)</sup> Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1887, S. 349.

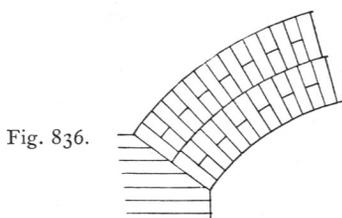


Fig. 836.

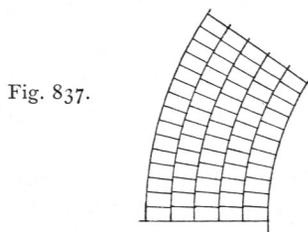


Fig. 837.

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 Verbande oder von Schalen- oder Rouladen-Bogen.

Obgleich diese Wölbweise schon von den Römern<sup>856)</sup> 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.

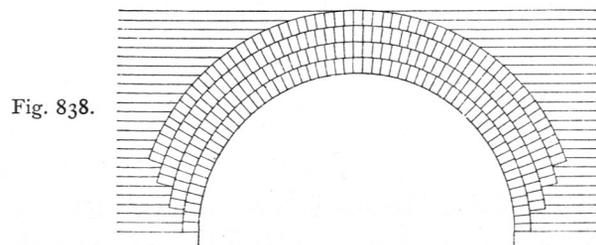


Fig. 838.

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).

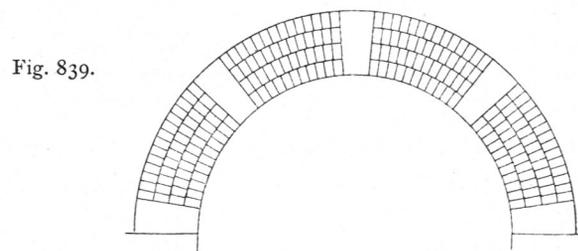


Fig. 839.

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

<sup>856)</sup> 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 nothwendig<sup>857)</sup>.

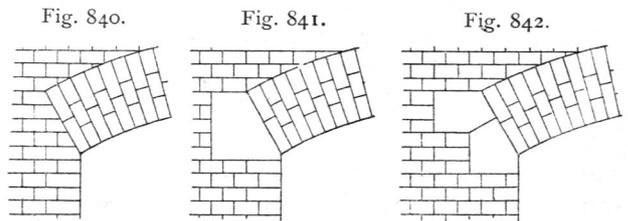
Das Wölben in Ringen wird mitunter auch bei Ausführung in Schichtsteinen gewählt, unterliegt dabei aber selbstredend denselben Bedenken und Vorrichtungsregeln, wie bei Backsteinen. Bei Anwendung von Quadern ist es immer zu umgehen.

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.

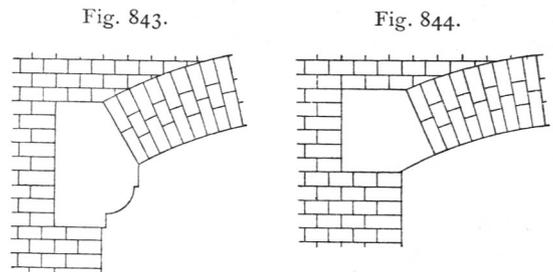
Da im Hochbau die Mauern fast immer in wagrechten Schichten aufgeführt werden, so ergibt sich im letzterwähnten Falle die Nothwendigkeit, zur Bildung der geneigten Widerlagsfläche die anstossenden Steine der Mauer schräg zuzuhauen

(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



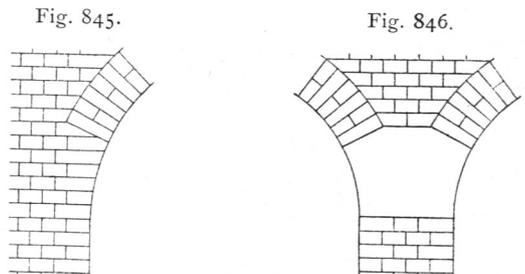
werden können. Um bei diesen Widerlagssteinen spitzwinkelige Kanten zu umgehen, hat man das untere Lager derselben tiefer als die Kämpferlinie zu legen.

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-



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

Fig. 847.

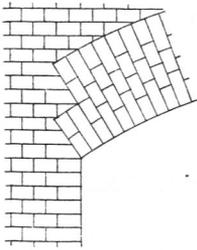
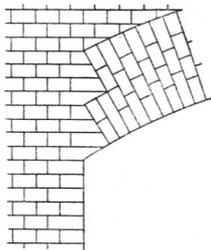


Fig. 848.



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.<sup>858</sup>) 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 Angaben<sup>859</sup>):

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 schiefechten 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 schiefechten Bogen nicht gern hinaus.

Damit die Stützlinie eines nicht überhöhten Bogens im mittleren Drittel desselben bleibe<sup>860</sup>), 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

<sup>858</sup>) 2. Aufl.: S. 246.

<sup>859</sup>) 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.

<sup>860</sup>) 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 <sup>861)</sup>:

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.

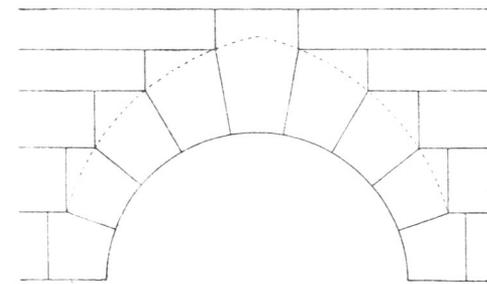
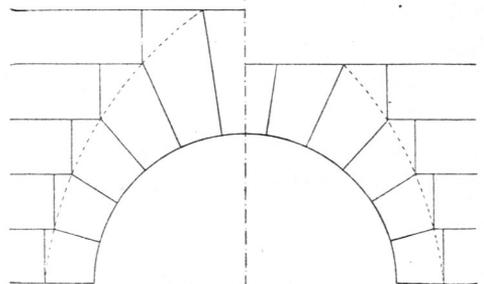


Fig. 850.



<sup>861)</sup> 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.

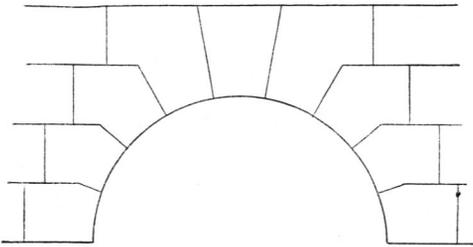
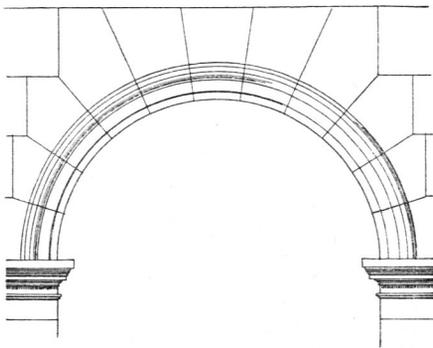


Fig. 852.



Vom Colosseum in Rom.

Fig. 853.

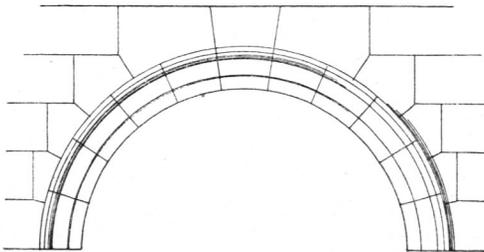


Fig. 854.

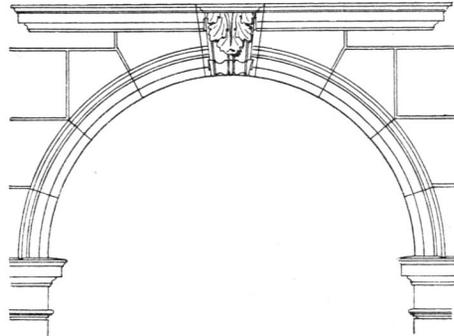


Fig. 855.

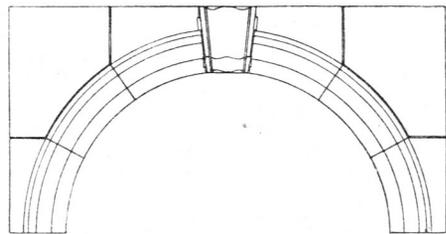
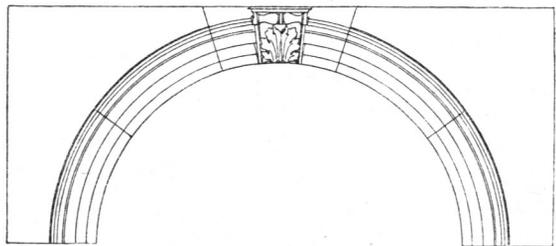


Fig. 856.



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.

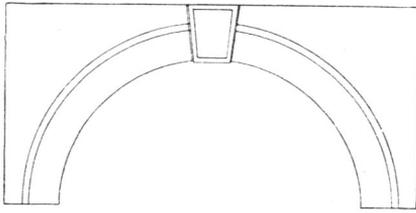


Fig. 858.

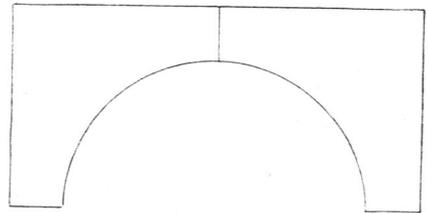


Fig. 859.

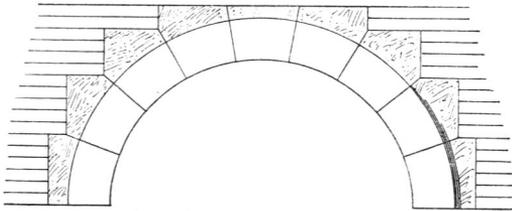


Fig. 860.

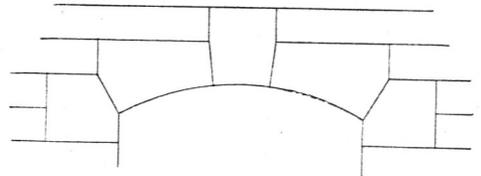


Fig. 861.

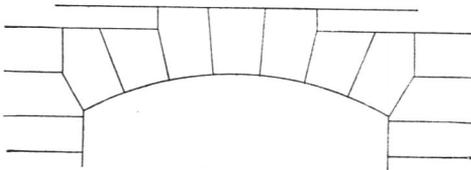


Fig. 862.

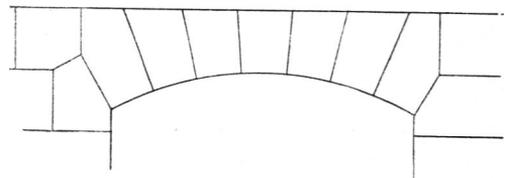


Fig. 863.

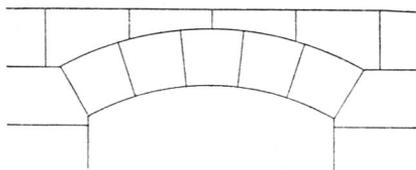
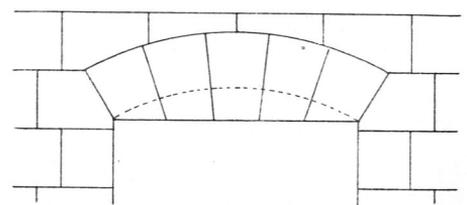


Fig. 864.



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 fein, 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.

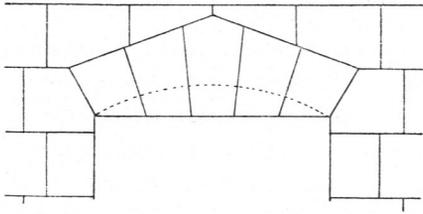


Fig. 867.

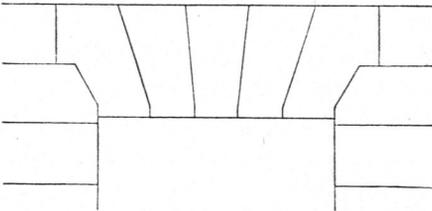


Fig. 869.

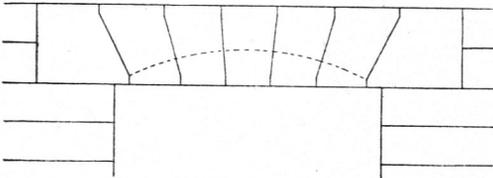


Fig. 866.

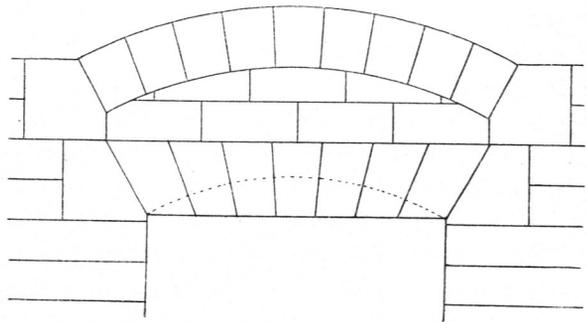
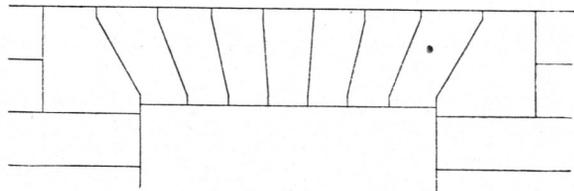


Fig. 868.



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 Auschluss 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 Mauer-  
schichten an den Bogenrücken nicht vermeiden. Flachen Stichbogen giebt man oft  
eine wagrechte Rückenlinie; auch  
verwendet man häufig besondere  
Widerlagsstücke aus Hauftein.  
Der scheinrechte Bogen wird ge-  
wöhnlich 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.

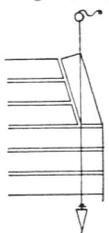
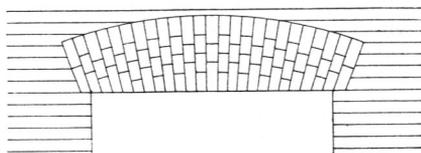
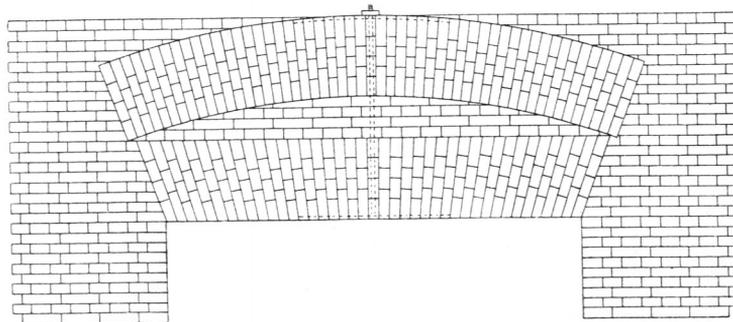
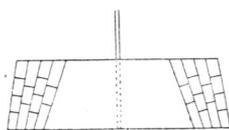
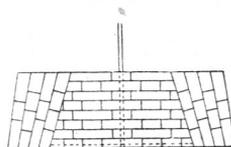


Fig. 871.



Verfärbungen können, wie bei Hauftein, durch bogenförmige Bildung des  
Rückens ausgeführt werden (Fig. 871). Bei Spannweiten über 2<sup>m</sup> hängt man den  
scheinrechten Bogen wohl auch an einen darüber gespannten Entlastungsbogen  
(Fig. 872<sup>862</sup>) und kann ihn dann unter Umständen aus zwei Bogen zusammensetzen,  
deren gemeinschaftliches Widerlager aufgehängt wird (Fig. 873 u. 874<sup>862</sup>). 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 Nach-  
ziehen des Hängeeifens gut möglich ist.

Fig. 872<sup>862</sup>.Fig. 873<sup>862</sup>.Fig. 874<sup>862</sup>.

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 Quaderbogen 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 schiefechten Bogen auf der Unterseite desselben ausgeführt werden (Fig. 875).

Fig. 875.

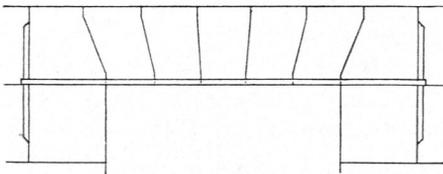


Fig. 876.

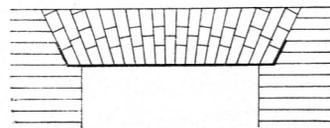


Fig. 877.

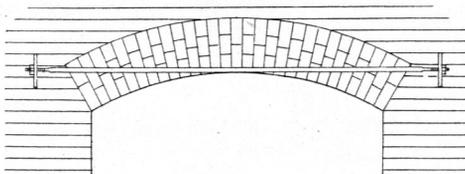
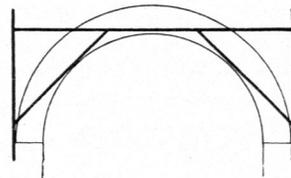


Fig. 878.



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 schaffen<sup>863</sup>). Namentlich ist

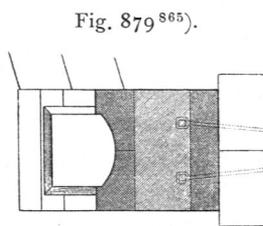
<sup>863</sup> Ueber das Verankern mit Bandeisen, den sog. Reifeisenverband, siehe den vorhergehenden Band (Art. 105, S. 84) dieses »Handbuchs«.

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 mufs<sup>864</sup>).

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. 880<sup>865</sup>). 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 wagrechten Stück ab beiderseits in zwei Theile. Fig. 880 zeigt noch die Befestigung des oberen Bandes des Gitterthorflügels.

Fig. 879<sup>865</sup>).

1/50 w. Gr.

Fig. 880<sup>865</sup>).

### 3) Ueberdeckung mit Holzbalken.

Zur wagrechten 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.

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

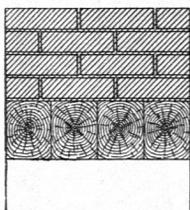
<sup>865</sup>) Facf.-Repr. nach: BEYAERT, H. *Travaux d'architecture etc.* Brüssel. Taf. 4.

werden sollte. Aber auch hier ist keine Verwendung auf diejenigen Fälle einzuschränken, wo keine Vergänglichkeit keinen umfangreichen Schaden anzurichten vermag. Zu beachten ist hierbei allerdings, daß bezüglich der Feuerficherheit die Aengstlichkeit oft zu weit getrieben wird, da die Erfahrung gelehrt hat, daß dicht neben einander liegende starke Hölzer dem Feuer ziemlich lange Widerstand leisten<sup>866)</sup>, und zwar länger als Eisen. Diese Widerstandskraft gegen Feuer wird im vorliegenden Falle dann um so mehr zu erwarten sein, wenn Mauerwerk unmittelbar über dem Holz folgt, Zugluft durch Lücken der mit demselben gebildeten Decke sich also nicht leicht bilden kann<sup>867)</sup>.

Die gebräuchlichste und einfachste Art der Ueberdeckung von Oeffnungen in massiven Mauern mit Holzbalken, den sog. Deckhölzern, ist die, dieselben dicht

416.  
Construction.

Fig. 881.



neben einander zu legen und wagrecht zu übermauern (Fig. 881). Die Hölzer müssen dabei selbstredend die der Belastung und Spannweite entsprechende Stärke und Auflagerfläche haben. Nach dem im vorhergehenden Artikel ausgesprochenen Grundsatz sollte aber diese Construction nur innerhalb bescheidener Grenzen ausgeführt, also namentlich nicht zur Unterstützung größerer Mauer Massen verwendet werden. Weniger bedenklich ist sie, wenn Oeffnungen wieder darüber folgen.

Sicherer geht man auch im letzten Falle, wenn man über dem Holze einen Bogen wölbt, dessen Widerlager aber gar nicht oder nur in geringem Maße auf dem Holze ruhen darf (Fig. 882); der Zwischenraum wird ausgemauert. In diesem Falle ist die Bedeutung des Holzes als Theil der Construction nur noch eine untergeordnete. Es bietet bloß das Mittel zur Bildung einer wagrechten Fläche, während

Fig. 882.

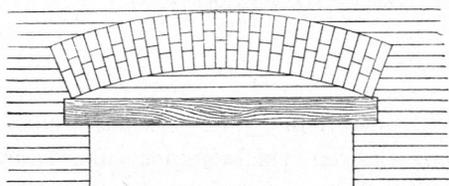
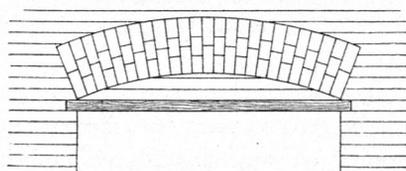


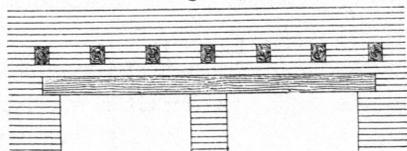
Fig. 883.



der Bogen die Belastung aufnimmt. Die Balken können hierbei durch Bohlen mit geringer Auflage gut ersetzt werden (Fig. 883); auch wird der Hohlraum über denselben nur außen leicht mit Mauerwerk geschlossen.

Ganz verwerflich ist die nicht selten zu treffende Anordnung, Holzbalken über mehrere Oeffnungen ohne genügende Unterbrechung hinwegreichen zu lassen (Fig. 884). Es sind dann auf beträchtliche Länge zwei über einander stehende Mauern durch eine vollständige Holzschicht getrennt und den daraus sich ergebenden Gefahren unterworfen. Dies kann durch

Fig. 884.



Ueberwölben der Hölzer mit Bogen nicht verbessert werden. Will man zur Ueberdeckung nahe bei einander liegender Oeffnungen Holz verwenden, so hat dies mit Bohlen in der vorhin besprochenen Weise zu geschehen.

<sup>866)</sup> Siehe Art. 189 (S. 222).

<sup>867)</sup> Vergl.: Theil III, Bd. 6 dieses »Handbuchs«, Art. 68, S. 71 (2. Aufl.: Art. 72, S. 83).

Fig. 885.

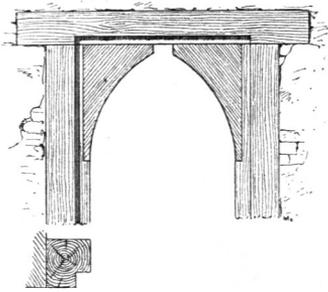
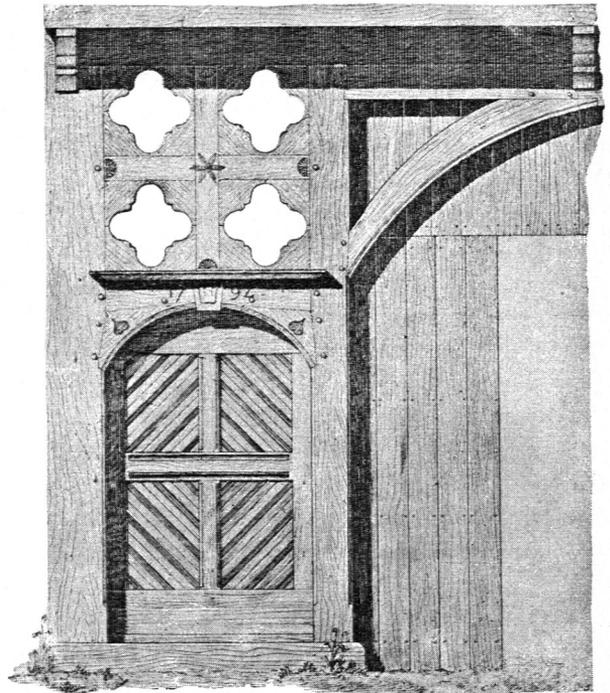


Fig. 886.



Von einem Haus in Ruftenhof  
bei Brakel<sup>868)</sup>.

Fig. 887.



Hofthor aus Münzenberg<sup>868)</sup>.

Die wagrechte obere Begrenzung der Oeffnungen in Holz-Fachwerkwänden ist schon in Art. 155 (S. 166) besprochen worden. Es ist dem hier hinzuzufügen, dass sich die Ueberdeckung durch Anbringen von geeignet geschnittenen oder krumm gewachsenen Kopfbändern leicht bogenförmig gestalten lässt, wie dies zumeist bei den Thüren älterer Fachwerkbauten, aber auch bei solchen von Maffivbauten (Fig. 885) zu finden ist. Die Kopfbänder geben zugleich eine gute Verstärkung der Deckriegel.

Diese Anordnung kann auch mit Vortheil bei der Ueberdeckung weit gespannter Oeffnungen angewendet werden, wo die eben erwähnte Verstärkung unerlässlich wird (vergl. Fig. 886 u. 887<sup>868)</sup>.

Fig. 888.

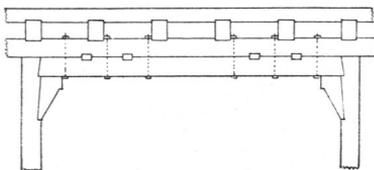
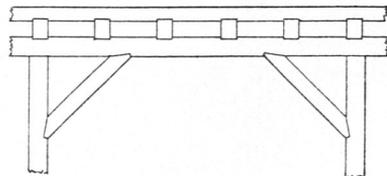


Fig. 889.



<sup>868)</sup> Facf.-Repr. nach: CUNO & SCHÄFER, C. Holzarchitektur vom 14. bis 18. Jahrhundert. Berlin.

Fig. 890.

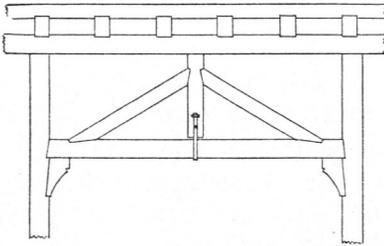
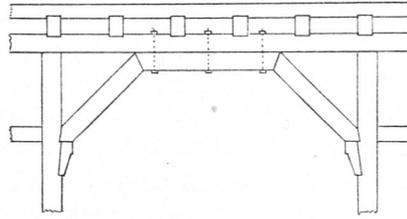


Fig. 891.



Diese Verftärkung ist allerdings auch noch auf mancherlei andere, wenn auch in der Regel weniger künstlerische Weise ausführbar; so z. B. durch Anordnen eines mit dem Rahmen verzahnten oder besser verdübelten Riegels (Fig. 888), dessen Enden durch Knaggen unterstüzt werden; oder durch gerade Kopfbänder (Fig. 889), welche den zur Ueberdeckung benutzten Wandrahmen stützen; oder durch Aufhängen des Riegels an einen über ihm angebrachten Hängebock (Fig. 890); oder durch Absprengen des Rahmens nach der in Fig. 891 angegebenen Weise. In allen diesen Fällen wird die ganze Last der über der Oeffnung befindlichen Bautheile und zum Theile auch ein Seitenschub auf die die Oeffnung begrenzenden Ständer übertragen, die dem entsprechend ausreichend kräftig zu machen sind.

#### 4) Ueberdeckung mit Eisenbalken.

Seit Einführung der Walzeisenträger werden durch diese sehr häufig Stein und Holz für die Ueberdeckung von Oeffnungen in Mauern ersetzt. Namentlich gilt dies für weit gespannte Oeffnungen, deren Anwendung die Festigkeit des Eisens bei geringer Masse sehr bequem ermöglicht. Durch das Walzeisen sind die früher für diesen Zweck verwendeten Gufseisenträger und Eisenbahnschienen fast ganz verdrängt worden.

417.  
Verwendung.

Das Eisen ist, unter der Voraussetzung eines guten Anstriches, unverhüllt im Freien benutzbar und kommt dadurch dem oft betonten Grundsatz, das Material in der Construction zum Ausdruck zu bringen, entgegen. Allerdings widerspricht dies der beim Eisen nothwendigen Fürsorge für den Schutz gegen Feuer, dem es bekanntlich keinen langen Widerstand leistet. Ist dieser Schutz bei der Verwendung des Eisens an den Façadenflächen auch nicht von zu großer Wichtigkeit, so ist er dies um so mehr im Inneren der Gebäude, wo daher trotz ästhetischer Bedenken, die jedoch zu allermeist nicht getheilt werden, von einer gegen starke Erhitzung sichernden Bekleidung immer Gebrauch gemacht werden sollte.

Solche Bekleidungen können in Mauerwerk oder Drahtumwickelungen und Putz, *Rabitz*-Putz, Terracotta oder Formsteinen bestehen. Die oft gewählte Verkleidung mit Holz entspricht der Forderung nach Feuerficherheit nicht<sup>869)</sup>.

Wo es geht, sucht man mit Walzträgern von I-Form auszukommen und macht nur bei sehr weiten Oeffnungen von genieteten Trägern Gebrauch.

Die Ueberdeckung mit Eisenträgern ist sehr einfach auszuführen; doch erfordert sie namentlich Sorgfalt in der Auflagerung derselben. Gern verwendet man dafür feste Werkstücke und über diesen gewöhnlich in Cement-Mörtel (10 bis 15 mm stark)

418.  
Construction.

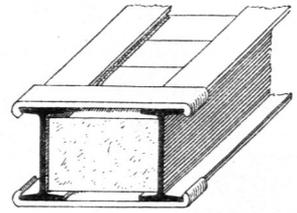
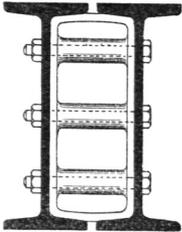
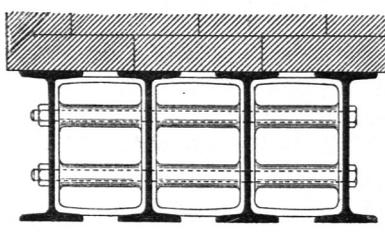
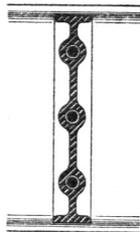
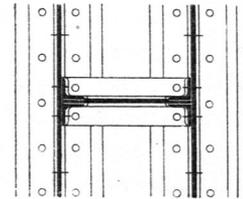
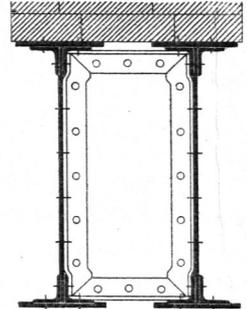
<sup>869)</sup> Auf diese Bekleidungen wird in Theil III, Band 2, Heft 3 (Abth. III, Abchn. 2, A: Balkendecken) näher eingegangen werden. Außere Holzverkleidungen eiserner Träger werden im nächsten Hefte (Abchn. 1, D, Kap. 20, unter g, Art. 182: Frei tragende Gefimfe) besprochen werden.

gelegte Gufseisenplatten, über deren Gestalt und Berechnung Art. 316 u. 317 (S. 216) des vorhergehenden Bandes nachzusehen sind.

Nur bei ganz dünnen Wänden begnügt man sich mit einem Träger von I-Eisen; sonst verwendet man immer mindestens zwei derselben neben einander, um genügende Seitensteifigkeit zu erhalten. Bei starken Mauern hat man so viele Träger zu verlegen, als zur gleichmäßigen Auflagerung des darüber folgenden Mauerwerkes erforderlich ist.

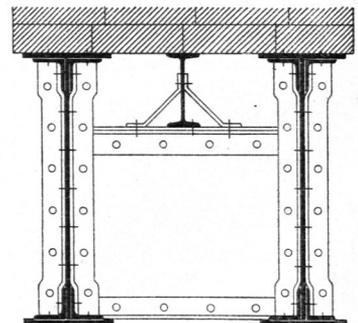
Die gekuppelten Träger sind mit einander zu verbinden. Es kann dies nach einer der in Art. 221 (S. 269) angegebenen Weisen mit umgelegten Bändern und Kreuzspreizen oder mit Stehbolzen geschehen; doch kann dies auch mit Klammern (Fig. 892) oder einfachen Schraubenbolzen erfolgen, wenn der Zwischenraum mit Backsteinen ausgerollt oder mit Beton ausgefüllt wird. Durch diese Ausfüllung wird das Eigengewicht der Construction in nicht unbeträchtlicher Weise erhöht; auch ist

Fig. 892.

Fig. 893<sup>870)</sup>.Fig. 894<sup>870)</sup>.Fig. 895<sup>870)</sup>.

sie nur bei ausreichendem Abstände der Träger ausführbar. Man muß daher von derselben oft absehen und kann dann zur Verbindung und Aussteifung der gekuppelten Träger Gufseisenstücke von der in Fig. 893 u. 894<sup>870)</sup> dargestellten Form in Abständen von etwa 2 m, an den Enden beginnend, verwenden. Es ist diese Verbindungsweise besser, als die mit einzelnen Stehbolzen, welche das Schiefstellen der Träger nicht verhindern können, weshalb man bei sorgfältigeren Ausführungen statt der Röhren größere Gufstücke und bei höheren Trägern auch nicht nur eine, sondern zwei oder drei Schraubenbolzen anwendet.

Ist man genöthigt, zu genieteten Trägern zu greifen, so kommt man auch bei starken Mauern zu meist mit zwei derselben aus, die dann am einfachsten ebenfalls genietete Querverbindungen erhalten (Fig. 895<sup>870)</sup>, wenn der Zwischenraum das Einbringen von Nieten oder Schrauben zwischen den Gurtungen gestattet. Ist dies nicht möglich, so bringt man an jedem der Träger die Hälfte einer Querverbindung an und zieht die Träger durch Schraubenbolzen zu-

Fig. 896<sup>870)</sup>.

fammen. Bei sehr weitem Trägerabstande kann man das darüber folgende Mauerwerk nach der in Fig. 896<sup>870</sup>) angegebenen Weise unterstützen. Die Querverbindungen werden etwa in der doppelten Entfernung, wie die Aussteifungswinkel der Blechwände angebracht, und an den Enden bedient man sich am zweckmäßigsten quer vorgeneteter Blechtafeln.

Den zur Ueberdeckung einer Oeffnung verwendeten, neben einander liegenden Walzträgern giebt man häufig das gleiche Profil, auch wenn sie in verschiedener Weise beansprucht sind, wie z. B. durch seitlich anstoßende Decken-Constructionen, oder bei einseitiger Verschwächung der darüber befindlichen Mauer, oder bei ungleicher Spannweite. Man verläßt sich dabei auf die Uebertragung der Last von einem Träger auf den anderen. Besser ist es aber jedenfalls, jeden der Träger nach der ihm zukommenden Belastung zu berechnen und zu bemessen. Sie können dabei immerhin in der gleichen Höhe aufgelagert werden, wenn davon nicht wegen der besonderen Bestimmung der Oeffnung, z. B. bei Schaufenstern und Thoren zur Bildung des Anchlages, Abstand zu nehmen ist.

Zur Vermeidung zu großer Durchbiegungen ist den Trägern mindestens  $\frac{1}{20}$  ihrer Spannweite zur Höhe zu geben; auch müssen sie vor ihren Enden im Mauerwerk einen Spielraum von  $\frac{1}{100}$  der Länge erhalten, um die ungehinderte Ausdehnung im Brandfalle zu gestatten. Bei genieteten Trägern ist in dieser Beziehung Rücksicht auf die an den Enden angebrachten Aussteifungswinkel zu nehmen.

### c) Untere Begrenzung.

Die in Art. 394 (S. 463) schon andeutungsweise besprochene Bildung der unteren Begrenzung der Oeffnungen würde, da auf dieselbe im nächsten Kapitel ausführlicher zurückzukommen sein wird, hier keinen Anlaß zu Erörterungen bieten, wenn dieselbe nicht in der gewöhnlichen Art der Ausführung von Bedenken allgemeiner Natur begleitet wäre.

Die Last der Mauer über einer Oeffnung wird durch die Ueberdeckung derselben auf ihre seitlichen Begrenzungen übertragen und dadurch in und unter den letzteren ein Setzen des Mauerwerkes hervorgerufen, an dem dasjenige unter der Oeffnung nicht theilnimmt, da es nicht belastet ist. Daraus ergibt sich ein Druck von unten auf die untere Begrenzung der Oeffnung, welchem diese häufig nicht gewachsen ist und daher entweder leicht zerbricht oder bei der Herstellung aus kleinen Steinen ein unregelmäßiges Gefüge aufweist.

Um diesen Uebelständen zu begegnen, ist es daher nothwendig, auf die Construction der unteren Begrenzung dieselbe Sorgfalt, wie auf die der oberen zu verwenden und Anordnungen zu treffen, durch welche die von unten nach oben gerichteten Drücke ebenfalls auf die seitlichen Begrenzungen der Oeffnung übertragen werden. Man sollte daher an dieser Stelle, wie bei den Ueberdeckungen, entweder starke Steinbalken oder Entlastungen derselben oder Bogen oder hölzerne, bzw. eiserne Balken in Anwendung bringen. Die häufig daselbst benutzten Haufsteinbänke werden aus Sparfamkeit oft nur schwach gemacht und sind daher leicht dem Zerbrechen ausgesetzt. Das Anbringen von weiten Entlastungsfugen unter ihnen ist in Folge dessen, wenn die Enden eingemauert sind, ganz besonders geboten. Aus Vorsicht legt man sie oft frei zwischen die Pfeiler (Streifbänke); sie haben dann aber keine ganz gesicherte Lage und sind Verschiebungen unterworfen.