

Hätte man $H_1 = 0,56 \cdot 1,5 = 0,84 \text{ qm}$ in Betracht gezogen, so würde auch hierfür die Gewölbstärke gleich 1 Stein fein. Die normalen Kämpferdrücke erfordern im vorliegenden Falle keine größeren Stärken.

Die Fußfläche des Pfeilers wird von einem lothrechten Drucke $oq = 3,3 \cdot 1,5 \cdot 1 = 4,95 \text{ cbm}$ getroffen. Bei der Lage des Angriffspunktes desselben in q für die Maximal-Drucklinie in G_1 , welcher nahezu mit dem Schwerpunkte der Fußfläche von $0,5 \text{ m}$ Breite und 1 m Tiefe zusammenfällt, ergibt sich die Beanspruchung der Steine an der Grundfläche bei einem Eigengewicht von 1600 kg für 1 cbm zu $\frac{4,95 \cdot 1600}{100 \cdot 50} = 1,58 \text{ kg}$ für 1 qcm .

Liegt der Angriffspunkt der Gesamtt-Resultirenden aller Drücke des Systemes in der Kräfteebene in einer Hauptaxe der Grundfläche des Widerlagers im Abstände ξ vom Schwerpunkte dieser Grundfläche, so ist für einen Punkt C im Abstände z von diesem Schwerpunkte die Spannung N nach der Gleichung¹⁶⁸⁾

$$N = \frac{P}{F} \left(1 + \frac{F \xi z}{\mathcal{I}} \right)$$

zu bestimmen. Hierin bezeichnen P die gegebene lothrechte Kraft, F die Querschnittsfläche und \mathcal{I} das Trägheitsmoment, bezogen auf eine Schwerpunktsaxe, welche rechtwinkelig zur Hauptaxe steht, worin der Angriffspunkt o von P liegt.

Sind hier b die Breite des Pfeilers mit rechteckiger Grundfläche und t die Tiefe desselben, so ist $\mathcal{I} = \frac{1}{12} t b^3$ für die zu der Seite t parallel genommene Schwerpunktsaxe. Alsdann ist $F = b t$, und man erhält

$$N = \frac{P}{t b} \left(1 + \frac{12 \xi z}{b^2} \right).$$

Nach der Zeichnung ist $b = 50 \text{ cm}$ und $t = 100 \text{ cm}$; P ergibt sich zu $4,95 \cdot 1600 = 7920 \text{ kg}$. Liegt der bezeichnete Angriffspunkt von P im Abstände $\xi = \frac{b}{2}$, also in w und ist dann für die Kantendruckung N der Abstand z ebenfalls gleich $\frac{b}{2}$, so wird

$$N = \frac{7920}{100 \cdot 50} \left(1 + \frac{12 \cdot 25 \cdot 25}{25 \cdot 25} \right) = \approx 20,6 \text{ kg für } 1 \text{ qcm}.$$

Diese Beanspruchung ist für Backsteinmaterial viel zu groß, und es müßte dieserhalb für das Widerlager eine größere Breite oder festeres Material angenommen werden. In jedem Falle ist es zweckmäßiger, die Breite des Widerlagers zu vergrößern, damit schon für dasselbe eine Mittellinie des Druckes eintreten kann, welche für den Gewölbdruck des großen Gewölbes thunlichst nur abhängig gemacht wird von einem Kämpferdrucke des kleinen Gewölbes, welcher durch die Minimal-Drucklinie für H_0 bedingt ist und wobei alsdann die Drucklinie im Widerlager im inneren Drittel seiner lothrechten Fläche bleibt.

c) Ausführung der Tonnengewölbe.

Zur Ausführung der Tonnengewölbe werden im Allgemeinen wesentlich Backstein, Bruchstein und, wenn auch in weniger häufigen Fällen, Quader (Werkstücke, Haufsteine) als Hauptbaustoffe benutzt, je nachdem in den einzelnen Gegenden dieses oder jenes von den genannten Materialien als vorherrschendes zur Verfügung steht und je nachdem die Durchbildung der als Tonnengewölbe ausgeführten Decke eines Raumes in architektonischer Beziehung mehr oder weniger reich, mehr oder weniger gegliedert in die Erscheinung treten soll. Waren in frühester Zeit die Tonnengewölbe bei der Decken-Construction über größeren Räumen von hohem Werthe und in ihrer Ausführung oft so kühn behandelt, daß die Reste derselben noch heute die Bewunderung der Kunst- und Sachverständigen, ja jedes gebildeten Menschen wach rufen, so ist nach weiterer Entwicklung des Gewölbbaues überhaupt doch die Anwendung des Tonnengewölbes zur Ueberdeckung größerer Räume, um als wichtiger Factor bei monumentalen Bauwerken aufzutreten, mehr und mehr in den Hinter-

148.
Allgemeines.

¹⁶⁸⁾ Siehe: Theil I, Band 1, zweite Hälfte (Gleichung 50 auf S. 273; 2. Aufl.: Gleichung 69 auf S. 86) dieses Handbuchs.

grund getreten, so dafs heute, mit wenigen, ja vereinzelt da stehenden Ausnahmen, Tonnengewölbe bei Werken des Hochbaues nur zur Ueberdeckung von Kellerräumen, Treppenhäusern, Durchfahrten und, wenn es höher kommt, von Eingangshallen Verwendung finden.

149.
Mauerung
der Tonnengewölbe.

Bei der Mauerung der Tonnengewölbe gelten, ganz abgesehen davon, ob als Wölbmaterial Backstein, Quader oder Bruchstein in Anwendung kommen, zuvor die Sätze, dafs:

1) in der Stirnfläche des Gewölbes eine ungerade Anzahl vom Schlussstein aus symmetrisch geordneter und gleich gestalteter Steine auftreten, welche durch Lagerfugen geschieden sind, die in erster Linie, als einem Hauptverbände zukommend, Ebenen angehören, welche senkrecht zur Laibungsfläche des Gewölbes und senkrecht zur Stirnfläche des Gewölbes stehen;

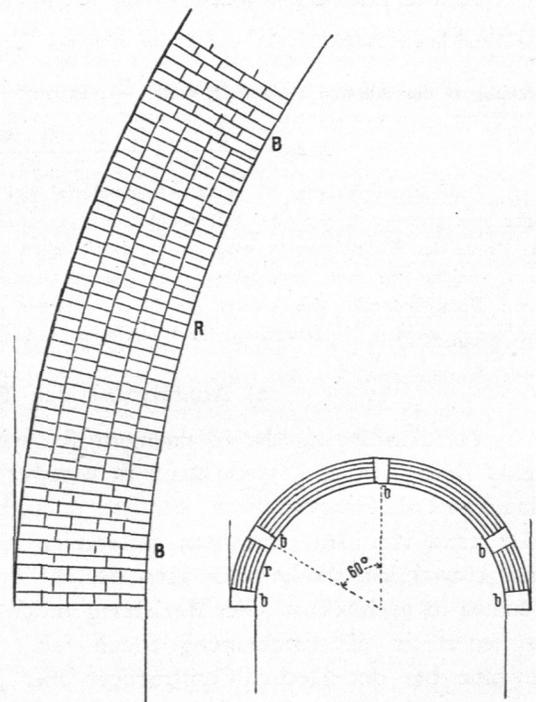
2) dafs ferner die Stofsflächen zwischen den Wölbsteinen in Ebenen liegen, welche senkrecht zur Laibungsfläche und senkrecht zur Gewölbaxe gerichtet sind, doch so, dafs dabei die Stofsflächen der benachbarten Wölbchichten oder Wölbcharen auf Verband angeordnet sind, und

3) dafs endlich, wenn das Gewölbe eine gröfsere Stärke erhält, als dafs für jede Schicht ein einziger Stein ununterbrochen von der inneren Laibung bis zur Rückenlinie durchtreten kann, in diesem Falle in jedem senkrecht zur Gewölbaxe genommenen Gewölbschnitte (Stirnschnitt) die einzelnen Wölbcharen auch hier einen regelrechten Mauerverband aufweisen.

Werden aus besonderen Veranlassungen bei gröfsere Gewölben mit erheblicher Gewölbstärke bei Verwendung von Backsteinen oder kleineren Bruchsteinen mehrere über einander liegende Gewölberinge, sog. Rollschichten, für die Erzielung der erforderlichen Gewölbstärke in Ausführung genommen, so ist es dringend erforderlich, die Gewölbstärke jedes einzelnen Ringes so zu bestimmen, dafs bei n Ringen jeder Ring $\frac{1}{n}$ der Gesamtbelastung zu tragen vermag und dafs nach Fig. 314 an den gefährlichen Stellen b , bzw. B des Gewölbes, also im Scheitel, in den Bruchfugen oder in ihrer Nähe und am Kämpfer durchgehende in regelrechtem Verbände ausgeführte Schichten eingefügt werden, zwischen welchen die Ringe r , bzw. R für sich ausgemauert werden.

Ist bei den Untersuchungen des Gleichgewichtszustandes der Tonnengewölbe im Allgemeinen auf die innigere Verbindung der Wölbsteine durch Mörtel keine Rücksicht genommen, vielmehr vorausgesetzt, dafs ein Gewölbe schon an sich in

Fig. 314.



150.
Mörtel.

jedem befonderen Falle stabil und tragfähig fein foll, ohne dafs ein von der Wirkung des die Steine mehr oder weniger gut verkittenden Bindemittels, des Mörtels, abhängiger Factor von vornherein mit in Rechnung gestellt wird, fo ift doch bei der praktifchen Ausführung der Tonnengewölbe, wie der Gewölbe überhaupt, auf eine zweckmäßige Verwendung guten, mit Sorgfalt bereiteten Mörtels Bedacht zu nehmen, da hierdurch felbftredend ein erhöhter Sicherheitsgrad für den Gewölbkörper erzielt wird.

Im Gewölbepbau kommen entweder Luftmörtel, Kalkmörtel allein oder hydraulifcher Mörtel, Cement für fich oder endlich, und zwar mit grofsem Vortheil benutzbar, der fog. verlängerte Cementmörtel, d. i. ein Gemifch aus Cementmörtel und Kalkmörtel, zur Verwendung. Für Gewölbe, welche durchgängig aus Schnittfteinen oder Quadern hergerichtet werden, tritt die Verbindung der Steine durch Mörtel mehr in den Hintergrund, während die richtige Formgestaltung, Lagerung und Verbandanordnung der Wölbsteine vorwiegend in Betracht gezogen werden müffen. Aus diefem Grunde befchränkt fich die Mörtelgabe bei Quadergewölben vielfach beim Verfetzen der Steine zunächft nur auf ein ganz dünnes Befstreichen der Lagerflächen mit fog. Weifskalk (gelöfchter Kalk ohne Sandzufatz), um hierdurch in erfter Linie die noch bei der Bearbeitung der Steine etwa verbliebenen geringfügigen Unebenheiten der Flächen auszugleichen, und fodann, nach der Fertigftellung des Gewölbes, auf das Vergiefen der Fugen mit dünnflüffigem, nicht zu fchnell erhärtendem Mörtelbrei.

Zu beachten ift, dafs die Gewölbanfänger, wenn diefelben vorgekragt werden, ohne Weiteres gleich mit dem Gefchofs, bezw. Widerlagsmauerwerk in regelrechtem Verbande und bei Backstein- oder Bruchsteinmauerwerk am zweckmäßigften mit Verwendung von verlängertem Cementmörtel ausgeführt werden. Zu diefem Mörtel benutzt man vortheilhaft das Gemifch von 1 Raumtheil Kalkmörtel, im Mifchungsverhältnifs 1 Theil gelöfchten Kalk, 3 Theile reinen fcharfkörnigen Mauerfand und 1 Raumtheil Cementmörtel, im Mifchungsverhältnifs von 1 Theil Cement und 3 Theilen reinen Flußfands, bezw. Mauerfands, oder auch ein Gemifch von 2 Raumtheilen des bezeichneten Kalkmörtels und 1 Raumtheil des angegebenen Cementmörtels. Ein inniges Mengen beider Mörtelarten ift vorzunehmen.

Es ift rathfam, Gewölbe von gröfserer Spannweite oder stark zu belastende Gewölbe, welche aus Backsteinmaterial (volle Backsteine oder Lochsteine) oder aus Bruchstein ausgeführt werden, immer mit verlängertem Cementmörtel, unter Umständen auch mit Cementmörtel allein herzustellen.

Im Hochbauwesen erfolgt die Ausführung der Gewölbe am besten erft dann, wenn fich für den Gewölbkörper die Einwirkung von Niederfchlägen beim Vorhandenfein der Ueberdachung des Bauwerkes nicht mehr geltend machen kann.

Erheifchen befondere Umstände eine frühere Herftellung der Gewölbe, fo find diefelben nach ihrer Vollendung mit einer genügend starken Sandfchüttung zu überwerfen und hierauf noch mit einer aus Dachpappe oder dergl. bestehenden Schutzdecke zu verfehen, damit etwa auf das Gewölbe herabfallende Bautheile daffelbe nicht durchfchlagen und damit ferner das auf das Gewölbe kommende Regenwaffer nicht nachtheilig wirken kann. Damit das letztere in geeigneter Weife abfliefen und fchließlich fachgemäß fortgeleitet werden kann, find unter Berücksichtigung von Gefälle in den Gewölbzwickeln an einem Punkte oder bei langen Gewölben an mehreren Stellen Abflußöffnungen von etwa 12^{cm} Länge und Breite, bezw. 25^{cm}

Länge und 12 cm Breite anzulegen, durch welche einseitig Abflusnröhren geführt werden.

152.
Rüftungen.

Die Einwölbung der Tonnengewölbe erfolgt, gleichgiltig welches Material dabei zur Verwendung gelangt, auf besonderen, meistens aus Holzwerk angefertigten, möglichst leicht aufzustellenden und nach der Benutzung auch möglichst mühelos wieder zu lösenden Rüftungen.

Von der gesamnten Rüftung sind die Rippen oder Rüftbogen die wesentlichsten Bestandtheile. Für kleinere Gewölbe werden zu diesen Rippen einfache Wölbseiben oder auch einfache Lehrbogen benutzt, während hierfür bei größeren Gewölben trägerartige, aus entsprechend starken Hölzern abgebundene Zimmerwerke, die fog. Lehrgerüste, zur Anwendung kommen.

Die einfachen Wölbseiben bestehen nach Fig. 315 aus zusammengefügtten Brettern von 30 bis 35 mm Stärke, welche oben nach der Wölblinie gefchnitten, sonst nur durch seitlich aufgenagelte Leisten von 15 bis 20 cm Breite und 30 bis 50 mm Stärke mit einander verbunden sind.

Bei den einfachen Lehrbogen (Fig. 316) sind bei stärkerer Ausführung zwei neben einander liegende Brettstücke von 30 bis 35 mm Stärke zu einem, der Wölblinie angepassten Wölbkranz vereinigt. Dieser Wölbkranz erfährt weiter durch Leisten oder Bretter, welche strahlenförmig von einem wagrechten Grundbrett ausgehen, eine Absteifung und Befestigung.

Einen einfachen Lehrbogen, welcher jedoch schon den Uebergang zu den Gerüstbogen eines Lehrgerüftes bildet, zeigt Fig. 317. Hierbei ist der aus etwa 5 cm starken, 1,5 m bis höchstens 3,0 m langen Bohlen angefertigte Wölbkranz *a* mit der Schwelle *b* durch einzelne Pfoften *c* in kräftige Verbindung gebracht.

Fig. 315.

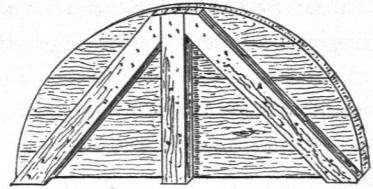


Fig. 316.

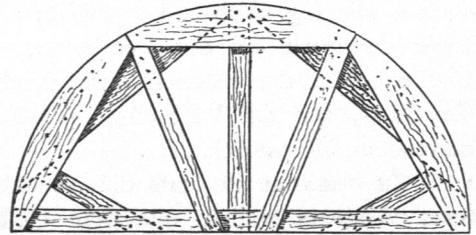
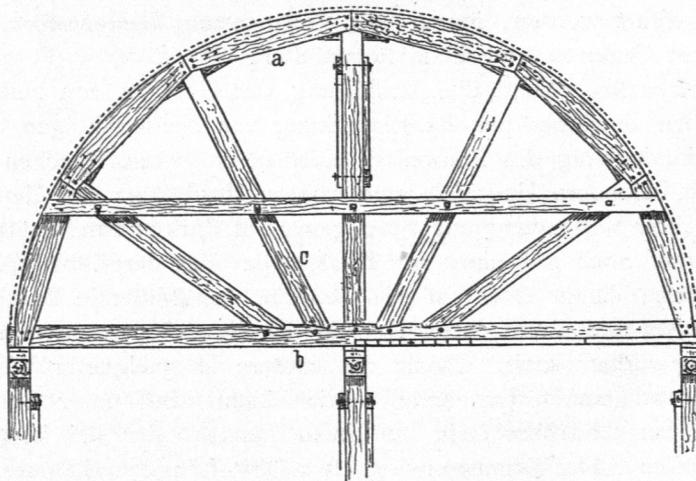
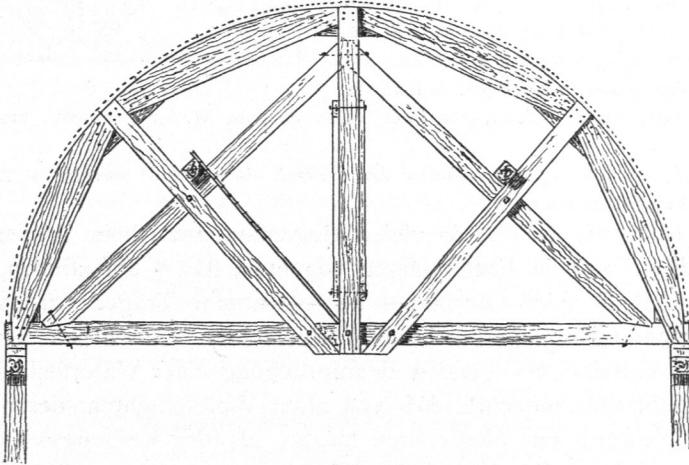


Fig. 317.



Bei größeren Lehrgerüften ist das Holzwerk der Rippen so zu ordnen, daß möglichst unverfchiebbare Dreiecksverbindungen entstehen. Zwischen die Berührungsflächen derjenigen Verknüpfungspunkte, bei welchen durch die Belastung der Rüst-

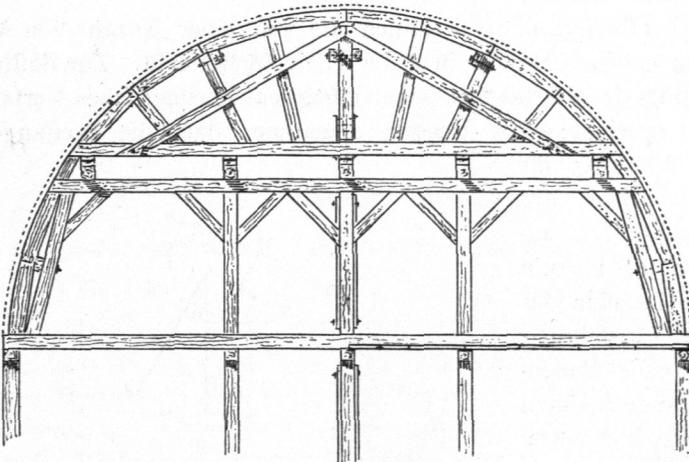
Fig. 318.



bogen die Hölzer sich leicht in einander pressen können, sind zweckmäßig dünne Streifen aus Weis-, Zink- oder Kupferblech zu legen.

Meistens werden derartige Rüstbogen als Häng- und Sprengwerke mit durchgehender wagrechter Schwelle construiert. Seltener sind im Hochbauwesen die ge-

Fig. 319.



sprengten Gerüste, deren Streben unmittelbar nach dem Widerlager, bezw. nach dem Fußboden des zu überwölbenden Raumes geführt werden. In Fig. 318 u. 319 sind Rippen mit durchgehender Schwelle und darüber befindlichem Streben- nebst Hängfäulen-System dargestellt. In Fig. 320 ist eine Rüstbogen-Construction gegeben,

bei welcher in den Randhölzern a radial gerichtete Stäbe b zur Aufnahme gebogener Latten c dienen, welche dann die 2,0 bis 2,5 cm starke Schalung aufnehmen.

Die Stäbe oder Speichen b sind rund, besitzen einen Durchmesser von 5 bis 8 cm und werden unten etwas zugespitzt, in 3 bis 5 cm weite, 10 cm tiefe Löcher gefeckt, welche in den Randhölzern a in Entfernungen von etwa 40 cm vorgebohrt werden. Die auf dem Kopfe der Stäbe mit Nägeln befestigten, etwa $2 + 4$ cm starken Latten werden vor ihrer Verwendung in Waffer gewiecht, um dadurch leichter biegsam zu werden.

Die Schwellen, Pfosten und Randhölzer sind vielfach als Rundholz von 15 bis 22 cm Durchmesser ohne weiteres Befchlagen gelassen.

Diese Lehrbogen, welche in vielen Gegenden am Rhein Anwendung finden, sind für die Einwölbung in Entfernungen von etwa 0,60 m aufzustellen.

Sollen die Rüst- oder Lehrbogen als eigentliche Träger der nach und nach von den Bogenanfängen aufgebrachtten Wölbchichten hinsichtlich ihrer durch das Gewicht der Wölbsteine erfolgenden Beanspruchung einer Unterfuchung unterzogen werden, so ergibt sich zunächst, dafs von allen Wölbchichten, deren Lagerflächen eine geringere Neigung zur Wagrechten haben, als der Reibungswinkel des Wölbmaterials beträgt, kein Druck auf den Tragbogen ausgeübt wird. Sodann aber ergibt sich weiter, dafs eine Wölbchicht, deren Lagerfläche in ihrer Neigung diesen Reibungswinkel überschreitet, abgleiten würde und nur durch ihre vom Rüstbogen getragene Unterlagerung hieran verhindert wird. Diese Wölbchicht erzeugt also einen Druck für den Rüstbogen. Verfolgt man jede weitere Wölbchicht bis zur Scheitelschicht, so ergibt sich ein fortwährendes Steigen der Gröfse der einzelnen Drücke der Wölbchichten und erst nach dem vollständigen Schlusse des Gewölbes kann, da das Gewölbe alsdann frei für sich bestehen soll, die Entlastung der Rüstbogen sich geltend machen.

Für den Rüstbogen selbst kommen die von einer Anzahl von Wölbchichten hervorgerufenen gröfsten Drücke in erster Linie in Betracht. Zur Bestimmung dieser gröfsten Belastung des Rüstbogens benutzt man ein zeichnerisches Verfahren, welches jedoch unter der nicht ganz strengen Annahme, dafs die Pressungen immer in winkelrechter Richtung für den Rüstbogen wirken, nur als Näherungsverfahren anzusehen ist. Da die Theorie der Rüstbogen indessen für die praktische Ausführung keine hervorragende Bedeutung hat, dieselbe auch einem anderen, als dem hier betretenen Gebiete angehört, so möge nur das gewöhnliche Verfahren angegeben werden, welches zur Ermittlung des an irgend einer Stelle auftretenden gröfsten Druckes dient.

Fig. 320.

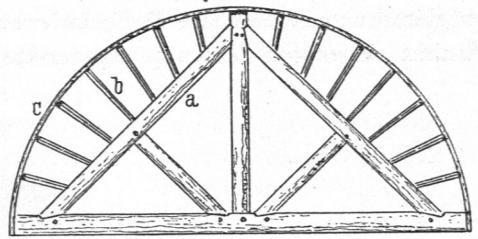
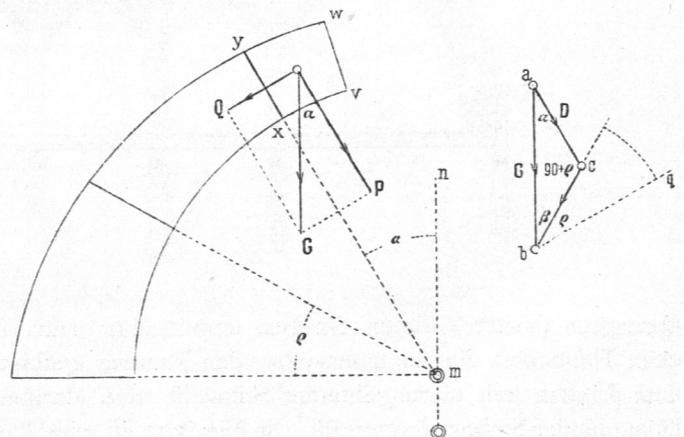


Fig. 321.



In Fig. 321 sei $xyvw$ ein Wölbstein von sehr geringer Breite $xv = b$, von der Tiefe gleich der Längeneinheit und vom Gewichte v für die Körpereinheit. Alsdann ist das Gewicht dieses Wölbsteines, da die Höhe h desselben als xy und die Breite b für das schmale Stück beibehalten werden können, bestimmt als

$$G = b \cdot h \cdot 1 \cdot v \dots \dots \dots 162.$$

Der Körper ruht auf der beliebig angenommenen Lagerfläche xy , welche unter einem Winkel α zum Scheitellothe mn geneigt ist. Bezeichnet ρ den Reibungswinkel des Materials, so erhält man nach der Lehre von der schiefen Ebene unter Bezugnahme auf Fig. 321 und auf die darin vorgenommene Zerlegung von G in die Seitenkräfte P und Q , diejenige Kraft D , welche den Körper auf der schiefen Ebene xy abwärts zu treiben sucht und welche dem Drucke auf die Unterlage des Wölbsteines entsprechen soll, als

$$D = P - \operatorname{tg} \rho \cdot Q,$$

d. h., da $P = G \cdot \cos \alpha$ und $Q = G \cdot \sin \alpha$ ist, auch

$$D = G (\cos \alpha - \operatorname{tg} \rho \cdot \sin \alpha) \dots \dots \dots 163.$$

Dieser Ausdruck läßt sich nach Fig. 321 leicht durch Zeichnung darstellen. Nimmt man $ab = G$, zieht man ac parallel zu P , bq parallel zu Q und trägt man alsdann den Winkel $cbq = \rho$ an bq , so schneidet der Schenkel bc den Strahl ac in c , und im Dreiecke abc ist ac gleich dem gesuchten Werthe von D .

Denn es ist

$$\frac{D}{G} = \frac{\sin \beta}{\sin (90 + \rho)} = \frac{\sin [90 - (\alpha + \rho)]}{\cos \rho} = \frac{\cos (\alpha + \rho)}{\cos \rho} = \frac{\cos \alpha \cdot \cos \rho - \sin \alpha \cdot \sin \rho}{\cos \rho},$$

also auch

$$D = G (\cos \alpha - \operatorname{tg} \rho \cdot \sin \alpha).$$

Bringt man das Dreieck abc in die Lage von Fig. 322, indem man $ab = G$ parallel zu xy zieht, so ergibt sich auch ac als D . Schlägt man ac von a aus auf ab nieder, so ist auch $da = D$ der für den Wölbstein $xyvw$ in Frage kommende Druck.

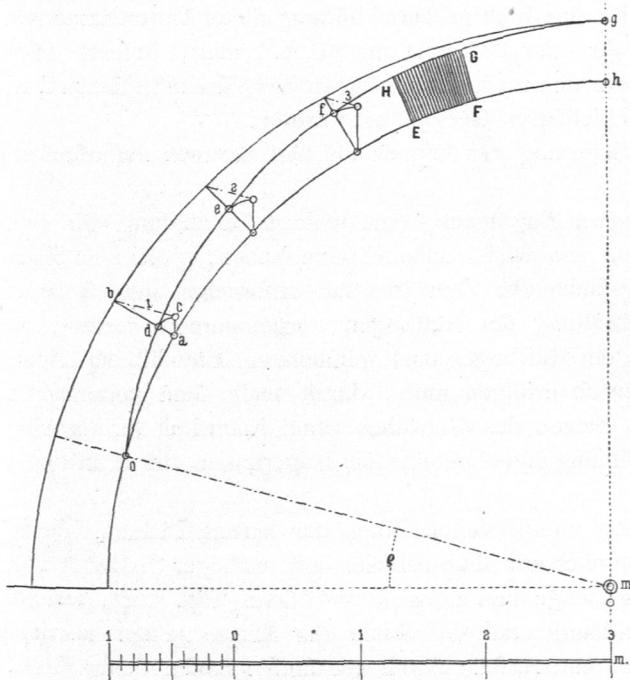
Setzt man in Gleichung 163 für G den Werth aus Gleichung 162, so wird

$$D = b h v (\cos \alpha - \operatorname{tg} \rho \cdot \sin \alpha),$$

und hieraus folgt weiter

$$\frac{D}{b v} = z = h (\cos \alpha - \operatorname{tg} \rho \cdot \sin \alpha) \dots \dots \dots 164.$$

Fig. 323.



Dieser Werth von z bezeichnet den spezifischen Druck des Rüstbogens im Punkte x . Derselbe kann nach Maßgabe von Fig. 322 wiederum leicht durch Zeichnung ermittelt werden, sobald man für jeden Punkt x nur die Strecke ab gleich der zugehörigen Fugenlänge $xy = h$ nimmt und sonst unter Benutzung des veränderlichen Winkels α , wie derselbe der jedesmal gewählten Fuge zukommt, und des als unveränderlich geltenden Reibungswinkels ρ ganz nach Fig. 322 verfährt.

Am einfachsten wird diese Darstellung gleich in der Stirnfläche des Gewölbes, wie Fig. 323 zeigt, selbst vorgenommen. Bei der hier gegebenen Bestimmung der einzelnen Drücke ist der Reibungswinkel ρ nur zu 15 Grad gewählt, um der durch den frischen Mörtel bewirkten wesentlichen Verminderung der Reibung zwischen den Lagerflächen Rechnung zu tragen.

Verbindet man die für mehrere Fugen gewonnenen Punkte d, e, f u. f. f., wobei die Strahlen $1, 2, 3$ u. f. f.

fämmlich parallel zu mo geführt werden, durch einen Linienzug, so begrenzt derselbe gemeinschaftlich mit der inneren Wöblinie die Fläche $odefgh$ der größten, rechtwinkelig zum Rüstbogen wirkenden Drücke. Soll mit Hilfe dieser Zeichnung der größte auf die Fläche EF kommende Druck D ermittelt werden, so ergibt sich für die Tiefe gleich der Längeneinheit nach Gleichung 164: $D = zbv$, d. h., da zb die Fläche $EF GH$ darstellt, die Regel: Man bestimme die Maßzahl des Flächeninhaltes des Stückes $EF GH$ der Druckfläche und multiplicire dieselbe mit der Maßzahl des Gewichtes der Körpereinheit des Wöblmaterials, um den Werth des für die Länge EF in Frage kommenden Druckes zu erhalten.

Aus der Druckfläche ergibt sich die Zunahme der rechtwinkelig zum Rüstbogen gerichteten Pressungen vom Punkte o gleich Null bis zum größten Drucke gh im Punkte h des Gewölbeseitels. Für die Construction des Rüstbogens folgt hieraus, daß bis zum Punkte o keine Unterstüttzung der Wöblsteine durch diesen Bogen nothwendig wird, daß also bis zu diesem Punkte vom Kämpfer aus, wie Fig. 319 (S. 221) zeigt, die Anordnung der Rippe sich auf einfachere verbindende Theile, vom Punkte o ab bis zum Scheitel jedoch aufer verbindenden Theilen noch auf kräftigere, stützende Constructionsglieder zu erstrecken hat.

154.
Unter-
lagerung.

Die einzelnen Rippen werden parallel zur Stirnebene des Gewölbes in Entfernungen von 1^m bis höchstens 2^m hinter einander aufgestellt. Hierzu bedürfen dieselben einer kräftigen Unterlagerung, welche als weiteres Zubehör des Lehrgerüstes auftritt. Diese Unterlagerung muß so hergestellt sein, daß die einzelnen Rippen während der Ausführung des Gewölbes sich nicht in merkbarem Grade senken, sich nicht verschieben oder verdrehen können. Zweckmäßig ist eine Unterstüttzung, welche möglichst aus lothrecht oder aus schwach geneigten Pfosten besteht, welche dann rechtwinkelig zu den Rippen ziehende Rahmhölzer oder Holme erhalten, also in ihrem Wesen ähnlich der Anordnung einer festen Fachwerkwand erscheint. Hänge- und Sprengwerks-Constructionen zu solchen Unterstüttzungen zu wählen, ist deshalb weniger vortheilhaft, weil bei diesen leichter ein Zusammendrücken der verschiedenen Verbandhölzer und damit leichter das unbeabsichtigte Senken der Rüstbogen eintreten kann. Im Hochbauwesen lassen sich bei größeren Gewölben derartige Hänge- und Sprengwerksunterstüttzungen dann nicht gut vermeiden, wenn der Raum unter der Deckenbildung während der Bauzeit möglichst frei zu lassen ist. In solchen Fällen muß in jeder Beziehung für eine kräftige Durchbildung dieser Unterstüttzungen gefordert werden. Wie auch die Art der Unterstüttzungen sein mag, stehend oder liegend, immer müssen dieselben unter sich noch durch Längshölzer, Kreuzstreben u. s. w. abgesteift werden, um als unverschiebbares Gerippe aufzutreten.

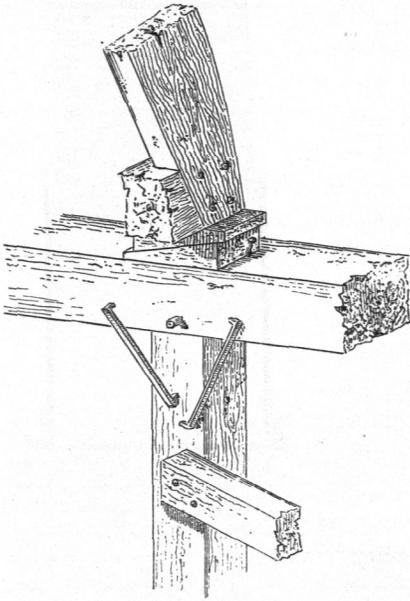
155.
Ausrüstungs-
vorrichtungen.

Von Bedeutung ist die Auflagerung der Rippen auf der darunter befindlichen Stütz-Construction.

Da die Rippen auf ihrer oberen Begrenzung eine weitere Bekleidung, die sog. Schalung, wovon gleich die Rede sein wird, aufzunehmen haben, welche in ihrer oberen Mantelfläche der Laibungsfläche des Gewölbes zu entsprechen hat, so muß von vornherein eine genaue Aufstellung der Rüstbogen vorgenommen werden; da aber auch andererseits die Lösung der Rüstbogen nach gefchehener Einwölbung leicht, allmählich, sanft und nicht stofsweise erfolgen muß, damit nach dem veranlassenen Senken der Rippen ein etwaiges Setzen des Gewölbes ohne Nachtheil für dasselbe stattfinden kann, so sind diesen Bedingungen gemäß die Lagerungen der Rüstbogen auszubilden.

Zu diesen Lagerungen benutzt man in vielen Fällen aus hartem Eichen-, Weisbuchen-, Eschenholze u. s. w. angefertigte Doppelkeile mit märsiger Schärfe von 10 bis 15 cm Breite, 20 bis 30 cm Länge und 6 bis 10 cm Dicke (Fig. 324), welche zwischen den Holm der Unterstüttzung und die Sohle der Rippe gelegt werden. Durch ein geringes Antreiben oder andererseits durch ein sanftes Lösen dieser Keile,

Fig. 324.



welche ab und an auch zur Verminderung der Reibung mit schwarzer Seife dünn befrichten werden, ist ein leichtes Heben oder Senken der Rüstbogen möglich.

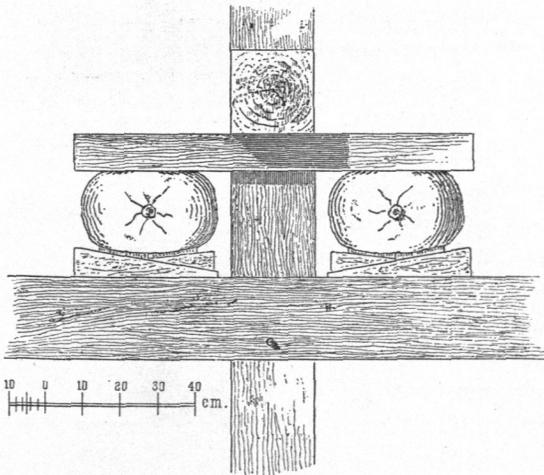
Außer solcher Keillagerung kommen bei größeren Gewölben auch Sandfäcke, besser Sandbüchsen oder Sandtöpfe, und unter Umständen auch Schraubenfätze zur Verwendung.

Die Sandfäcke sind aus festem Zeug, Segelleinwand oder auch aus Leder angefertigte Beutel, welche an einem Ende zugeschnürt werden können. Diese Säcke werden mit ganz reinem, durchaus trockenem, feinem Sande äußerst fest gefüllt und entweder gleich beim Aufstellen der Rüstungen statt der eben bezeichneten Keile eingelegt oder erst später nach Vollendung der Wölbung zwischen Holm und Schwelle gebracht. Im letzteren Falle sind die Rüstbogen während der Wölbung durch einen Holzpfosten, auf welchem ein kurzes Lagerholz liegt, gestützt. Die

Pfosten werden nach Schluß des Gewölbes an jeder Seite von Sandfäcken (Fig. 325), die durch angeschobene kleine Holzkeile weiter gerichtet sind, umlagert und dann keilförmig eingeschnitten, so daß sie zum Umkippen gebracht werden können. Ist

dieses Umkippen erfolgt, so setzen sich die kurzen Lagerhölzer mit den Rüstbogen unmittelbar auf die Sandfäcke. Wird die Schnürung derselben vorsichtig gelöst, so rinnt der Füllsand in feinen Fäden langsam aus und die Rüstbogen senken sich in regelmäßiger, stoßfreier Weise. Unter Umständen befördert man das Ausfließen des Sandes noch durch Anrühren desselben mit Hilfe eines Eisendrahtes oder Holzpflockes.

Fig. 325.



Entfernung über dem Boden kleine Oeffnungen angebracht, welche durch einen dünnen Holzpflock geschlossen werden. Zur Büchse gehört weiter ein cylindrischer Stempel, welcher aus Gusseisen besteht, oder aus einem Holzkörper, welcher oben und unten mit Eisenringen beschlagen ist, hergestellt wird. In die Sandtöpfe wird wiederum eine in ihren Eigenschaften schon vorhin beschriebene Sandfüllung gebracht; die Stempel werden so aufgesetzt, daß unter denselben eine genügende Sandlage verbleibt und die so eingerichtete Büchse nach ihrer Einfügung zwischen

Holm und Schwelle eine richtige und genaue Aufstellung der Rüstbogen möglich macht.

Nach der Ausführung des Gewölbes wird das Löfen der Rüstbogen durch Ausziehen der Verchlüsse der Oeffnungen der Büchsen eingeleitet. Die Sandfüllung derselben rieselt aus, und die Senkung der Rüstbogen geht langsam vor sich. Hierzu ist aber vollständige Trockenheit des reinen Sandes nothwendig, da derselbe, feucht geworden und durch die Belastung gepreßt, sich zusammenballt und nicht ausfließt, selbst wenn durch Nachhelfen mittels eines Eisendrahtes dieses Fließen befördert werden sollte. In solchem Falle müssen die Sandtöpfe mit stark erwärmten Sandbeuteln umlegt werden, um hierdurch den Sand in den Büchsen wieder in möglichst trockenem Zustand zu setzen. Offenes Feuer darf selbstverständlich zum Trocknen des Büchsenandes nicht in Anwendung kommen.

Die Schraubenätze sind einfache Hebelschrauben. Die in Fig. 327 gegebene Hebelschraube steht zwischen dem Holme des Untergerüstes und der Schwelle des Rüstbogens, während bei der in Fig. 328 dargestellten Schraube die Schraubenmutter *a* in der Schwelle befestigt, die Schraubenspindel weiter jedoch durch eine Oeffnung derselben geführt wird. Im Holm des Rüstbogens ist die Scheibe *b* verlegt, gegen welche der Dorn des Kopfendes der Spindel tritt. Durch entsprechendes Andrehen der Schraubenspindel erfolgt ein Heben oder Senken des Rüstbogens.

Derartige Schraubenätze werden bei größeren Gewölben auch wohl gemeinschaftlich mit Doppelkeilen angewandt. Sind die letzteren beim Aufstellen der Rüstbogen genau eingefügt, so werden die Schraubenätze seitlich von denselben aufgestellt. Nach dem Einwölben werden die Schrauben mäfsig angedreht, um die Rüstbogen in geringem Mafse zu heben und dadurch die Keile etwas zu lüften. Nach dem nunmehr mühelosen Entfernen der Keile ruhen die Rüstbogen nur noch auf den Schraubenätzen, welche für die jetzt vollständig zu beherrschende Senkung der Rüstbogen in Thätigkeit gesetzt werden können.

Bei besonders großen Gewölben des Hochbauwesens ist der Wölbkranz der Rüstbogen nicht aus Bohlen hergerichtet, die unmittelbar mit dem Stützenwerk fest verbunden sind, sondern aus fog. Kranzhölzern *k* (Fig. 329) von etwa 2 m Länge und genügender Stärke angefertigt, welche in Auschnitten (Scheren) ihrer Stützen liegen und durch Doppelkeile, wie Fig. 329 zeigt, unterlagert sind.

Fig. 326.

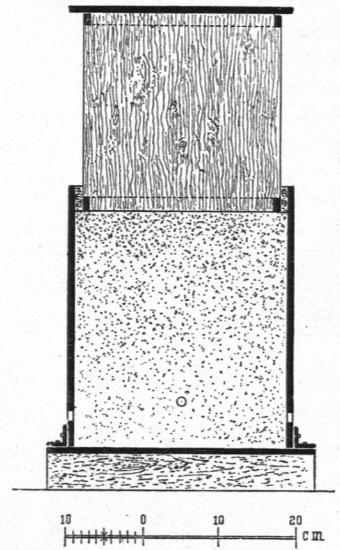


Fig. 327.

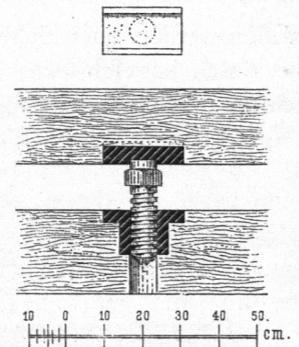


Fig. 328.

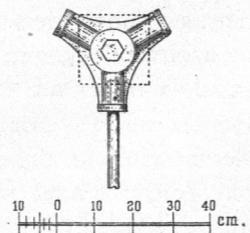
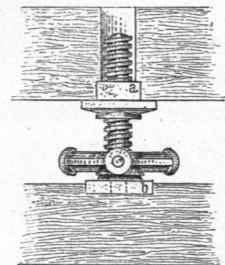
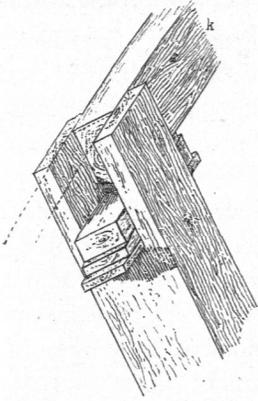


Fig. 329.



Bei folcher Anordnung ist die Senkung der Kranzhölzer durch Lockern der Keile allein schon zu beschaffen.

Den oberen Abchluss der Rüftbogen bildet die Schalung. Hierunter versteht man einen Belag aus Bohlen, Schalbrettern oder aus Latten, Gewölbelatten, welche in ihrer oberen Fläche eine der Laibung des Gewölbes genau entsprechende Mantelfläche liefern. Die Bohlen werden dicht neben einander gelegt, während die Latten mehr oder weniger breite Fugen zwischen sich lassen.

Die Rüftbogen sind die Träger der Schalung, welche rechtwinkelig über diese Bogen hinwegzieht. Die Bohlen erhalten im Allgemeinen keine weitere ausgiebige Befestigung mit den Rüftbogen. Dieselben werden meistens nur an ihren Enden mit dünnen Drahtstiften geheftet. Die Scheitelbohle wird unter Umständen mehrfach geheftet, da hierdurch schon ein seitliches Verschieben der Rüftbogen gegen einander mit vermieden wird. Die Latten werden jedoch zweckmäsig mit Drahtstiften aufgenagelt. Alle diese Befestigungen müssen aber nach dem Ausrüften, also nach dem Senken der Rüftbogen mühelos in einfacher Weise gelöst werden können. Zur Vermeidung einer unregelmässigen Gestaltung der inneren Wölbfläche während der Ausführung muss die Schalung so stark sein, dass dieselbe sich bei ihrer Belastung durch die Wölbsteine überall in bemerkbarer Weise nicht durchbiegt. Je nach dem Abstände der Rüftbogen von einander erhalten die 20 bis 25 cm breiten Bohlen eine Stärke von 3 bis 5 cm. Die Gewölbelatten besitzen meistens einen quadratischen Querschnitt, dessen Seitenlänge zwischen 5 bis 15 cm schwankt.

Backstein- und Bruchsteingewölbe, so wie auch schiefe Gewölbe erhalten meistens und auch zweckmäsig eine geschlossene Bohlenverschalung. Quadergewölbe jedoch werden fachgemäss auf einer Lattenschalung ausgeführt. Hierbei unter-

scheidet man die Schalung mit fog. halben Latten (Fig. 330) und Schalung mit fog. ganzen Gewölbelatten (Fig. 331). Bei der ersteren liegt eine Schallatte mitten unter jeder Lagerfuge von zwei zusammentretenden Wölbsteinen. Diese Anordnung ist beim Veretzen der Steine vortheilhaft, gestattet aber ein Beobachten der Lagerfugen von unten aus nicht, und daher ist die zweite Art der Lagerung der Schallatten

Fig. 330.

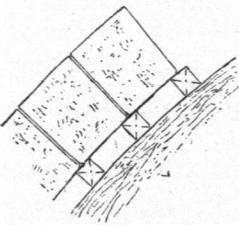
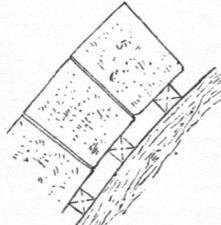


Fig. 331.



mitten unter jedem Wölbstein, wonach ein genaues Verfolgen der geraden Richtung der Lagerfugenkanten von unten aus möglich wird, bei Quadergewölben vorzuziehen.

Auf der Schalung, gleichgiltig ob Bohlen- oder Lattenschalung vorhanden ist, wird die Theilung des Gewölbes durch Blei- oder Kohlenriffe vor Beginn der Wölbung vorgenommen. Je sorgfältiger diese Theilung stattgefunden hat, um so leichter und besser ist die Ausführung des Gewölbes zu beschaffen und zu überwachen.

Die Einwölbung selbst beginnt unter Beobachtung eines sorgfältigen Annässens der Wölbsteine gleichzeitig vom Widerlager aus und geht regelmässige und in Bezug

zur Scheitellinie fymmetrifch weiter bis zur letzten Schicht, der Schlufssteinschicht. Durch zweckmäßige Vertheilung des zu benutzenden Wölbmaterials auf der Schalung, bezw. auf befonderen an den Rüstbogen geschaffenen Belastungsböden, für welche die vorhandenen wagrechten Verbindungshölzer der Rippen als Unterlager dienen können, ist man bestrebt, die Ungleichmäßigkeit in der Belastung und die hierdurch bewirkte Formveränderung der Gerüst-Construction während des Einwölbens thunlichst zu beseitigen.

Beim Einsetzen der Schlufssteinschicht ist mit Vorsicht zu verfahren. Scharfes Eintreiben der Steine dieser Schicht durch mit Erschütterungen verknüpfte Stöße ist zu vermeiden, weil hierdurch nicht allein eine unangenehme Wirkung für das Lehrgerüst, sondern auch leicht ein Zerpringen der Mörtelbänder oder gar einzelner Steine herbeigeführt wird. Bei guter und aufmerksam vorgenommener Wölbungsarbeit bleibt für die Schlufssteinschicht die genau bemessene Lücke übrig, welche alsdann voll und regelrecht durch die zugehörigen Wölbsteine gefüllt werden kann. Häufig wird die Schlufssteinschicht erst trocken vermauert, bezw. versetzt und dann in den engen Fugen mit einem Cementmörtel vergossen, wobei zu beachten ist, daß dieser Mörtel die Fugen vollständig füllt. Dieses Verfahren ist immerhin zu empfehlen, da hierdurch alle Erschütterungen des Gewölbkörpers vermieden werden.

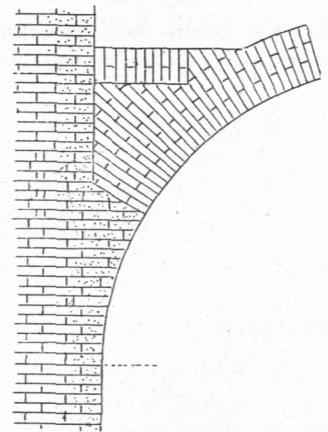
Nach der Vollendung des Gewölbes ist immer noch eine Prüfung der Fugen auf der Rückenfläche desselben vorzunehmen. Etwa vorhandene offene Stellen derselben sind mit Mörtel zu dichten. Sehr zweckmäßig erfolgt hierauf ein Uebergießen der ganzen Rückenfläche mit einem dünnflüssigen Kalk- oder besser Cementmörtel, welche mit Hilfe eines Reifigbesens in einer dünnen Schicht ausgebreitet wird. Hierdurch werden etwa in den Fugen noch vorhandene Lücken gleichzeitig mit ausgefüllt. Nachdem dieses geschehen, ist eine Ausmauerung der Gewölbezwickel, bezw. ein Ausfüllen derselben mit Grobmörtel (Beton) vorzunehmen. Letztere Ausfüllung ersetzt jedoch die Ausmauerung nicht vollständig und sollte deshalb nur bei kleinen Gewölben in Anwendung kommen.

Zum Theile kann die Hintermauerung der Zwickel auch nach Fig. 332 gleich bei der Ausführung des Gewölbes im Wölbverbande mit hergestellt werden.

Von jeher hat die Frage, wann die Ausrüstung des geschlossenen Gewölbes, d. h. die Senkung der Rüstbogen, bezw. die Entfernung derselben geschehen soll, eine Rolle gespielt. Von einer Seite wird die sofortige Ausrüstung der Gewölbe nach ihrer Vollendung, von anderer Seite die Ausrüstung nach einiger Zeit, welche dem Fugenmörtel bereits eine Erhärtung gestattet hat, empfohlen.

Wird die Ausrüstung sofort nach der Vollendung des Gewölbes vorgenommen, so ist der Mörtel noch weich; die Wölbsteine pressen sich an einander und bewirken, namentlich in der Nähe der Bruchfugen, ein Hervorquillen des Mörtels aus den Lagerfugen. Das Gewölbe vermag sich bei sonst entsprechender Anordnung, durch den Mörtel wenig beeinflusst, allerdings in den Gleichgewichtszustand zu setzen; aber die wünschenswerthe Eigenschaft, daß der in seinen Wölbsteinen durch Mörtel verbundene Wölbkörper sich thunlichst einem elastischen Bogen mit geschlossener Wand

Fig. 332.



nähern möge, wird hierdurch ohne Weiteres nicht hervorgerufen. Sind die Gewölbe nur mit Kalkmörtel gemauert, so ist bei sofortiger Ausrüstung das Ausquillen der Fugen oft recht stark bemerkbar; weniger stark zeigt sich dieses Hervorquillen bei Verwendung von verlängertem Cementmörtel oder reinem Cementmörtel. Mit einer Verminderung und Zusammenpressung der Mörtelbänder in den Lagerfugenflächen ist offenbar eine Verkürzung der Bogenlänge und eine Formveränderung des Gewölbes, das sog. Setzen desselben, verbunden, und es dürfte einleuchtend sein, daß, je mehr das Zusammenpressen der noch weichen Mörtelbänder sich geltend macht, desto größer auch das Setzen oder die Senkung des Gewölbes sein muß. Solche Senkungen sollen aber bei jedem Gewölbe auf das möglichst geringste Maß beschränkt werden, und somit folgt, daß, zur Vermeidung starker Zusammenpressungen der Mörtelbänder, dem Mörtel selbst eine gewisse Zeit zu seiner Erhärtung und zu seinem Verbinden mit den Wölbsteinen zu lassen ist. Daß durch die innigere Verbindung des Mörtels mit den Wölbsteinen eine größere Standfähigkeit erzielt werden muß, lehren die Gewölbe früherer Zeit, welche einem Abbruche unterworfen werden mußten. Konnte doch oft bei solchen Gewölben die Schlusssteinschicht ihrer ganzen Länge nach beseitigt werden, ohne daß die Gewölbschenkel nach innen einstürzten; konnten doch oft diese Gewölbschenkel selbst nur durch Zerstören mittels kräftiger Sprengungstoffe beseitigt werden! Die Wölbsteine waren vollständig verkittet; das Gewölbe war ein in sich nahezu gleichartiger Körper; von einem Senken dieses Körpers oder der Erscheinung klaffender Fugen kann keine Rede mehr sein.

Durch diese Gesichtspunkte gelangt man in logischer Weise zu dem Ergebniss, daß eine sofortige Ausrüstung derjenigen Gewölbe, bei welchen, wie bei Backstein- oder Bruchsteingewölben, die Mörtelbefügung immer eine Bedeutung annimmt, weniger rathsam ist, als die nach einiger Zeit nach Schluß des Gewölbes vorgenommene Ausrüstung. Der Gewölbkörper muß eben durch die Verkittung mit Mörtel seine ihm ursprünglich angegebene Form in besserer Weise beibehalten, als solches bei sofortiger Ausrüstung möglich ist, muß weniger Senkung aufweisen und muß im Allgemeinen, weil die Annäherung an einen vollwandigen Bogen, abgesehen davon, daß derselbe mehr oder weniger elastisch ist, in höherem Maße erfolgt, in seiner Standfähigkeit eine Verbesserung erfahren. Wenngleich nun im Hochbauwesen in den meisten Fällen das Entfernen der Wölbgerüste in möglichst kurzer Zeit wird angestrebt werden müssen, da schnelles Vorwärtskommen im Bau oft angezeigt erscheint, so möge unter Berücksichtigung aller Einflüsse, welche, wie feuchte Luft, Windzug u. f. f., die Erhärtung der Mörtelbänder zurückhalten oder beschleunigen können, doch darauf Bedacht genommen werden, ein zu frühzeitiges Ausrüsten der Gewölbe zu vermeiden. Wenngleich nun eine geraume Zeit verfließen muß, bevor alle Mörtelbänder, die in ihren Rändern früher erhärten, als in ihrer Mitte, eine nahezu gleiche Preßbarkeit und nahezu gleiche Bindefähigkeit erhalten, so kann man als Regel gelten lassen, kleine Gewölbe erst etwa nach 2 bis 3 Tagen, große Gewölbe nach 4 bis 6 Tagen und Gewölbe bis etwa 8^m Spannweite erst nach 8 Tagen auszurüsten. Noch größere Gewölbe lasse man so lange als möglich unausrüstet. Bei geringer Fugenstärke von 1^{cm} und gut und rasch bindendem Mörtel kann die Zeit bis zur vorsichtig vorzunehmenden Ausrüstung herabgesetzt werden.

Bei Quadergewölben tritt, wie schon früher erwähnt, die Mörtelung mehr in den Hintergrund. Demnach können solche Gewölbe ein sofortiges Ausrüsten nach ihrer Vollendung schon leichter ertragen.

In jedem Falle ist das Ausrüsten der Gewölbe in ruhiger, vorsichtiger Weise vorzunehmen, damit eine Schädigung sowohl des Gewölbes, wie auch der Gerüsththeile vermieden wird.

Im Allgemeinen zeigt ein jedes Gewölbe nach der Ausrüstung eine mehr oder weniger bemerkbare Senkung. Je sorgfältiger die Ausführung, je besser das benutzte Material war, um so geringer tritt solche Senkung auf.

159.
Senkung.

Die Angaben über das muthmaßliche Senken der Gewölbe sind von vornherein im höchsten Maße ungenau, so daß dieselben besser unterbleiben.

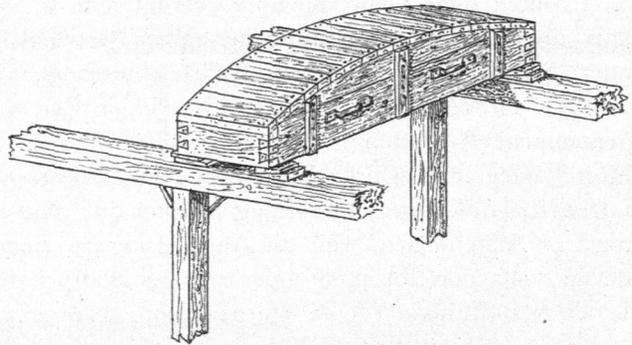
Das über die Rüstung bei Tonnengewölben Gefagte findet im Wesentlichen bei allen solchen Gewölben oder besonderen Gewölbtheilen Anwendung, die nicht eine sog. Einwölbung aus freier Hand zulassen. Letzteres ist bei Gewölben mit sphärischen oder sphäroidischen Laibungsflächen der Fall. Bei diesen tritt dann die Unterstützung durch Lehrgerüste für die Einwölbung entweder gar nicht oder in bedeutender Einschränkung ein.

160.
Rutschbogen.

Bei Gewölben von kleinerer Spannweite, aber verhältnismäßig bedeutender Länge wird unter Umständen auch eine Vereinfachung und billigere Herstellung des gefamnten Lehrgerüsts durch Anwendung eines sog. Rutschbogens oder Schlittens erzielt.

Unter einem Rutschbogen (Fig. 333) versteht man einen kurzen, seitlich lothrecht, oben nach der Wölbungsform geschlossen, unten aber offenen, hölzernen Kasten, welcher auf den stützenden Rahmen oder Holmen des Unterstützungsgerüsts nach und nach dann weiter vorgerückt werden kann, sobald über dem Rutschbogen ein kurzes Stück des Gewölbes ausgeführt ist. Selbstverständlich ist die richtige Aufstellung und das ruhige Lösen solcher Rutschbogen mit Hilfe von Doppelkeilen zu bewirken.

Fig. 333.



Damit die einzelnen Zonen, welche in ihrer Breite der Länge des Schlittens entsprechen, bei dem ganzen Gewölbe im Verband bleiben, ist die Stirn jeder Zone, die für sich im Gewölbeverband gemauert wird, auf Verzahnung zu ordnen. Die Länge des Schlittens darf höchstens 80 cm betragen, weil bei größerer Länge desselben die Ausführung der Wölbung für die vor dem Rutschbogen stehenden Maurer und auch das Vorrücken desselben unbequem wird.

Da nach der Vollendung jeder Zone bei der Anwendung des Rutschbogens eine sofortige Ausrüstung derselben eintreten muß, so ist die Einwölbung sehr sorgfältig, unter Benutzung eines möglichst schnell bindenden und erhärtenden Mörtels auszuführen.

161.
Ausführung
neben
einander
gelegener
Gewölbe.

Liegen zwei oder mehrere Tonnengewölbe, bezw. Gewölbe überhaupt mit gemeinschaftlichen Widerlagern, mögen dieselben als Mauerwerkskörper, als Bogenstellungen oder als besondere eiserne Träger construiert sein, in Reihen oder sog. Jochen mit ihren Axen neben einander, so ist zu beachten, daß diese Zwischenwiderlager an sich in den seltensten Fällen eine solche Stärke erhalten, um dem

einseitigen Schube mit Sicherheit Widerstand leisten zu können. Zur Vermeidung der Verschiebungen dieser Zwischenconstructions und zur Verhinderung des damit leicht eingeleiteten Einsturzes der Gewölbe ist es immer am zweckmässigsten, die sämtlichen Gewölbejoche mit den nöthigen Wölbegerüsten vollständig zu versehen und die Einwölbung in allen Jochen gleichzeitig, gleich liegend und gleichmässig fortschreitend vorzunehmen. Kann man der grösseren Kosten wegen eine solche vollständige Herrichtung der Lehrgerüste für alle Joche nicht ausführen, so wird erst nur für ein Joch entweder das ganze Gewölbe oder eine gewisse Länge desselben mit dem nothwendigen Lehrgerüste versehen und eingewölbt, dann das angrenzende Joch in gleicher Weise in Angriff genommen und so bis zur Vollendung der ganzen Anlage fortgefahren. In solchen Fällen ist aber eine gründliche und kräftige Abtheilung der Zwischenwiderlager der nicht mit Lehrgerüsten versehenen Joche oder Abtheilungen derselben unbedingt erforderlich, da bei Vernachlässigung dieser Forderung leicht die Gefahr des Einstürzens der fertigen Gewölbtheile eintreten kann.

Die Ausführung der geraden Tonnengewölbe aus Backstein erfordert in erster Linie die Berücksichtigung eines richtigen Mauerverbandes in den einzelnen Schichten und eine bestimmte Eintheilung der Wölb-schichten im Stirnschnitte des Gewölbes, wonach stets eine ungerade Anzahl gleich grosser Abstände für die einzelnen Wölb-scharen entstehen soll. Jede Wölb-schicht erscheint keilförmig; die Lagerfugen stehen senkrecht zur Wölblinie, selten rechtwinkelig zu einer bestimmten Bedingungen gemäss construirten Mittellinie des Druckes.

Für den Mauerverband der Wölb-schichten gelten die für den Steinverband der Backsteinpfeiler mit rechteckiger Grundfläche gegebenen allgemeinen Regeln, wonach meistens zwei verschieden angeordnete, neben einander liegende Wölb-schichten im Verbandwechsel auftreten. In Fig. 334 sind für ein Stück eines $1\frac{1}{2}$ Stein starken Tonnengewölbes die Verbände in den Schichten 1 und 2 dargestellt, wobei nament-

162.
Tonnengewölbe
aus
Backsteinen.

Fig. 334.

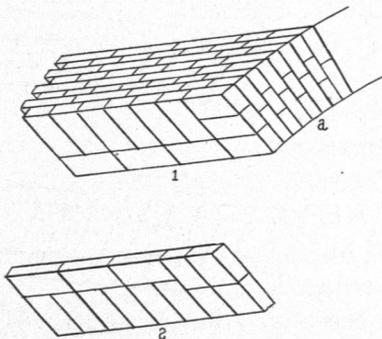
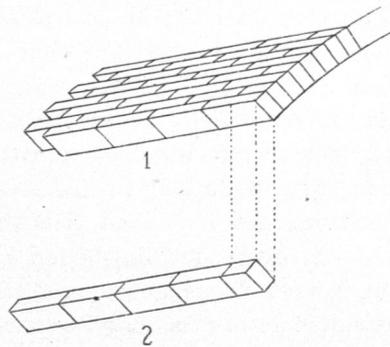


Fig. 335.



lich der Anfang der Wölb-schichten an der Stirnmauer des Gewölbes durch regelrechtes Einfügen von Dreiviertelsteinen zu beachten ist. Die Stofs-fugen in Schnitten parallel zur Stirn sind innerhalb des Gewölb-körpers a im Verbandwechsel stehende, concentrisch zur Wölb-line laufende Bänder, während dieselben auf der Laibungs- und Rückenfläche im Verbandwechsel mit der Stirnlinie gleichlaufend sind. Diese Einwölbungsart wird häufig als »auf Kuf gewölbt« bezeichnet. Bei einem nur $\frac{1}{2}$ Stein starken, auf Kuf gemauerten Tonnengewölbe sind alle Wölb-scharen Läufer-schichten, deren Stofs-fugen gegenseitig um $\frac{1}{2}$ Steinlänge im Verbandwechsel stehen

(Fig. 335), während bei 1 starken Tonnengewölben die neben einander liegenden Wölbchichten nach Fig. 336 angeordnet werden.

Bei Tonnengewölben, deren Stärke über $\frac{1}{2}$ Steinlänge beträgt, wird zur Erzielung keilförmiger Wölbchichten in den meisten Fällen ein Zuhauen der Backsteine erforderlich. Hierbei ist auf der Rückenlinie des Gewölbes die Stärke der Wölbchicht der Backsteindicke gleich zu lassen, so daß die Zuföhrung der Steine nach der Laibungsfläche gerichtet ist. Wollte man fog. Lochsteine zum Einwölben verwenden, so ist ein Zuhauen derselben mißlich. Durchaus verwerflich ist die Anordnung stark keilförmig genommener Mörtelbänder als Lagerfugen, welche dann an der Laibungsfläche dünn, an der Rückenfläche jedoch oft unverhältnismäßig dick auftreten, um hierdurch ein Zuhauen der Wölbsteine zu umgehen. Am besten ist die Verwendung fertig gebrannter keilförmiger Barnsteine, deren Gestalt von vornherein dem auszuföhrnden Tonnengewölbe entsprechend gebildet wurde.

Bei fehr starken Tonnengewölben ist die in Art. 149 (S. 218) erwähnte und näher besprochene Einwölbung, bestehend aus einzelnen Schalen oder Ringen, geeignet, um ein Zuhauen der Steine aller Wölbchichten zu vermeiden.

Für weniger starke oder auch für fehr lange, sonst selbst stärker bemessene Tonnengewölbe aus Backstein ist das Anbringen von Verstärkungsrippen oder Gurten *a* (Fig. 337), welche bei kleineren schwächeren Gewölben in Abständen von 1,5 bis 2,0 m, bei stärkeren Gewölben in Weiten von 3,0 bis 4,0 m wiederkehren und mit dem Gewölbkörper *b* nach der Anordnung der Schichten 1 und 2 im Verbands stehen, zu empfehlen. Diese Rippen können entweder an der Laibungsfläche oder an der Rückenfläche vortreten. Im ersteren Falle ist beim Aufstellen der Rüstbogen des Gewölbes aber für diese Gurte eine besondere Einrüstung nothwendig, was, als weniger bequem, im letzteren Falle vermieden wird.

Bei schwächeren Gewölben treten diese Rippen als wirkliche Gewölbverstärkungen und zuweilen als Träger von Unterlagen der über dem Gewölbe befindlichen, nur leicht zu belastenden Fußböden auf, während bei größeren, langen Tonnengewölben diese Rippen, wenn dieselben unten an der Laibungsfläche vorspringen, eine dem Auge angenehme Gliederung der Gewölbfläche bewirken und bei langen Gewölben mit wagrechter Scheitellinie den Eindruck verwischen, als ob diese Scheitellinie sich nach unten gefenkt hätte. Hier möge bemerkt werden, daß die in vielen Lehrbüchern aufgenommene und häufig wiederkehrende Angabe, wonach Tonnengewölbe bis zu 4 m Spannweite, welche keine weitere Belastung, als höchstens diejenige der Fußböden gewöhnlicher Wohnräume aufzunehmen haben, nur $\frac{1}{2}$ Stein Stärke, bei größerer Spannweite Verstärkungsrippen von 1 Stein Breite und Höhe in Entfernungen von 1,5 bis 2,0, bezw. 2,5 m und erst bei 6 m Spannweite 1 Stein Stärke nebst Verstärkungsrippen von $1\frac{1}{2}$ Stein Höhe und Breite erhalten sollen, mit größter

Fig. 336.

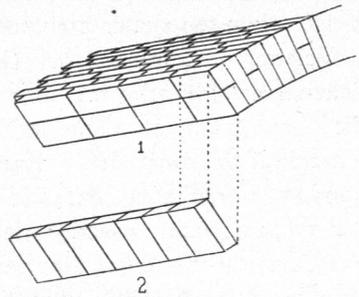
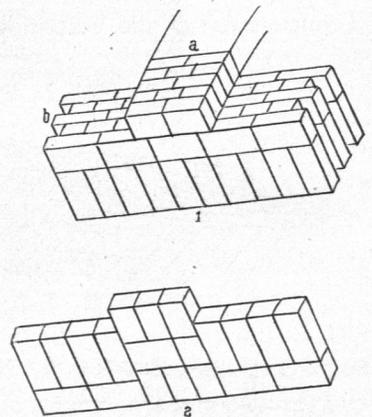
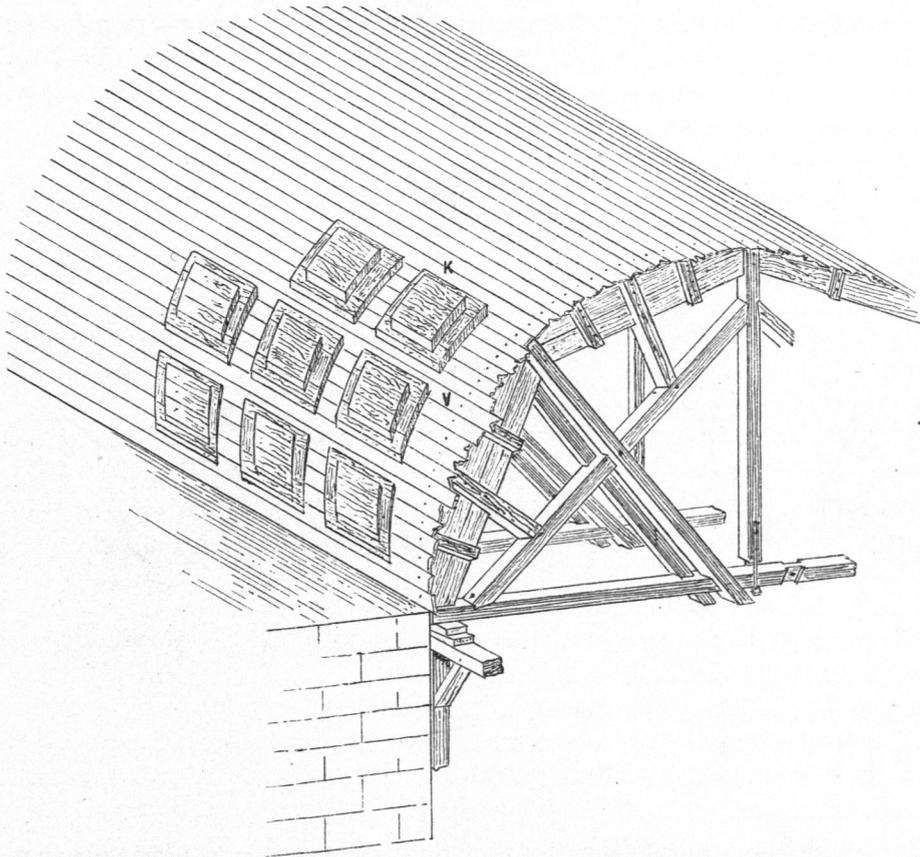


Fig. 337.



Vorſicht zu betrachten iſt. Bei derart ſchwach ausgeführten Tonnengewölben müſſen neben ausgezeichneter Arbeit vorzügliches Steinmaterial und vortrefflichſter Mörtel zur Geltung kommen, und dennoch treten in dieſen Tonnengewölben ſchon bei 4^m Spannweite leicht Verdrückungen, ſelbſt bei guter Ausmauerung der Zwickel, auf. Die Weite von 4^m wird beſſer auf höchſtens 3^m beſchränkt. Auch iſt zu berücksichtigen, daſs, wenn überhaupt über dem Gewölbe ein Fußboden hergerichtet iſt, derſelbe unter Umſtänden mit weit ſtärkerer Belaftung verſehen wird, als ſolche bei der Bezeichnung »Belaftung gewöhnlicher Wohnräume« urſprünglich angenommen

Fig. 338.



war. Die Decken-Construction ſoll aber in jedem Falle bei der möglichſt ungünſtigſten Beanspruchung ſtandfähig ſein, und hiernach iſt, wie früher gezeigt, die ſtatiſche Unterſuchung zu führen und die Gewölbſtärke ſowohl für die Gurte, wie für das Gewölbe ſelbſt zu beſtimmen.

Wird ein Backſteingewölbe nach der Widerlagsfuge hin verſtärkt, ſo ſoll dieſe Verſtärkung vom Scheitel bis zum Gewölbfuſe ſtetig und ohne ſchroffe Abſätze erfolgen, ſelbſt wenn hierbei ein mäſſiges Verhauen und Kürzen der Wölbſteine an der Rückenfläche des Gewölbes vorzunehmen iſt; denn hierdurch wird ein günſtigerer Verlauf der Mittellinie des Druckes erzielt.

Dem Einwölben mit Backſtein »auf Kuf« ſteht die allerdings mehr bei flach-

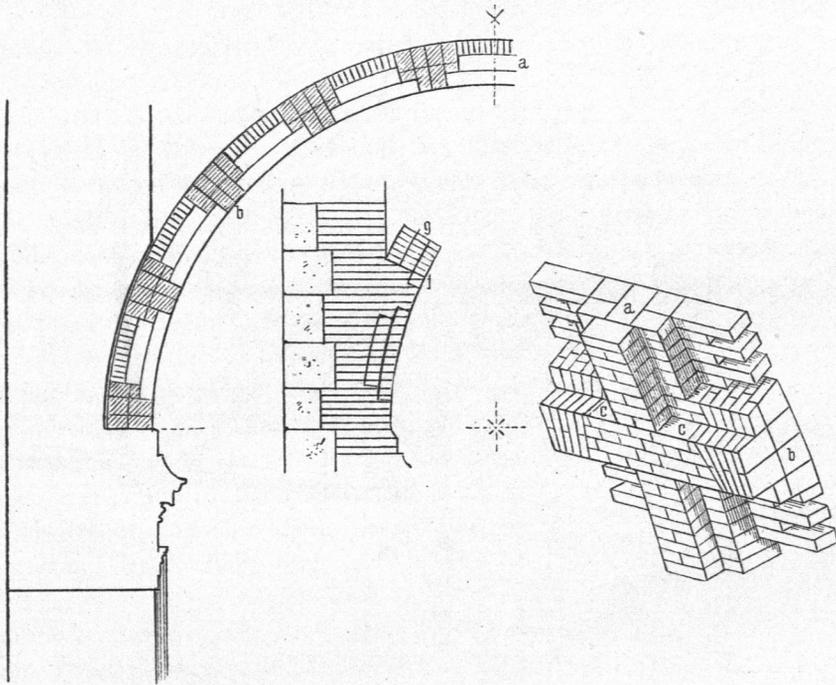
bogigen Gewölben angewandte Verbandart »auf Schwalbenschwanz« oder »auf Stich« gegenüber. Diese soll bei den Kappengewölben näher besprochen werden.

163.
Cassettirte
Tonnen-
gewölbe.

Um die Laibungsfläche eines Tonnengewölbes, abgesehen von einem Schmuck durch Bemalung, schon in der Construction selbst architektonisch zu gliedern und reicher zu gestalten, verzieht man das Gewölbe mit künstlerisch geformten und regelrecht geordneten, durch staffelartig angelegte Umrahmungen begrenzte Füllungen, Vertiefungen oder mit fog. Cassetten.

Bei der Ausführung derartiger cassettirter Tonnengewölbe werden nach Fig. 338 auf der vollständigen Verschalung *V* der Wölbboegen, der Cassettenanordnung entsprechend, Holzkaften *K* befestigt, so das hierdurch die Grundlage für die Mauerung des Gewölbes geschaffen ist. Diese Holzkaften sind nach oben schwach verjüngt, also als mäsig abgestumpfte Pyramiden zu bilden, damit beim Löfen des Wölb-

Fig. 339.



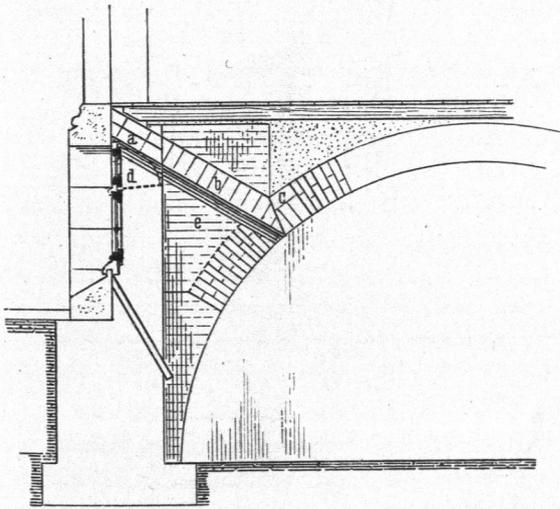
gerüstes ein leichtes Nachfolgen der Cassettenkaften und kein Hängenbleiben derselben im Gewölbe stattfinden kann. In sehr zweckmäßiger Weise können nach einem von *Moller* angegebenen Verfahren nach Fig. 339 die Querrippen *a* der Cassetten als Stücke von Tonnengewölben, die Längsrippen *b* als Bestandtheile des Gewölbes in der Anordnung eines die Querrippen verspannenden scheinrechten Bogens ausgeführt werden, wobei das Zwischenstück *c* ordnungsmäßige Widerlagsflächen zu bieten hat. Der obere Abschluss der Cassetten kann dabei in der Anordnung entweder derjenigen eines $\frac{1}{2}$ Stein starken Tonnengewölbes oder eines $\frac{1}{2}$ Stein starken scheinrechten Gewölbes entsprechen. In Fig. 339 ist die erste Einwölbungsart beibehalten.

Soll ein cassettirtes Tonnengewölbe bis zu einer um etwa 60 Grad zum Scheitellothe geneigten Fuge *f*, welche dann zweckmäßig mit der unteren Fugen-

richtung der Caffette *g* zusammenfällt, ein wagrecht vorgemauertes Widerlager erhalten, so ist, wie Fig. 339 zeigt, auch die tiefste Caffette in wagrechter Schichtenmauerung auszuführen.

Da bei Tonnengewölben an und für sich die Pfeilhöhe ein beträchtliches Maß erreicht, also die Constructionshöhe, einschl. der Gewölbstärke und der Höhe bis zur Oberkante des darüber befindlichen Fußbodens ziemlich groß wird, da ferner die Stirnmauern der Tonnengewölbe häufig nicht für die Anlage von Oeffnungen zur Beleuchtung durch Tageslicht bei den mit Tonnengewölben zu überdeckenden Räumen benutzt werden können, so sind bei beschränkter Constructionshöhe derartige Lichtöffnungen in den Widerlagsmauern des Gewölbes anzubringen. Diese Lichtöffnungen sind bei den meisten Anlagen in ihren oberen Begrenzungen weit über dem Gewölbefuß abzudecken. Für die Breite dieser Lichtöffnungen muß im Tonnengewölbe freier Platz geschaffen, also das Gewölbe selbst gleichsam an diesen Stellen ausgechnitten werden. Nach der Annahme dieses Auschnittes würde aber für die

Fig. 340.



Weite desselben ein Widerlager des angrenzenden Gewölbtheiles fehlen. Für dieses Widerlager ist ein selbständiger Gewölbtheil, der sog. Kranz *c* (Fig. 340), in das Hauptgewölbe einzufügen, und ferner ist zum oberen Abschluss der zwischen dem Gewölbekranz und der Lichtöffnung *d* verbleibenden Oeffnung ein besonderes kleines Gewölbe, eine sog. Stichkappe *b*, welche in das Hauptgewölbe gesteckt wird, herzustellen. Die an beiden Seiten der Oeffnung, dem sog. Ohr, zu bewirkende Abschließung wird durch lothrecht aufgeführte, auf dem Hauptgewölbe ruhende, $\frac{1}{2}$ bis 1 Stein starke Wangenmauern erzielt. Größtentheils gehören diese Wangen

schon der Hintermauerung der Gewölbe in den Zwickeln an und sind dann, wenn diese zu $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der Gewölbhöhe ausgeführte Hintermauerung die Oeffnung des Ohres noch nicht schliessen sollte, stets entsprechend höher zu führen. Ist, wie in Fig. 340 angenommen, auch der Mauerbogen *a* der inneren Laibung der Lichtöffnung geneigt anzulegen, so folgt derselbe in feiner Neigung meistens der Neigung der Stichkappe *b*.

Schon in Art. 133 (S. 161) ist der Stichkappen bei Tonnengewölben gedacht worden.

Hinsichtlich der Ausführung dieser Stichkappen ist zu bemerken, daß man Stichkappen, deren Laibungen einer Cylinder-, Kegel- oder Kugelfläche angehören, von einander zu unterscheiden hat. Vorzugsweise werden die cylindrischen oder kegelförmigen, feltener die kugelförmigen Stichkappen in Anwendung gebracht. Bei den ersten beiden kann die Axe der zugehörigen Cylinder- oder Kegelflächen eine wagrechte oder geneigte, nach unten oder nach oben gerichtete gerade Linie sein. Bei kugelförmigen, bezw. Kugel-Stichkappen liegt der größte Kreis der Kappenfläche

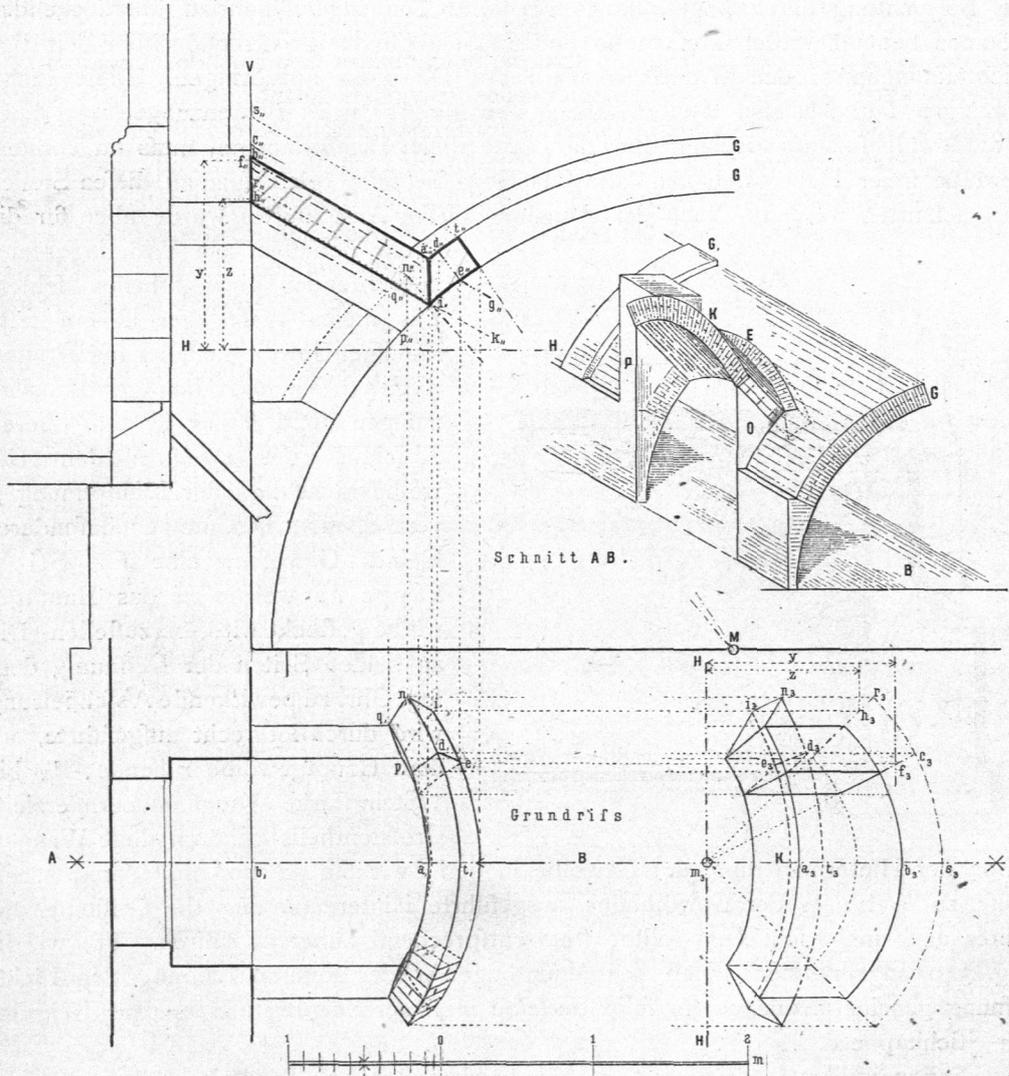
meistens und auch zweckmäÙig tiefer, als der tiefste Punkt der inneren Kranzlinie an der Laibung des Hauptgewölbes.

165.
Cylindrische
Stichkappen.

In Fig. 341 ist die Ausmittlung einer cylindrischen Stichkappe mit geneigter Axe nebst dem Gewölbekranze, so wie ein Bild der ganzen Anordnung gegeben.

Im Bilde sind B die Kämpferebene des Tonnengewölbes, G das Gewölbe, K die cylindrische, nach dem Gewölbe geneigte Stichkappe und E der Kranz, welcher das Widerlager für das Gewölbe der Breite

Fig. 341.



der Stichkappe entsprechend bildet; gegen denselben lehnt sich die Stichkappe. O ist das Ohr und P die Wange der Stichkappe; G_1 ist ein Verstärkungsgurt des Hauptgewölbes.

Die Leitlinie der Stichkappe ist ein Kreisbogen mit dem Halbmesser z , dessen Mittelpunkt in der wagrechten Ebene HH und der lothrechten Ebene V liegt. Derselbe ist in der Hilfsfigur K mit dem Halbmesser $m_3 a_3 = z$ geschlagen. Die Rückenlinie ist der mit dem Halbmesser $m_3 b_3 = y$ beschriebene, durch b_3 gehende concentrische Kreisbogen. Die Neigung der Cylinderaxe der Stichkappe ist durch die dieser Axe parallele Erzeugende h, i , gegeben.

Setzt man im Schnitte AB , nachdem b, a , parallel zu h, i , bis zur Rückenlinie des Gewölbes gezogen ist, die obere Stärke a, t , des Kranzes so fest, daß die untere in der Wölbfläche liegende Stärke

deffelden etwa 1 Stein, bei kleineren Gewölben $\frac{1}{2}$ Stein beträgt, oder umgekehrt, das bei stark nach unten gerichteter Stiehkappe $a,, t,,$ selbst gleich diesen Abmessungen genommen wird, so ist durch die von $t,,$ nach M geführte Gerade und durch die Linien $t'' a''$ und $a'' i''$, so wie ein Stück der inneren Wölblinie des Hauptgewölbes, gleich der unteren Stärke des Kranzes, begrenzte Figur der in der lothrechten Ebene AB liegende Querschnitt des Kranzes.

Legt man durch t'' eine Erzeugende $t'' s''$ parallel zu der Cylinderaxe, bezw. zu $h,, i,,$, so gehört dieselbe einem ideellen Cylinder an, dessen Leitlinie der um m_3 in der Hilfsfigur beschriebene Kreisbogen mit dem Halbmesser $m_3 s_3$ ist, wobei s_3 hier so hoch über HH liegt, wie die Lage von $s,,$ im Schnitte AB über HH ergeben hat.

Sind somit für die Stiehkappe und für den Kranz die nöthigen Cylinderflächen bestimmt, so lassen sich mit Hilfe der darstellenden Geometrie auf leichte Weise auf dem aus der Zeichnung ersichtlichen Wege die sämmtlichen Begrenzungslinien des Kranzes, welche als Durchschnittslinien der einzelnen cylindrischen Flächen mit den unteren und oberen Flächen des Tonnengewölbes auftreten, in den drei hier gewählten Projectionen bestimmen. Die von $p,$ und $i,$ auslaufenden Curven gehören der inneren Wölbfläche, die von $q,$ und $n,$ fortziehenden Begrenzungslinien gehören der Rückenfläche des Hauptgewölbes an.

Eben so läßt sich mittels der Projection der Erzeugenden, welche durch $f,,$ bezw. f_3 und $c,,$ bezw. c_3 gelegt sind, eine Fuge $d, e,$ des Kranzes und danach die in der Figur für $d, e,$ angedeutete Fugenfläche bestimmen, wobei nur zu beachten, daß in der Hilfsfigur d_3 auf der durch n_3 gehenden Durchdringungslinie der Rückenlinie der Stiehkappe und der Rückenlinie des Hauptgewölbes liegt, während e_3 der Durchschnittspunkt der durch f_3 , bezw. $f,,$ gehenden Erzeugenden mit der inneren Wölblinie ist und sich auf der durch $i,$ laufenden Kranzlinie befindet. Die Lagerfugen des Kranzes gehören lothrechten Ebenen an, deren Spuren in der Hilfsfigur als $m_3 r_3$ und $m_3 c_3$ gezeichnet sind.

Der Kranz an sich wird aus Backstein unter Wahrung der so bestimmten Lagerfugen auf Verband gemauert und gleichzeitig mit dem Hauptgewölbe, wobei auf der Schalung die inneren durch p_1 und i_1 gehenden Durchdringungslinien vorgezeichnet sind, ausgeführt. Die Wangen für die Stiehkappen und danach die Stiehkappen selbst können nach Vollendung des Hauptgewölbes oder gleichzeitig mit demselben hergerichtet werden.

Für die Stiehkappen wird in den meisten Fällen eine Verschalung, welche sich unmittelbar auf die Schalung des Hauptgewölbes legt und die an ihrer Schmieglinie der inneren Durchdringungslinie p_1 folgt, angebracht. Bei untergeordneten Anlagen wird statt solcher Schalung für die Laibungsfläche der Stiehkappe auch hin und wieder ein oben entsprechend abgeformter, zwischen den aufgeführten Wangen liegender Erdhügel, aus thonigem Sande bestehend, auf die Schalung des Hauptgewölbes gebracht und dieser als Lehre für die Stiehkappe benutzt.

Bei den kegelförmigen Stiehkappen sind gleichfalls zuerst die Durchschnittslinien der Laibungs-, bezw. Rückenflächen des Hauptgewölbes mit den entsprechenden Kegelflächen der Stiehkappe zu ermitteln.

166.
Kegelförmige
Stiehkappen.

In Fig. 342 ist die Zeichnung für eine Stiehkappe mit ansteigender Kegelfläche gegeben.

Die Axe der inneren Kegelfläche ist im lothrechten Schnitte AB die Gerade $s,, m$. Ihre Grundriß-Projection ist $s p$; ihre Projection im Schnitte CD ist $s,, m$. Das weitere Festlegen dieser Kegelfläche ist durch die Bestimmung erfolgt, daß die höchste Seitenlinie derselben durch den höchsten Punkt $e,$ des inneren Laibungsbogens $a, c, f,$ der Fensteröffnung gehen soll. Dieser Bogen besitzt nach der Darstellung im Schnitte CD den auf der Kegelaxe gelegenen Punkt $e,$ als Mittelpunkt; die Projection dieses Punktes in der Ebene V des Schnittes AB ist $e,,$.

Betrachtet man diesen Bogen $a, c, f,$ als Theil eines in der lothrechten Ebene V gelegenen Kreises, so erseht man, daß die für die Laibungsfläche der Stiehkappe benutzte Kegelfläche einem schiefen Kegel angehört, bei welchem die Axe $s,, m$ mit der in der Ebene V enthaltenen Geraden $V e,,$ den Winkel $V e,, s,,$ einschließt. Jede parallel mit der Ebene V geführte Ebene schneidet die Kegelfläche nach einem Kreise. Die höchste Erzeugende ist im Schnitte AB als die Gerade $s,, c,, p,,$ eingetragen. Der Punkt $p,,$ gehört der inneren Wölblinie des Hauptgewölbes an, ist also ein gemeinschaftlicher Punkt des Hauptgewölbes und der inneren Laibungsfläche der Stiehkappe.

Eine durch ρ , geführte lothrechte Ebene E liefert als Kegelschnitt einen Kreis mit dem Halbmesser $m\rho$. Ein Stück dieses Kreises ist im Grundriss AB als Bogen K niedergelegt. Der Mittelpunkt desselben ist die wagrechte Projection des Punktes m , also der Punkt ρ , und hiernach ist $\rho o = \rho, m$ zu nehmen. Die für die Stichkappe in Frage kommende tiefste Seitenlinie des Kegels ist als Strahl $s b$ im Grundriss gekennzeichnet. Derselbe muß durch den tiefsten Punkt a , der Bogenlinie a, c, f , der Fensteröffnung, gehen. Da der Punkt a im Grundriss diesem tiefsten Punkte a , zukommt, so ist die Lage der bezeichneten tiefsten Erzeugenden in ihrem Beginne durch $s a$ bestimmt. Diese Erzeugende trifft, gehörig erweitert, den in der Ebene EE gelegenen Kegelschnitt im Punkte b . Die Ordinate dieses Punktes ist mit Hilfe des Kreises K als $b h$ auszumessen. Trägt man diese Länge $b h$ von m als $m b$, in der Lothrechten EE ab, so ist s, b , die Aufriss-Projection der gefuchten Erzeugenden. Dieselbe durchstößt die Laibungsfläche des Tonnengewölbes in einem Punkte, dessen Projectionen v , und v auf den entsprechenden Kegelerzeugenden, deren Projectionen in s, b , und $s b$ sind, nunmehr leicht gefunden werden können. Durch v, ρ , und $v \rho$ zieht die innere tiefste Durchdringungslinie der Kegelfläche der Stichkappe mit der cylindrischen Fläche des Hauptgewölbes.

Um noch irgend einen Punkt dieser Durchdringungslinie in seinen Projectionen zu erhalten, ist im Grundriss die beliebig genommene Kegelerzeugende sg gezogen, die Ordinate $g i$ des Endpunktes dieser Seitenlinie im Kreise K von m nach g , im Schnitte AB abgetragen und die Gerade s, g , geführt. Dieselbe liefert den Durchstoßpunkt d , im Aufriss, wonach d im Grundriss auf sg und d , im Schnitte CD bestimmt werden kann.

Die Rückenfläche der Stichkappe gehört gleichfalls einem schiefen Kegel an, dessen Axe mit der Axe des Kegels der inneren Laibungsfläche zusammenfällt und dessen Leitlinie ein in der Ebene V gelegener Kreis ist, welcher dem Grundkreise des ersten Kreises concentrisch ist. Nimmt man die rechtwinkelig auf c, ρ , abzusetzende Stärke der Stichkappe als Abstand der beiden parallelen Geraden c, ρ , und k, γ , im Schnitte AB z. B. gleich 1 Steinlänge an, so ist e, k , der Halbmesser des Grundkreises für den Kegel der Rückenfläche der Stichkappe. Im Schnitte CD ist der mit dem Halbmesser $e, k, = e, k$, um e , beschriebene Bogen k, r , ein Stück dieses Grundkreises. Dasselbe ist durch eine den Punkt a , und die Kegelaxe enthaltene Ebene begrenzt, welche die Ebene V in einer Geraden schneidet, die im Punkte a , senkrecht zum Bogen a, c, f , steht. Der Punkt r , ist ein Grenzpunkt. Jede durch die beiden Kegelflächen gemeinschaftlich angehörende Axe geführte Ebene schneidet dieselben in Seitenlinien, welche vermöge der concentrischen Grundkreise und der Annahme des Parallelismus der höchsten Erzeugenden c, ρ , und k, γ , unter einander gleichfalls parallel sind.

Verbindet man im Schnitte AB die Punkte γ , und ρ , durch eine gerade Linie, nimmt man ρ, β , oder, bei stark geneigten Stichkappen, γ, α , gleich der zu wählenden Breite des Kranzes, z. B. bei Backsteingewölben je nach der größeren oder kleineren Spannweite der zusammentretenden Gewölbe zu 1, bezw. $\frac{1}{2}$ Steinlänge an, zieht man darauf β, α , bezw. α, β , senkrecht zur Wöblinie des Hauptgewölbes, so ist $\alpha, \beta, \rho, \gamma$, im Schnitte AB der lothrechte Schnitt des Kranzes.

Die Punkte β , und α , sind wiederum als Punkte weiterer Kegelflächen anzusehen, deren Axen mit der ursprünglichen Kegelaxe zusammenfallen und welche eben so bestimmt werden können, wie solches bei der Kegelfläche des Rückens der Stichkappe gezeigt ist. Zieht man β, γ , bezw. α, γ , parallel zu c, ρ , so sind e, γ , bezw. e, α , die Halbmesser der zugehörigen Grundkreise. Dieselben sind, so weit die erweiterte Normale ar im Schnitte CD folches bedingt, stückweise als γ, x , bezw. α, q , gezeichnet. Nach diesen Ermittlungen läßt sich nun die Anschlußfläche des Kranzes im Hauptgewölbe näher angeben.

Die Projectionen dieser Fläche sind im Grundriss als $u v w t$, im Schnitte AB als u, v, w, t , und im Schnitte CD als u, v, w, t , dargestellt. Von diesen Eckpunkten der Fläche sind bereits v , v , früher bestimmt.

Um die Punkte u , u , u , zu erhalten, ist das Folgende zu bemerken. Nach dem Schnitte CD gehört der Punkt u , der durch b, a, r , gehenden Ebene und ferner einer durch r , gehenden Erzeugenden 11 an, welche, wie oben bemerkt, zur Seitenlinie s, a , des ursprünglichen Kegels der Laibungsfläche der Stichkappe parallel sein muß. Im Schnitte AB entspricht dem Punkte r , der Punkt r . Zieht man r, u , parallel zu s, a , so ist u , auf der Rückenlinie des Hauptgewölbes gefunden; führt man im Schnitte CD die Gerade 11 parallel zu s, a , so liegt u , entsprechend u , auf dieser Geraden. Die rechtwinkelige Entfernung des Punktes r , vom Lothe s, e , ist gleich ρ, r . Trägt man im Grundriss die Strecke $c1 = \rho, r$, ab und zieht man hier wiederum 11 parallel zu s, a , so ist der Punkt u , entsprechend u , auf 11 zu finden. In gleicher Weise ist für die übrigen Punkte zu verfahren. Die Punkte t, t, t gehören den Erzeugenden 22 an, für welche zunächst der Punkt x , im Schnitte CD maßgebend wird. Die Punkte w, w, w kommen den Erzeugenden 33 zu, für welche alsdann der Punkt q , im Schnitte CD grundlegend wird. Da alle Punkte der zu bestimmenden Fläche in der durch die Kegelaxe gehenden

Ebene, welche die Gerade a, r , enthält, liegen müssen, so sind die Erzeugenden 22 , bezw. 33 parallel den zugehörigen Seitenlinien s, a , bezw. s, a , bezw. s, a .

Für eine beliebige Lagerfugenfläche, welche im Schnitte CD durch d, l , bezeichnet ist, gilt dieselbe Art der Bestimmung.

Führt man im Schnitte CD eine beliebige der Ebene a, q , benachbarte Ebene durch die Kegellaxe, so zieht durch den betreffenden Schnittpunkt dieser Ebene mit dem Kreisbogen a, c, f , eine Erzeugende s, g , zu welcher dann alle übrigen Erzeugenden, die für die Eckpunkte der Lagerfugenfläche in Betracht gezogen werden müssen, parallel zu legen sind. Für den Punkt l , ist also die Erzeugende 2_1 parallel zur Geraden s, g . Für die übrigen Punkte der Lagerfugenfläche ist die Zeichnung nicht weiter durchgeführt, da das Nöthige bei der Ansatzfläche des Kranzes mitgetheilt ist.

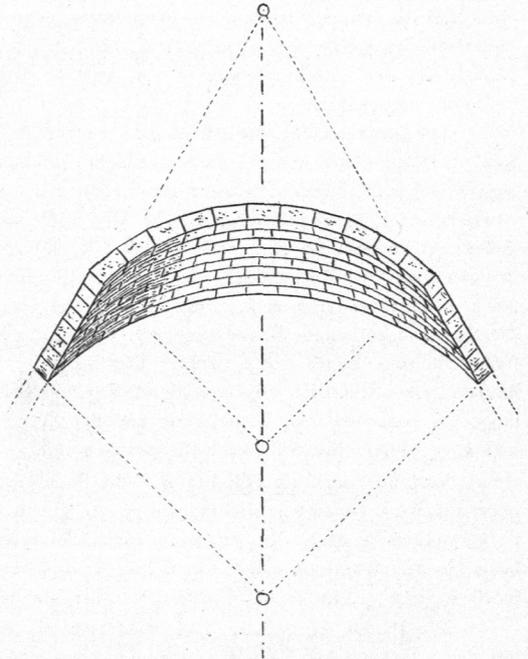
Die kegelförmigen Stichkappen sind vermöge ihrer Verbreiterung nach dem Hauptgewölbe zu für die Beleuchtung der mit solchen Decken versehenen Räume durch Tageslicht günstig. Ihre Einwölbung erfolgt bei Backsteingewölben zweckmässig auf Schwalbenschwanz oder nach dem sog. *Moller'schen* Verbannde (Fig. 343), wobei die Lagerfugen in Ebenen parallel zur Stirn der Stichkappe liegen, weil bei der Einwölbung auf Kuf durch das Divergiren der Lagerfugenflächen in den meisten Fällen ein zu starkes Verhauen der Backsteine durch das Zufpitzen der Wölbsteine vom Kranze nach der Fensteröffnung hin eintreten müsste.

167.
Kugel-
Stichkappen.

Bei den Kugel-Stichkappen gehört die Laibungsfläche einem bestimmten Theile einer Kugelfläche an. Fig. 344 giebt die Anlage einer Kugel-Stichkappe an der Schildmauer eines Tonnengewölbes mit dem zugehörigen Kranze im Grundriss, Aufriss und in einem Meridionalschnitte MM . Die Ansatz- oder Widerlagsflächen des Kranzes müssen an den Stirnmauern liegen. Dasselbe gilt auch für solche cylindrische oder kegelförmige Stichkappen. Würde bei diesen Anlagen der Kranz fein Widerlager im Hauptgewölbe entfernt von der Schildmauer erhalten, so wären mehrere Schichten desselben ohne Widerlager; auch könnten die verbleibenden Seitenöffnungen der Stichkappe nicht durch Wangenmauern, welche auf den widerlagslosen Schichten ruhen müssten, geschlossen werden. Unschön und nicht empfehlenswerth ist ferner ein allmähliches Emporziehen der Wölbsteine nach der Abschlusslinie einer in der Stirnmauer befindlichen Licht- oder Thüröffnung.

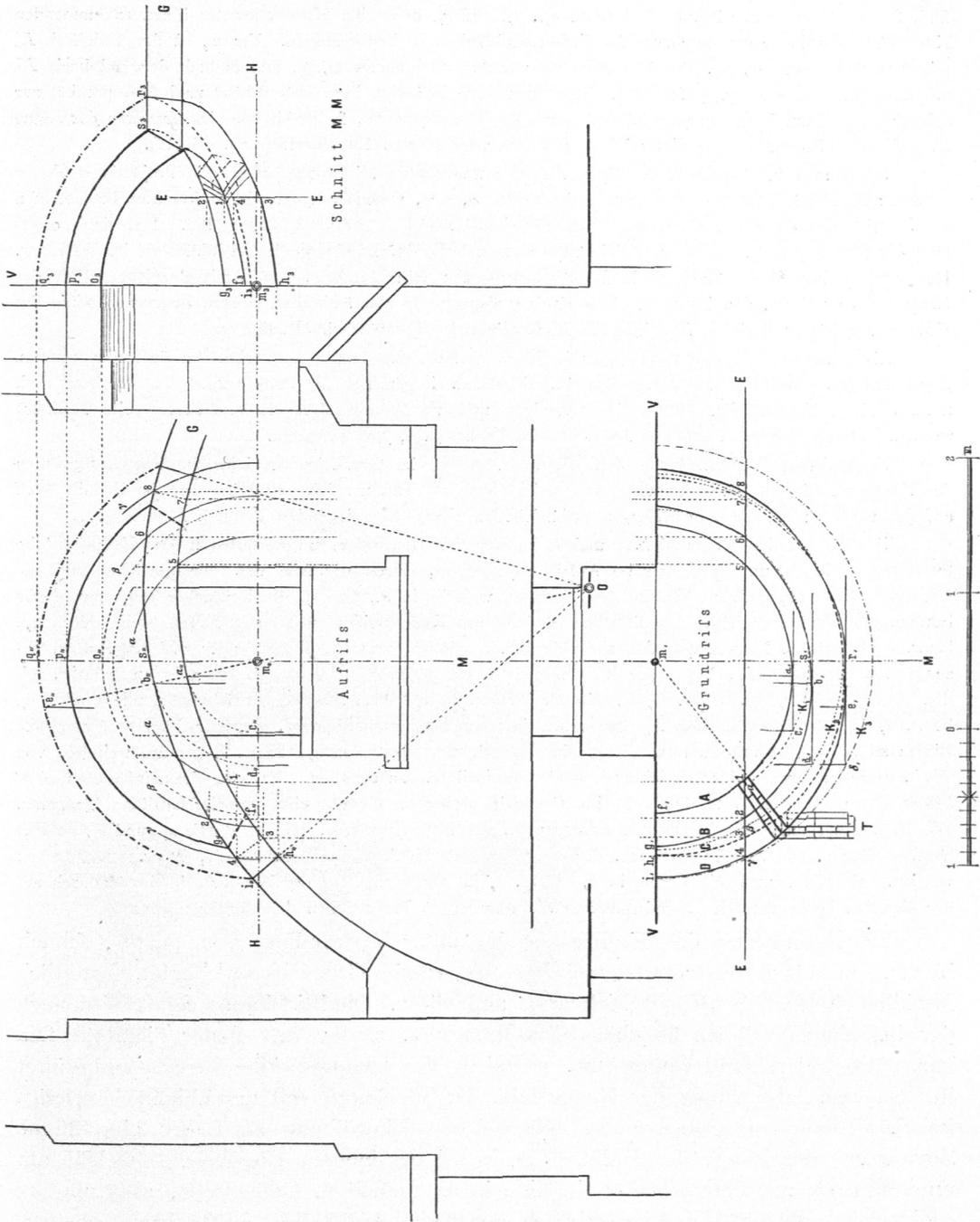
Bei der in Fig. 344 gegebenen Kugel-Stichkappe ist in erster Linie die Bestimmung des Kranzes von Bedeutung. Der Mittelpunkt der Kugel liegt in der Ebene der Stirnmauer. Die Kugelfläche der Stichkappe besitzt in ihrem größten Kreise den durch o , im Aufriss geführten Abschlussbogen einer Maueröffnung, dessen Mittelpunkt m , gleichzeitig die lothrechte Projection des Mittelpunktes der Kugel ist. Diesem entsprechen die Punkte m , bezw. m_3 im Grundriss und im Schnitte MM . Die durch m, m_3 gelegte wagrechte Ebene HH enthält ebenfalls den größten Kreis der Kugel. Erweitert man den durch o , gehenden Kreisbogen, so schneidet derselbe die innere Wölblinie des Hauptgewölbes im Punkte f ,. Die wagrechte Projection dieses Durchstoßpunktes ist f , und die lothrechte Projection desselben im Schnitte MM ist f_3 .

Fig. 343.



Nimmt man im Aufrifs o, p, q gleich der Stärke der Kugel-Stichkappe, so ist diese in der Meridianebene VV gelegen, bezeichnet also die normale Stärke dieser Kappe. Der mit m, p, q und m, q gefchlagene Kreis trifft die Rückenlinie des Hauptgewölbes in g, q , wonach weiter g, q im Grundrifs und g_3, q_3 im

Fig. 344.



Schnitte MM bestimmt werden können. Ausserdem ergeben die geraden Linien f, g, f, g, f, g eine Begrenzungslinie vom Ansatz des Kranzes.

Setzt man im Aufrifs g, i oder f, h als Stärke des Kranzes fest und zieht man i, h normal zur Wöblinie, hier also radial durch O , so ergibt sich in f, g, i, h die lothrechte Projection der An-

fatzfläche des Kranzes. Die Projectionen derselben im Grundriß und im Schnitt MM sind danach leicht zu ermitteln.

In ganz gleicher Weise ist die zweite Ansatzfläche bei G zu zeichnen.

Um für die Kranzlinie weitere Punkte, welche in Fig. 344 durchweg mit $r, 2, 3, 4$ bezeichnet sind, fest zu legen, sind die für die Punkte $o,, p,,$ und $q,,$ geltenden Halbmesser der ihnen zukommenden Kugelflächen benutzt, um im Grundriß diese Kugelflächen zu kennzeichnen. Um $m,$ ist der Halbkreis K_1 mit dem Halbmesser $m,, o,,$, der Halbkreis K_2 mit dem Halbmesser $m,, p,,$ und endlich der Halbkreis K_3 mit dem Halbmesser $m,, q,,$ geschlagen. Führt man eine beliebige lothrechte Ebene nach EE parallel zur Stirnebene VV durch die Kugel-Stichkappe und das Hauptgewölbe, so erhält man im Grundriß der Reihe nach die Schnittpunkte $\alpha\beta\gamma$ dieser Ebene mit den angegebenen Kugelnreisen K_1, K_2, K_3 .

Sucht man im Aufriß in der Spur HH der wagrechten Mittelpunktsebene die Projectionen dieser Punkte auf, so gehen durch diese Punkte die Kreise α, β, γ , welche offenbar die lothrechten Projectionen der Schnittlinien der einzelnen Kugelflächen mit der durch EE geführten Ebene sind. Der Kreis α gehört der Laibungsfläche der Kugel-Stichkappe an; derselbe durchstößt die innere Wölblinie im Punkte 1 . Der Kreis β kommt der Rückenlinie der Stichkappe zu; sein Durchstoßpunkt mit der Rückenlinie des Hauptgewölbes liefert den Punkt 2 . Der Kreis γ dagegen ist der äußersten oberen Begrenzungslinie des Kranzes angehörig; derselbe schneidet die Rückenlinie des Gewölbes im Punkte 4 .

Zieht man endlich den Strahl $4O$, so liefert derselbe den Punkt 3 , welcher der äußersten unteren Begrenzungslinie des Kranzes zuzuweisen ist. Nachdem im Aufriß die Punkte $1, 2, 3, 4$ ermittelt sind, können die entsprechenden Punkte im Grundriß und im Schnitt MM in einfacher Weise bestimmt werden. Durch dasselbe Verfahren sind auch die Punkte $5, 6, 7, 8$ gefunden.

Nach diesen Angaben lassen sich die mit $ABCD$ im Grundriß bezeichneten Begrenzungslinien des Kranzes ermitteln. Die Punkte $s,$ und $r,$ im Grundriß ergeben sich mit Hilfe der im Schnitt MM auf den um m_3 mit $m_3 p_3$, bezw. $m_3 q_3$ beschriebenen Kreisbogen liegenden Punkten s_3 und r_3 .

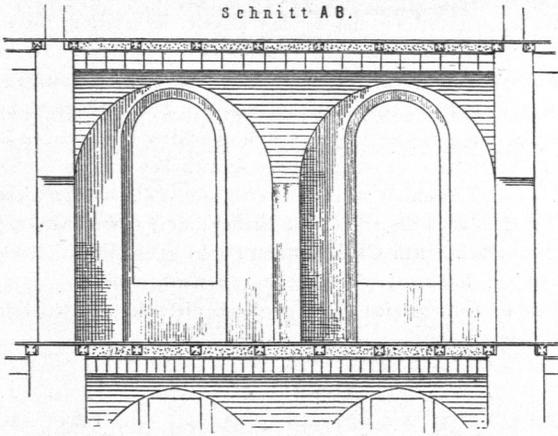
Für die auf den Kranzlinien A und B im Grundriß liegenden, am weitesten in das Hauptgewölbe tretenden Punkte $a,$ und $b,$ ist der im Aufriß angegebene, durch die Axe des Hauptgewölbes und die wagrechte Kugelaxe geführte Schnitt $Om,,$ benutzt, welcher in $a,,$ und $b,,$ die lothrechte Projection dieser betrachteten Punkte ergibt. Da dieselben zunächst auf Kugelnreisen, welche entstehen, wenn durch $a,,$ bezw. $b,,$ lothrechte Ebenen parallel zur Stirnmauer geführt werden, sodann aber auf wagrechten Erzeugenden der Wölblinie, bezw. der Rückenlinie des Hauptgewölbes liegen, so hat man nur nöthig, mit den Halbmessern $m,, a,,$ bezw. $m,, b,,$ die Kreisbogen $m,, c,,$ bezw. $m,, d,,$ zu schlagen, die Punkte $c,$ bezw. $d,$ auf den Kugelnreisen $K,,$ bezw. $K,,$ im Grundriß zu bestimmen, durch $c,$ bezw. $d,$ parallele Linien zu VV zu führen, um auf diesen die wagrechten Projectionen $a,,$ bezw. $b,$ der am weitesten von VV entfernten Punkte der bezeichneten beiden Kranzlinien zu erhalten. Für die Kranzlinien D und C bildet die parallel zu VV durch δ_1 im Grundriß gezogene Gerade eine gemeinschaftliche Tangente. Die Berührungspunkte liegen auf den Erzeugenden des Hauptgewölbes, welche durch $a,,$ und $b,,$ geführt werden können, und auf Kugelnreisen, deren Projectionen im Aufriß sich mit $b,, d,,$ bezw. $a,, c,,$ decken würden. Erweitert man die Lothe in $a,,$ bezw. $b,$ im Grundriß, so ergeben sich in den dadurch auf der Geraden δ_1 entstehenden Schnittpunkten die wagrechten Projectionen der Berührungspunkte.

Die Ausführung des Kranzes erfolgt unter Verwendung von gutem, schnell bindendem Mörtel mit Lagerfugenflächen, die, wie im Grundriß angedeutet, sämmtlich Meridianschnitten der Kugel-Stichkappe angehören. Die Stichkappe selbst wird nach der bei Kugelgewölben üblichen Einwölbungsart, wovon erst später die Rede sein kann, aus freier Hand eingewölbt, nachdem das Hauptgewölbe bereits ausgerüstet ist. Da eine Ausschalung der Kugelfläche der Stichkappe mit unnöthigen Schwierigkeiten verknüpft ist, so benutzt man bei der Einwölbung als Lehre eine dünne Stange von der Länge des Halbmessers $m,, o,,$ der inneren Kugelfläche, welche am unteren Ende mit einem Haken in eine in $m,,$ befestigte Oese greift, also um $m,,$ drehbar ist und nun den Ringschichten der Kugel-Stichkappe entsprechend als fog. Leier umhergeführt werden kann, so daß mit Leichtigkeit durch das obere Ende der Leier die richtige Stellung und Anordnung der Lager- und Stofsugen für die Wölbsteine der Stichkappe zu treffen ist.

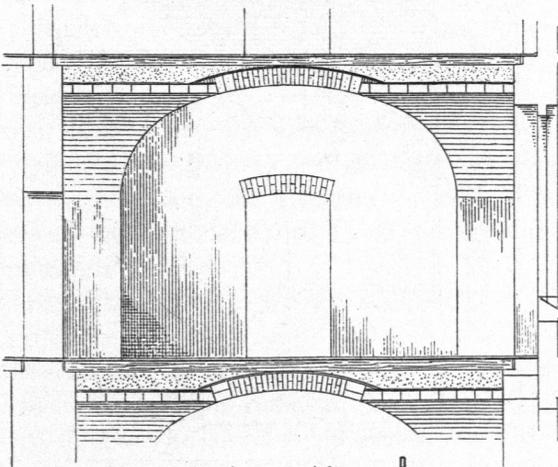
Soll die Kugel-Stichkappe gleichzeitig mit dem Hauptgewölbe ausgeführt werden,

Fig. 345.

Schnitt AB.

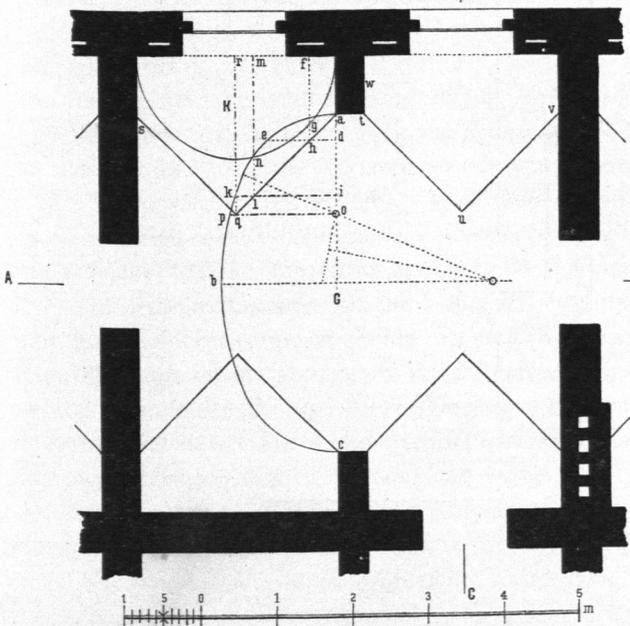


Schnitt CD.



Grundriss

D



so gebraucht man als Lehre für die Stichkappe einen aus lehmigem Sand entsprechend geformten, auf der Schalung des Hauptgewölbes ruhenden Kern, auf welchem die Wölbsteine der Stichkappe in concentrisch lagernden Ringfichten mit radialen Lager- und Stofsugen vermauert werden.

Die Anordnung von Stichkappen bei Tonnengewölben bietet im Hochbauwesen, abgesehen von der dadurch bewirkten fachgemässen Anlage von Licht- und Thüröffnungen, mannigfache Vortheile. So ist durch dieselben eine Auflöfung der Widerlager in einzelne kräftigere Pfeiler mit dazwischen liegenden Nischen oder Blenden und hiermit eine bedeutende Verminderung der sonst für ein grösseres Tonnengewölbe erforderlichen, oft sehr starken Widerlagsmassen möglich. Eine solche Auflöfung der Widerlager in Pfeiler und Blenden zeigt Fig. 345 für ein Tonnengewölbe, dessen Wölblinie ein aus drei Mittelpunkten beschriebener Korbogen *abc* ist.

Das eigentliche Widerlager dieses Gewölbes sind die bei *a* und *c* verhältnissmässig schmal, aber entsprechend stark angelegten Pfeiler. Zwischen diesen und den Querscheidemauern, welche übrigens auch als eben solche Pfeiler angelegt werden können, befinden sich die Blenden. Diese sind mit geraden Stichkappen überwölbt, welche sich unmittelbar in das Hauptgewölbe einfügen.

In der Zeichnung sind die unteren Durchdringungslinien in ihrer

168.
Auflöfung
der
Widerlager
in Pfeiler
und
Blenden.

wagrechten Projection von vornherein als gerade Linien fest gelegt, welche im Punkte q auf der Axe der Stichkappen unter einem rechten Winkel zusammentreten und an den Ecken der Pfeiler, so wie an den Scheidewänden endigen.

Durch diese bestimmte Annahme wird die Wölblinie der Stichkappen von der Wölblinie des Tonnengewölbes abhängig gemacht, wie bereits in Art. 133 (S. 161) erwähnt wurde. Die Wöblungslinie der Stichkappe K ergibt sich in einfacher Weise durch das Festlegen von wagrechten Erzeugenden beider Gewölbe, welche in gleicher Höhe über der Kämpferebene in einem gemeinschaftlichen Punkte der Durchdringungslinie über den Geraden aq , bezw. qs zusammentreten. Die Erzeugende de des Hauptgewölbes ergibt auf aq den Punkt h ; durch diesen Punkt zieht auch die zugehörige Erzeugende hf der Stichkappe K .

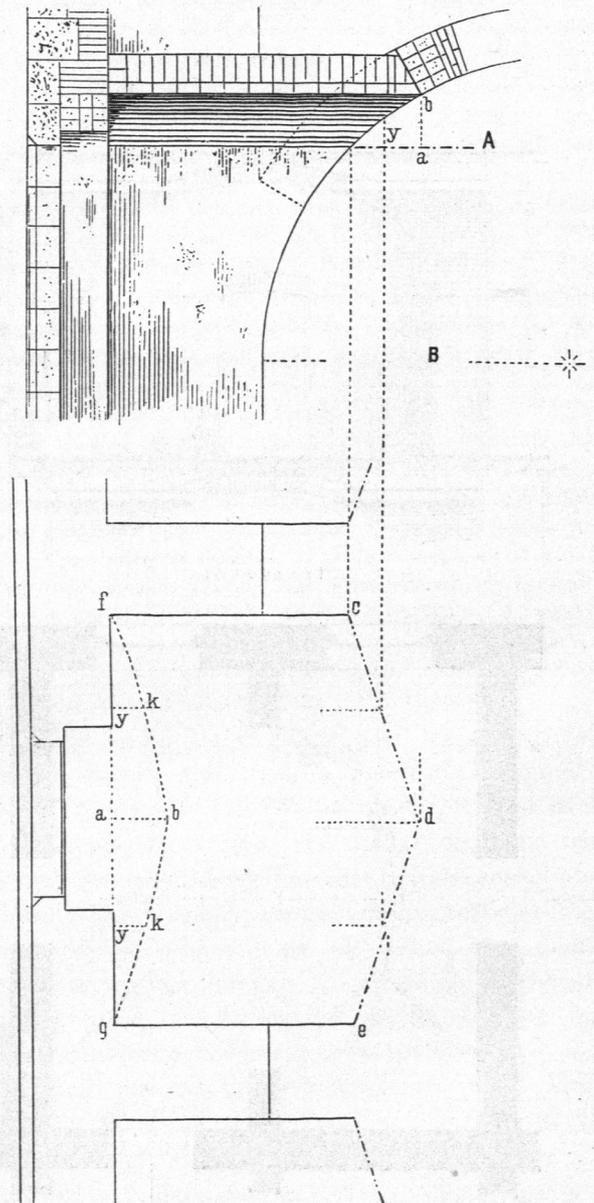
Nimmt man $de = fg$, so ist aus leicht ersichtlichen Gründen der Punkt g ein Punkt der Wölblinie der Stichkappe K . In gleicher Weise ist der Punkt n , wobei $mn = ik$ wird, ermittelt.

Die so gezeichnete Wölblinie nähert sich im vorliegenden Falle, obgleich dieselbe aus zwei Elliptentheilen zusammengesetzt ist, sehr stark der Halbkreisform.

Die Art der Einwölbung ist aus den Schnitten AB und CD ersichtlich. Hätten die Stichkappen nach den vorderen Begrenzungswänden der Blenden, die nunmehr als Schildwände für diese Kappen auftreten und in Folge hiervon meistens nur einer mäßigen Stärke bedürfen, aufsteigen sollen, so ändert diese Anordnung nichts an der Lage der Punkte g, n u. f. f. Die Erzeugenden der Stichkappe sind dann von diesen Punkten aus nicht mehr wagrecht, sondern unter gleichen Winkeln ansteigend, dabei aber einander parallel.

Liegt die Kämpferebene A der Stichkappe höher, als die mit B bezeichnete des Hauptgewölbes (Fig. 346), und sollen dennoch die Durchdringungslinien der Laibungsflächen der beiden zusammentretenden Gewölbe in ihrer wagrechten Projection zwei gerade Linien sein, so werden der Winkel cde , unter welchem dieselben zusammenstoßen, und die Lage ihrer Ausgangspunkte c und e von der gewählten Pfeilhöhe ab der Stichkappe und der inneren Wölblinie des Hauptgewölbes abhängig. Das Festlegen der Leitlinie der Stichkappe mit den beiden Zweigen fb und ge ist z. B. für irgend einen Punkt k mittels der Ordinate y aus der Zeichnung ohne Weiteres zu ersehen.

Fig. 346.



Wird zur Ausführung der Tonnengewölbe ausschließlich Bruchsteinmaterial benutzt, so ist vor allen Dingen auf ein möglichst festes, lagerhaftes, also plattenartiges Material zu sehen. Damit dasselbe den für ein Gewölbe vorgeschriebenen constructionellen Anforderungen entspricht, ist für die einzelnen Steine ein mechanisches Zurichten geboten, das sich darauf erstreckt, daß die einer und derselben Wölbchar zuzuweisenden Steine thunlichst gleiche Dicke und gleiche keilförmige Form durch die Bearbeitung bekommen, da nur hierdurch die Lagerfugenkanten nach dem Vermauern der Steine eine parallele Richtung mit der Gewölbaxe und die Mörtelbänder der Lagerfugen eine möglichst gleiche Stärke erhalten.

169.
Tonnengewölbe
aus
Bruchsteinen.

Ebenfalls sind Steine von einer Längen- und Breitenabmessung unter 20 cm, wenn nicht eine besondere, dem Gussmauerwerk ähnliche Ausführung stattfinden soll, von der Verwendung zur Gewölbemauerung auszuschließen. Die Art der Einwölbung mit Bruchsteinen hat sich hinsichtlich der Verbandanordnung der einzelnen Steine und der Wölbflächen möglichst den für Backsteingewölbe niedergelegten Regeln anzupassen. Die einzelnen Wölbsteine sollen thunlichst durch die ganze Gewölbstärke reichen, die Steine selbst normal zur Laibungsfläche des Gewölbes stehen und die Stosfugen rechtwinkelig zu den Lagerfugen gerichtet sein. Für die Verbindung der Steine ist ein guter verlängerter Cementmörtel, bezw. reiner Cementmörtel zu nehmen. Zeigen sich auf dem Rücken des Gewölbes einzelne Lücken in den Steinen oder gar stärkere Fugen, so sind dieselben sorgsam zu verzwicken; überhaupt ist dahin zu sehen, daß ein Bruchsteingewölbe in seinem Körper ein gut geschlossenes Mauerwerk zeigt, welches in seinem Gefüge sich den Backsteingewölben so weit als irgend möglich nähert.

Bruchsteingewölbe werden zweckmäßig nicht unter 30 cm Stärke ausgeführt. Bei größeren Gewölben muß natürlich die Stärke durch statische Untersuchung ermittelt werden. Hierbei kommt nun aber wesentlich die Festigkeit des zu Gebote stehenden Materials in Betracht.

Weniger feste Bruchsteine liefern ein Gewölbe, welches dieselbe Stärke, wie ein gleich geformtes und belastetes Backsteingewölbe, unter Umständen eine noch größere Stärke erfordert, während festere Bruchsteine eine Stärke erhalten können, welche der Stärke von guten Quadergewölben sich nähert. Bruchsteine, die geringere Festigkeit als gut gebrannte Backsteine besitzen, sollen zu Gewölben nicht verbraucht werden. Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse kann die Stärke der Bruchsteingewölbe nach den auf S. 185 u. 186 mitgetheilten Gleichungen 142 u. 145 ermittelt werden, indem man die dadurch erhaltenen Abmessungen gleichsam als untere und obere Grenzwerte betrachtet, wobei jedoch von Fall zu Fall in Rücksicht auf die Beschaffenheit des Wölbmaterials eine Erhöhung, bezw. eine etwaige Herabminderung solcher Stärke sorgfältig erwogen werden muß.

In Frankreich und hin und wieder auch in Deutschland sind Tonnengewölbe nur aus kleineren unbearbeiteten Steinen hergerichtet, welche an den Stirnen der Gewölbe von einem aus guten Bruchsteinen oder Quadern angefertigten, kurzen Gewölbestück begrenzt sind. Die Gewölbe bestehen alsdann aus über einander gelagerten Schalen. Die erste Steinschicht wird unter Benutzung von Cementmörtel auf der Schalung des Gewölbes so gebildet, daß die möglichst ebenen Flächen der Wölbsteine auf der letzteren gut lagern. Auf diese erste noch nicht vollständig erhärtete Schale kommt die zweite u. s. f., bis das Gewölbe die erforderliche Stärke erhalten hat. Das Ganze wird dann mit einem flüssigen Cementmörtel übergossen.

Ein solches Gewölbe kann auch feiner Länge nach streckenweise in Zonen von der unteren bis zur oberen Schale ausgeführt werden.

Nach dem Erhärten dieses Baukörpers, welcher einem fog. Gufsgewölbe ähnlich ist, entspricht derselbe einem vollwandigen Bogen mehr, als einem eigentlichen Gewölbe.

170.
Tonnen-
gewölbe
aus
Quadern.

Das edle, vornehme und dauerhafte Quadermaterial ist zur Ausführung von Tonnengewölben selbstredend sehr geeignet. Seiner oft großen Kosten halber findet dasselbe im Hochbauwesen jedoch eine nur gering zu nennende Verwendung, da wesentlich nur bei Prachtbauten auf Quadergewölbe Rücksicht genommen werden dürfte.

Bei der Ausführung von Gewölben aus Quadern, auch Haufsteine, Schnittsteine, Werkstücke genannt, ist im Allgemeinen für die Verbandanordnung der Lager- und Stosfugenkanten das bei Backsteingewölben Gesagte maßgebend. Die einzelnen Quader der Wölbcharen greifen durch die ganze Gewölbstärke. Nichts steht einer reicheren Ausschmückung der in der Laibung des Gewölbes auftretenden unteren Flächen der Wölbquader durch Ornamente, Caffettirung u. f. w. entgegen, und bei sorgfamer, einem gut und regelrecht gewählten Fugenschnitte entsprechender Bearbeitung der einzelnen Steine erscheint ein Quadergewölbe als eine beachtenswerthe Construction.

Beim Veretzen der Quader auf der Schalung des Gewölbes bedient man sich derselben Werkzeuge und Hilfsmittel, welche beim Quadermauerwerk überhaupt Verwendung finden. Eine Eintheilung der Schichten und ein Vorzeichnen der Lager- und Stosfugenkanten auf der Schalung der Lehrbogen bietet für das richtige Veretzen der Quader den nöthigen Anhalt. Für die Mörtelgabe bei Quadergewölben ist bereits in Art. 150 (S. 218) das Nähere angegeben.

171.
Schnecken-
gewölbe.

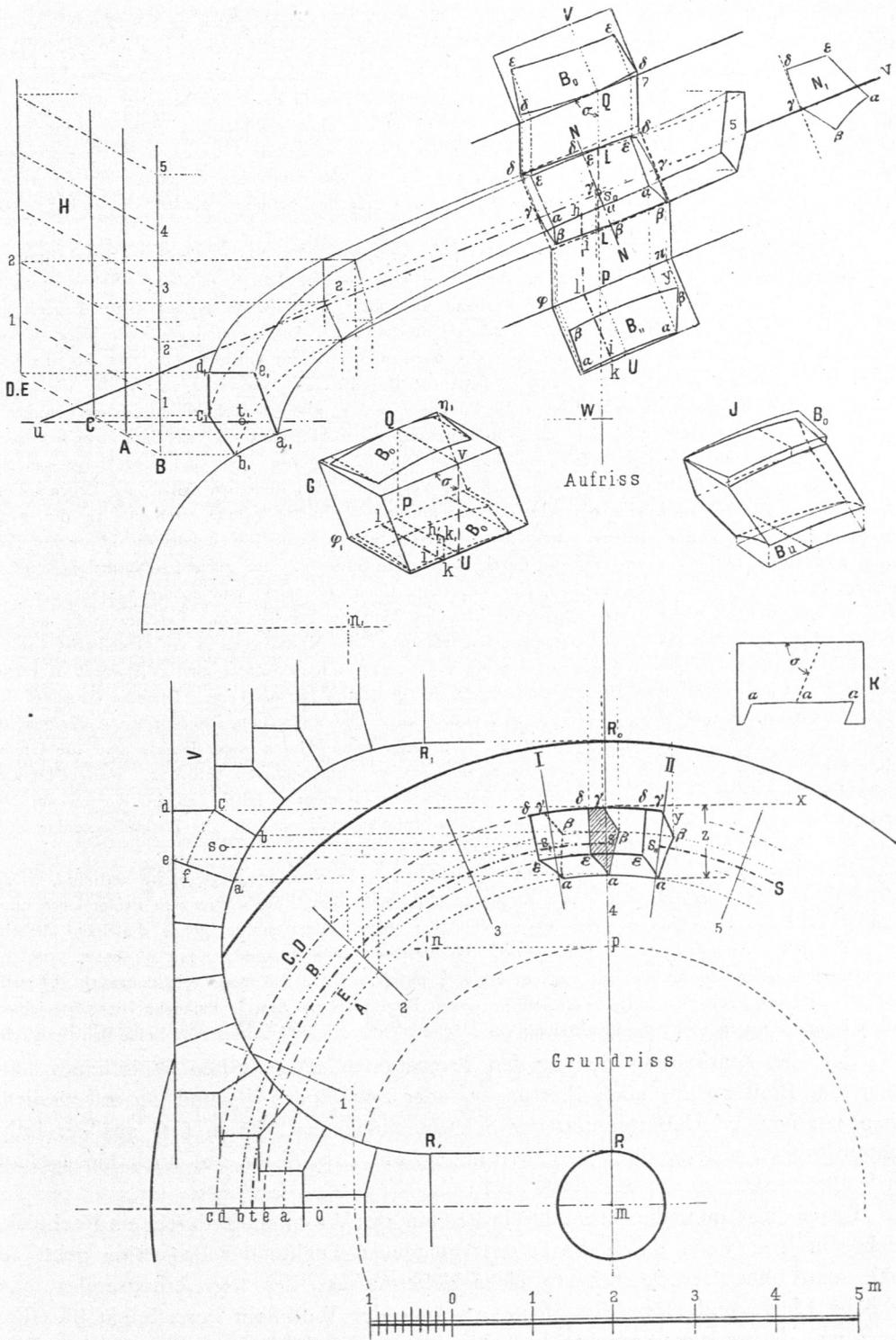
Gestaltet sich der Fugenschnitt bei einem geraden Quader-Tonnengewölbe im Allgemeinen in einfacher Weise, so sind doch für die in Art. 131 (S. 160) bereits erwähnten, schraubenförmig steigenden Tonnengewölbe oder Schneckengewölbe und für die in Art. 134 (S. 164) angeführten schiefen Gewölbe hinsichtlich des Steinfugenschnittes und der Formen der als Wölbsteine zu bearbeitenden Werkstücke besondere Ausmittlungen erforderlich, welche zur Bestimmung der Brettungen oder Schablonen dienen, wonach die Zurichtung der Steine vorgenommen werden muß.

Unter Bezugnahme auf Fig. 274 (S. 161), in welcher die Anordnung der Lager- und Stosfugenkanten der Wölbsteine für ein Schneckengewölbe nur angedeutet wurde, ist in Fig. 347 die Ausmittlung eines Werkstückes für ein derartig schraubenförmig ansteigendes Gewölbe vorgenommen.

Die Erzeugende des Schneckengewölbes sei der in der lothrechten, durch den Mittelpunkt m der vollen Spindel (Mönch, Mäkler) geführten Ebene RR_0 gelegene, hier im Grundriß niedergeklappte Halbkreis R, R , mit dem Mittelpunkte n . Die wagrechte Projection der als Schraubenlinie auftretenden Gewölbeaxe ist der um m mit dem Halbmesser mp beschriebene Kreis, während die wagrechten Projectionen der schraubenförmigen Kämpferlinien die mit den Halbmessern mR_0 , bezw. mR beschriebenen Kreise sind. Unter Berücksichtigung der Steigung, welche der Schraubenlinie der Gewölbeaxe gegeben werden soll, liegen für jede durch m tretende lothrechte Ebene die Punkte R, n, R , in einer wagrechten Linie.

Bestimmt man im lothrechten Mittelpunktschnitte V die Gewölbetheilung, so möge $abcde$ die lothrechte Stirnfläche irgend eines Wölbsteines sein. Betrachtet man den Punkt s_0 , welcher hier der Schwerpunkt des Flächenstückes $abcf$ ist, als einen Punkt der schraubenförmigen Axe desjenigen Wölbkörpers, dem die sämtlichen Steine mit gleichen lothrechten Stirnschnitten angehören, so ist die wagrechte Projection der Axe dieser Wölbchar der um m beschriebene Kreis Sst . Mit Hilfe der Projection der

Fig. 347.



Fläche $abcde$, bezogen auf die Ebene RR_0 , kann die gefamnte wagrechte Projection der bezeichneten Wölbchar vervollständiget werden, wie folches durch die um m beschriebenen Kreife A, B, C, D, E gehen ist.

Theilt man die Axe tS der Wölbchar in eine beliebige Anzahl gleich großer Theile ein und führt man durch die entsprechenden Theilpunkte lothrechte Mittelpunktschnitte o, r, z u. f. f., bestimmt man der Steigung der Schraubenlinie der Gewölbaxe p gemäß in der lothrechten Projection die Lage a, b, c, d, e, f , des in der Ebene O befindlichen Stirnschnittes der in Frage kommenden Wölbchar, so läßt sich mit Verwendung des im Plane K für die einzelnen Schraubenlinien a, b , bis e , angegebenen Steigungsmasses, wobei z. B. $B1 = 12 = 23$ u. f. f. für die Schraubenlinie b , eben so für die Schraubenlinien d , und e , die Strecke $D1 = B1, 12 = 12$ u. f. f. ist, die lothrechte Projection des schraubenförmigen Körpers der Gewölbchar fest legen. Die Lagerfugenflächen derselben werden von den Schraubenlinien a, e , bezw. b, c , bezw. c, d , begrenzt.

Die Stofs-fugenflächen sind in folgender Weise zu ermitteln. Für die vortheilhafte Bearbeitung ist die Theilung jeder Wölbchar für sich in Wölbsteine von gleicher Länge rathsam. Neben einander liegende Wölbcharen müssen natürlich auf Verband mit Mitte Stofs-fugenfläche auf Mitte Lagerfugenfläche geordnet werden, so dafs, diesem Verbande entsprechend, am Anfange und am Ende jeder zweiten Wechselfchar ein Stein von der halben Länge der übrigen Scharsteine entsteht. Ist nun für die hier genommene Wölbchar S die durch s , und s'' , gegebene Bogenstrecke, wobei $ss = ss''$, ist, die Länge der Axe eines Wölbsteines, so gehen durch die Punkte s , und s'' , die lothrechten Mittelpunktschnitte I und II , welche, nach rechts und links unter Beibehaltung ihres Abstandes s, s'' , auf dem Kreife S übertragen, die allgemeine Lage der Stofs-fugenflächen der Wölbchar geben. Die besondere Lage und Begrenzung der Stofs-fugenflächen richtet sich nach der Vorschrift, dafs dieselben in Ebenen liegen sollen, welche normal zur Schraubenlinie der Axe der zugehörigen Wölbchar geführt werden. In der wagrechten Projection ist s der mittlere Axenpunkt des Wölbsteines; demselben gehört die lothrechte Projection s_0 auf dem Lothe LL an. Um die durch s_0 gehende Spur NN der gesuchten Normalebene einer Stofs-fugenfläche zu finden, möge durch t , eine wagrechte Ebene W gelegt und an die Schraubenlinie in dem Elemente, welches durch s und s_0 projicirt ist, eine Tangente geführt sein. Letztere erhält man in der lothrechten Projection, wenn die erstreckte Bogenlänge st des Kreisbogens S des Grundrisses von W nach u im Aufrifs abgetragen und nun die Gerade us_0v gezogen wird. Zieht man NN durch s_0 rechtwinkelig zu uv , so erhält man die lothrechte Spur der gesuchten Normalebene. Dieselbe schneidet die Schraubenlinien a , in α , b , in β , c , in γ , d , in δ und e , in ϵ . Die wagrechten Projectionen dieser Schnittpunkte sind im Grundrifs gleichfalls mit $\alpha, \beta \dots \epsilon$ bezeichnet. Durch diese Punkte sind die Grenzpunkte für die Stofs-fugenflächen auf den einzelnen zugehörigen Schraubenlinien bestimmt. Weitere Punkte, welche der Normalebene und den einzelnen Schraubenflächen zukommen, lassen sich mit einigen auf den einzelnen Schraubenflächen eingezeichneten Hilfs-Schraubenlinien ermitteln, da die Durchstofs-punkte derselben mit NN sich dann eben so, wie jene Grenzpunkte ergeben.

Ist hiernach im Grundrifs die wagrechte Projection $\alpha\beta\gamma\delta\epsilon$ einer Stofs-fugenfläche bestimmt, so ist dieselbe für die Mittelpunktschnitte I und II nur zu übertragen, weil die wagrechten Projectionen aller normal zu der Schraubenlinie der Axe einer Wölbchar gerichteten Schnitte genau dieselben bleiben. Denkt man sich RR_0 auf I , bezw. II so gelegt, dafs dieselben, sich deckend, s mit s_1 , bezw. s mit s'' , zusammenfallen lassen, so decken sich auch α mit α , β mit β u. f. f., und man erhält danach die vollständige wagrechte Projection eines Wölbsteines, dessen Projection im Aufrifs nunmehr leicht gezeichnet werden kann. Eben so bietet die Ermittlung der Fläche N_1 des Normalschnittes NN keine Schwierigkeit.

Für die Bearbeitung des in den Projectionen dargestellten Wölbsteines sind aufser der Brettung N_1 noch Brettungen oder Schablonen B_o und B_u erforderlich, denen zur leichten Uebertragung der Schraubenlinien $\alpha\alpha, \beta\beta$ u. f. f. aus der lothrechten Projection des Wölbsteines Brettungen, wie z. B. K für $\alpha\alpha$, noch hinzugefügt werden können.

Umschließt man die lothrechte Projection des Wölbsteines durch ein Rechteck, welches in jeder Seite durch die äufserst gelegenen Punkte der Projection geht, so erhält man ohne Berücksichtigung eines Uebermasses, des fog. Arbeitszolles, die wirkliche Länge und Höhe des Steines, woraus der Wölbstein herzustellen ist. Begrenzt man ferner die wagrechte Projection dieses Wölbsteines durch zwei parallele Linien, welche, rechtwinkelig zu R_oR geführt, durch die äufsersten Punkte dieser

Projection ziehen, so erhält man im Abstände Z derselben die wirkliche Breite des Werkstückes.

Hätte man die Abmessungen unter Beifügung eines Arbeitszollens entsprechend vergrößert, so würde im Grundgedanken an der Ausmittlung der Schablonen nichts geändert werden. Denkt man sich die für die Brettung B_u maßgebende Seitenfläche U niedergeklappt, so bestimmt sich der Punkt β derselben in folgender Weise. Man ziehe die Lothrechte $\beta\pi$, errichte in π zur Linie P die Senkrechte $\pi\beta$, entnehme aus dem Grundriß die Ordinate y der wagrechten Projection β und trage $\pi\beta = y$ ab; alsdann ist β auf der Ebene U ein Punkt der Brettung B_u . In derselben Weise wird nicht allein für B_u , sondern auch für B_0 , wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, die erforderliche Zahl von Punkten für die Brettungen aus den bekannten Projectionen der oberen und unteren Flächen des Wölbsteines ermittelt. Die Brettungen sind also Projectionen auf die ebenen Seitenflächen des Werkstückes.

Für das Anlegen dieser Brettungen an die obere, bezw. untere Ebene des Werkstückes sind die Geraden QV , bezw. PU maßgebend, welche rechtwinkelig zur Linie Q , bezw. zur Linie P stehen und deren Fußpunkte Q und P auf der lothrechten Linie LL liegen. In der Darstellung G ist das Anlegen der Brettungen B_0 und B_u beim Werkstücke angegeben. Hierbei ist $Q\gamma_1 = Q\gamma$ der Schablonenfläche V und $P\varphi = P\varphi$ der Schablonenfläche U . Reißt man die Geraden VU , bezw. QP am Steine vor, so entsprechen dieselben der Lothrechten LL , welche um einen Winkel σ von den Begrenzungslinien Q , bezw. P abweicht. Dieser Winkel σ ist der sog. Schmiegewinkel.

Mit Hilfe desselben können für die Bearbeitung des Wölbsteines die nöthigen Punkte der am Steine auftretenden Schraubenlinien leicht fest gelegt werden. So ist für den Punkt h , am Steine G zunächst Pl aus der Fläche $U = Pl$ am Steine zu nehmen und lk winkelrecht zur P -Linie vorzureißen, alsdann durch k , dem Schmiegewinkel σ entsprechend, die Linie kk , parallel UV zu ziehen und endlich kk , gleich der Länge ih in der lothrechten Projection des Wölbsteines zu nehmen. Würde nun ih , gleich und parallel kk , gearbeitet, so ist h , ein Punkt der Schraubenlinie α an Wölbsteine. Dieses Uebertragen der Punkte der Schraubenlinie wird durch die vorhin schon erwähnten Brettungen K erleichtert, welche an die betreffenden ebenen Seitenflächen des Werkstückes gelegt werden können und hier das Vorreißen der Projectionen der Schraubenlinien gestatten.

Sind die einzelnen Stücke des Wölbsteines bis zu den betreffenden Schraubenlinien abgearbeitet und die Flächen für die ebenen Stofsflächen vermöge der zugehörigen Begrenzungslinien $\alpha\beta$, bezw. $\delta\epsilon$ hergerichtet, so sind die Schablonen N , der Stofsflächen anzulegen, wonach alsdann die Steinstücke oder Boffen an den Laibungs- und Rückenflächen zwischen den bereits erhaltenen Schraubenlinien sorgfältig fortgenommen werden können. Bei der Darstellung \mathcal{F} sind diese Stücke beseitigt, während oben und unten die den Brettungen B_0 und B_u entsprechenden Boffen bis zu den ihnen zukommenden Schraubenlinien noch belassen sind.

Wie später bei der Ausführung der schiefen Tonnengewölbe erörtert wird, kann entsprechend der schon aufgestellten Gleichung 128 (S. 174) für das Festlegen der Curven $\alpha\alpha$ und $\beta\beta$ der Brettung B_u und eben so für die Curven $\delta\delta$ und $\epsilon\epsilon$ der Brettung B_0 je ein Kreisbogenstück mit einem bestimmten Krümmungshalbmesser genommen werden. Ist z. B. ρ_α der gefuchte Halbmesser für die Curve $\alpha\alpha$ der Brettung B_u , so wird

$$\rho_\alpha = \frac{r_\alpha}{\sin \sigma^2}.$$

Eben so wird, wenn ρ_δ der gefuchte Halbmesser für die Curve $\delta\delta$ der Brettung ist,

$$\rho_\delta = \frac{r_\delta}{\sin \sigma^2} \text{ u. f. f.}$$

In diesen Ausdrücken ist r_α gleich dem Halbmesser $m\alpha$, r_δ gleich dem Halbmesser $m\delta$ der im Grundriß fest gelegten Kreisbogen A , bezw. D , während σ den Winkel bezeichnet, welchen die untere, bezw. obere Rechteckseite des die lothrechte Projection des Wölbsteines umschließenden Rechteckes mit dem Lothe LL bildet. Diese Rechteckseiten sind in der Zeichnung parallel mit uv gelegt.

Nach den Abmessungen in der Zeichnung ist $\sin \sigma = \frac{Wu}{us_0} = \frac{6,9}{7,4}$; ferner ist

$$r_\alpha = m\alpha = 4 \text{ m} \quad \text{und} \quad r_\delta = m\delta = 4,85 \text{ m.}$$

Hiernach ist

$$\rho_\alpha = \frac{4}{\left(\frac{6,9}{7,4}\right)^2} = 4,80 \text{ m} \quad \text{und} \quad \rho_\delta = \frac{4,85}{\left(\frac{6,9}{7,4}\right)^2} = 5,58 \text{ m.}$$

Auf gleichem Wege lassen sich die Krümmungshalbmesser für $\beta\beta$ an B_u , bzw. für $\varepsilon\varepsilon$ an B_o berechnen und somit unter Benutzung der betreffenden Krümmungshalbmesser die Schablonen B_u und B_o in erleichterter Weise in natürlicher GröÙe aufzeichnen.

Für die Ausführung der Schneckengewölbe in Backstein- oder Bruchsteinmaterial ist hinsichtlich der Stellung und des Verbandes der Wölbcharen mit Sorgfalt zu verfahren.

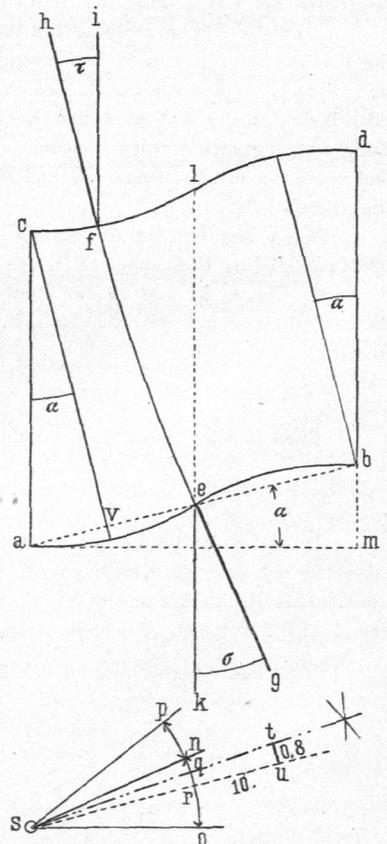
Das Aufstellen der Lehrbogen hat, der schraubenförmig aufsteigenden Gewölbaxe entsprechend, in gleichen wagrechten, nicht zu groß zu nehmenden Entfernungen der mittleren Lothlinien der Bogen so zu geschehen, daß jeder lothrecht gestellte Lehrbogen gleichsam in einem Mittelpunktschnitte steht und jeder folgende Lehrbogen um die Steighöhe, welche den wagrechten Entfernungen ihrer mittleren Lothlinien zukommt, höher gestellt wird, als der unmittelbar vorher befindliche Lehrbogen. Die Schalung der Lehrbogen wird aus thunlichst schmalen, nicht zu langen Leisten, welche nach vorherigem Erweichen in Wasser etwas biegsam sind, hergestellt. Bei schweren Gewölben werden unter Umständen mehrere über einander befindliche Lagen solcher Leisten erforderlich. Bei der Verschalung ist man bemüht, die Oberfläche derselben möglichst genau der Laibungsfläche des schraubenförmigen Gewölbes anzupassen, und man hat dem gemäß die einzelnen Leisten in ihren Kanten etwas nachzuarbeiten.

Ueber die allgemeine Gestaltung der schiefen Tonnengewölbe ist bereits in Art. 134 (S. 164) das Nöthigste gesagt.

Für die besondere Ausführung derselben kommen noch einige Punkte in Betracht, welche hier näher berührt werden sollen. In den meisten Fällen wird für die Ausführung der schiefen Gewölbe aus Werkstücken der früher gekennzeichnete sog. englische Fugenschnitt in den Vordergrund treten, wobei der constante Fugenschnitt für die Richtung der Lagerkanten auf der abgewickelten Laibungsfläche des Gewölbes maßgebend wird. Die GröÙe dieses Winkels bedingt die Steigung der Schraubenlinien der Lagerkanten und damit die mehr oder weniger stark von Stirn zu Stirn, bzw. vom Kämpfer zur Stirn ansteigenden Schraubenflächen der Lager- und weiter der Stosflächen der Wölbsteine. Ist jener Winkel zu groß, so kann ein Gleiten der Steine auf den Lagerflächen und hiernach ein Ausbauchen an der Gewölbstirn eintreten. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, läßt man für den constanten Fugenschnitt einen Grenzwert gelten, welcher wie folgt fest gesetzt wird.

Ist in Fig. 348 $abcd$ die abgewickelte Laibungsfläche eines schiefen Gewölbes, aeb die Verbindungssehne der abgewickelten Stirnlinie, cv ein Loth auf der Geraden ab , so giebt nach dem in Art. 134 (S. 171) Gesagten der $\sphericalangle acv = \sphericalangle bam = \sphericalangle a$ den constanten Fugenschnitt. Bestimmt man nach den an

Fig. 348.



der angezogenen Stelle gemachten Mittheilungen die Scheiteltrajectorie ef , so weicht die im Elemente e dieser Curve gezogene Tangente eg um $\sphericalangle gek = \sphericalangle \sigma$ und die im Elemente f der Trajectorie geführte Tangente fh um $\sphericalangle hfi = \sphericalangle \tau$ von der Richtung der Scheitellinie lek , bzw. von der ihr parallelen Linie if ab. Im Allgemeinen haben die Winkel σ und τ eine vom Winkel α abweichende Gröfse. Nimmt man aus den beiden Werthen der Winkelgrößen σ und τ den Durchschnitt, so soll erfahrungsmäßig, um den vorhin erwähnten Uebelstand nicht herbeizulassen, der Unterschied zwischen der Gröfse dieses Durchschnittswinkels und dem Winkel α die Gröfse von 8 Grad nicht überschreiten.

In der Zeichnung sind die beiden Winkel $\sigma = osn$ und $\tau = nsp$ zum Winkel osp zusammengetragen; der Winkel osp ist durch den Strahl sq halbirt und hierdurch der Durchschnittswerth von $\sigma + \tau$ als Winkelgröfse qso erhalten. Sodann ist $\sphericalangle a = osr$ eingetragen, so dafs jetzt im $\sphericalangle qsr$ der Unterschied zwischen qso und a bestimmt ist. Im rechtwinkligen Dreiecke sut ist die Kathete su gleich 10 Einheiten eines beliebigen Mafsstabes genommen; die Bestimmung der Länge tu der zweiten Kathete nach demselben Mafsstabe ergibt die Gröfse von 0,8 Einheiten. Mithin ist $\text{tg } tsu = \frac{0,8}{10} = 0,08$.

Diese Zahl entspricht einem Winkel von $\approx 4^{\circ} 34'$. Derselbe ist also von dem Grenzwerte = 8 Grad noch weit entfernt, und dieserhalb kann das in der Zeichnung behandelte Gewölbe unter Benutzung des constanten Fugenwinkels zur Ausführung kommen. Würde der bezeichnete Unterschied die Gröfse von 8 Grad übertreffen, so wäre, wenn sonst eine Aenderung der ganzen Gewölbeanlage unstatthaft ist, der strenge oder fog. französische Fugenschnitt in Anwendung zu bringen.

Für die praktische Ausführung wird unter Anwendung des constanten Fugenwinkels der Normalschnitt des schiefen Gewölbes als Kreisbogen genommen, so dafs der Stirnbogen ein elliptischer Bogen wird. Die Theilung für die Wölbsteine erfolgt nach den in Art. 134 (S. 173) gegebenen Erörterungen. Da hiernach alle Wölbsteine mit Ausnahme der Steine mit besonders abgestumpften Ecken in den Bogenanfängen und an den Stirnen des Gewölbes nach den gleichen Brettungen bearbeitet werden können, so ist hierdurch eine weit gröfsere Erleichterung für die Herstellung der Wölbsteine geschaffen, als wenn umgekehrt der Stirnbogen des schiefen Gewölbes ein Kreisbogen und der Normalschnitt ein elliptischer Bogen ist. In diesem Falle können mit geringen Ausnahmen die einzelnen Wölbsteine eben so wenig, wie beim französischen Fugenschnitte, nach denselben Schablonen bearbeitet werden.

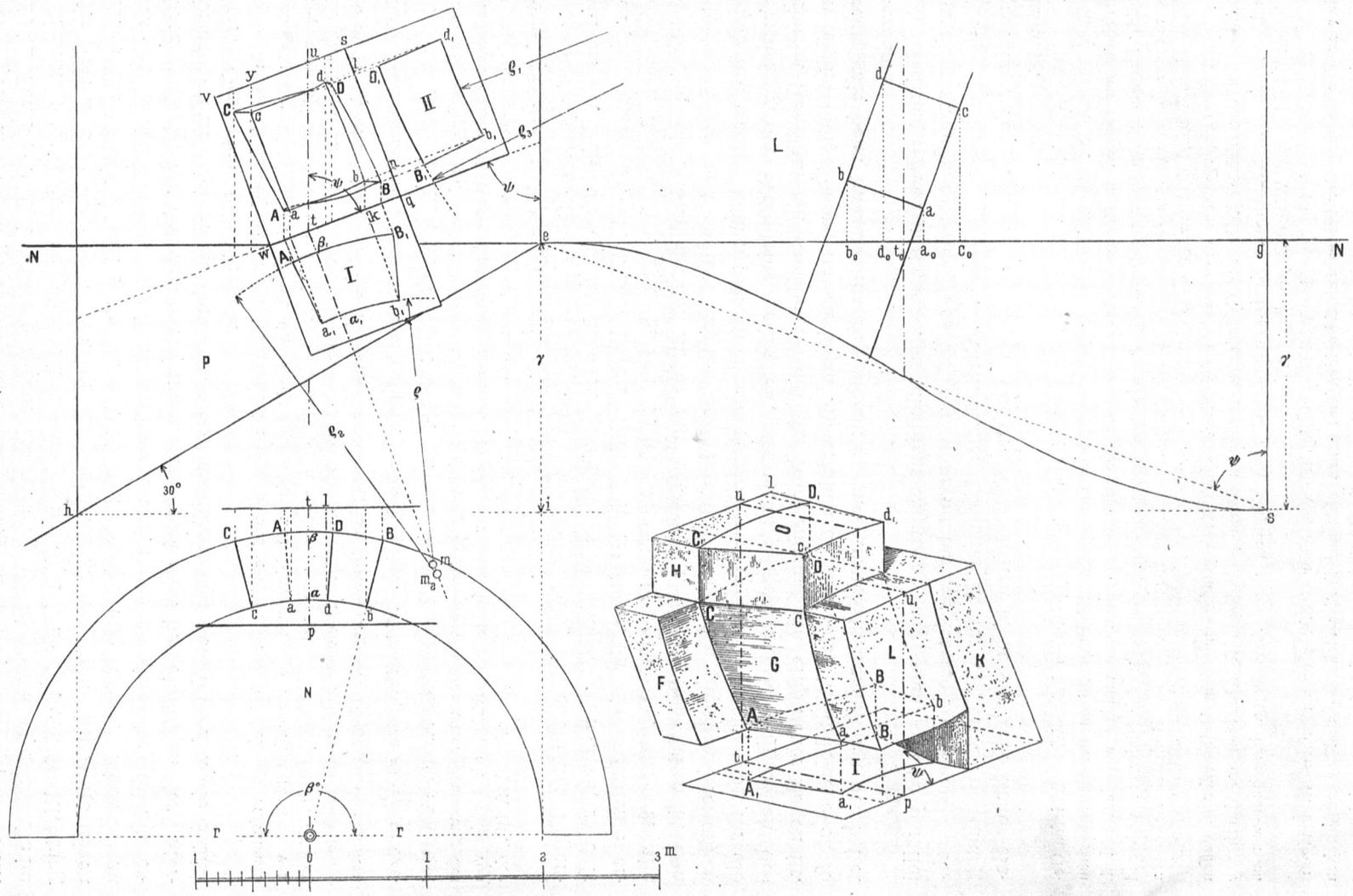
Bei der ersten Anordnung sind allerdings elliptische Lehrbogen, welche parallel zur Stirn aufgestellt werden, anzufertigen, während bei der letzten Anordnung kreisförmige Lehrbogen entstehen. Allein dieser Umstand ist für die erste Anordnung gegenüber den sonstigen Vortheilen bei den Wölbsteinen nicht von erheblicher Bedeutung.

Beim Ausmitteln der Brettungen eines Wölbsteines des in Fig. 349 näher behandelten schiefen Gewölbes kommen für die keilförmige Gestalt des Steines vorwiegend die Projectionen der Seitenflächen desselben auf Ebenen in Betracht, deren Spuren in der Bildtafel P durch wq und qs angedeutet sind. Beide Ebenen stehen hier rechtwinkelig auf einander und gleichzeitig lothrecht zur Bildtafel, während sie mit der durch die Axe tu des Gewölbes geführten, ebenfalls rechtwinkelig zur Bildtafel stehenden Ebene einen Winkel ψ , bzw. $90 - \psi$ einschließen.

Ist die Laibungsfläche des Gewölbes die Fläche eines Kreiscylinders mit dem Halbmesser r , dessen Leitlinie in der rechtwinkelig zur Cylinderaxe geführten Ebene NN liegt, so schneiden die durch wq und qs bestimmten Ebenen den Kreiscylindermantel nach Ellipsen, deren Axenlängen berechnet werden können, sobald r und Winkel ψ gegeben sind.

Ist vorweg nach Fig. 350 der Winkel ψ willkürlich von einer Gröfse σ angenommen, ist übrigens aber an der Stellung der beiden sich schneidenden Ebenen CD und EF , welche wq und qs entsprechen sollen, nichts weiter geändert, als dafs sich dieselben auf der Cylinderaxe zm in einer rechtwinkelig zur

Fig. 349.



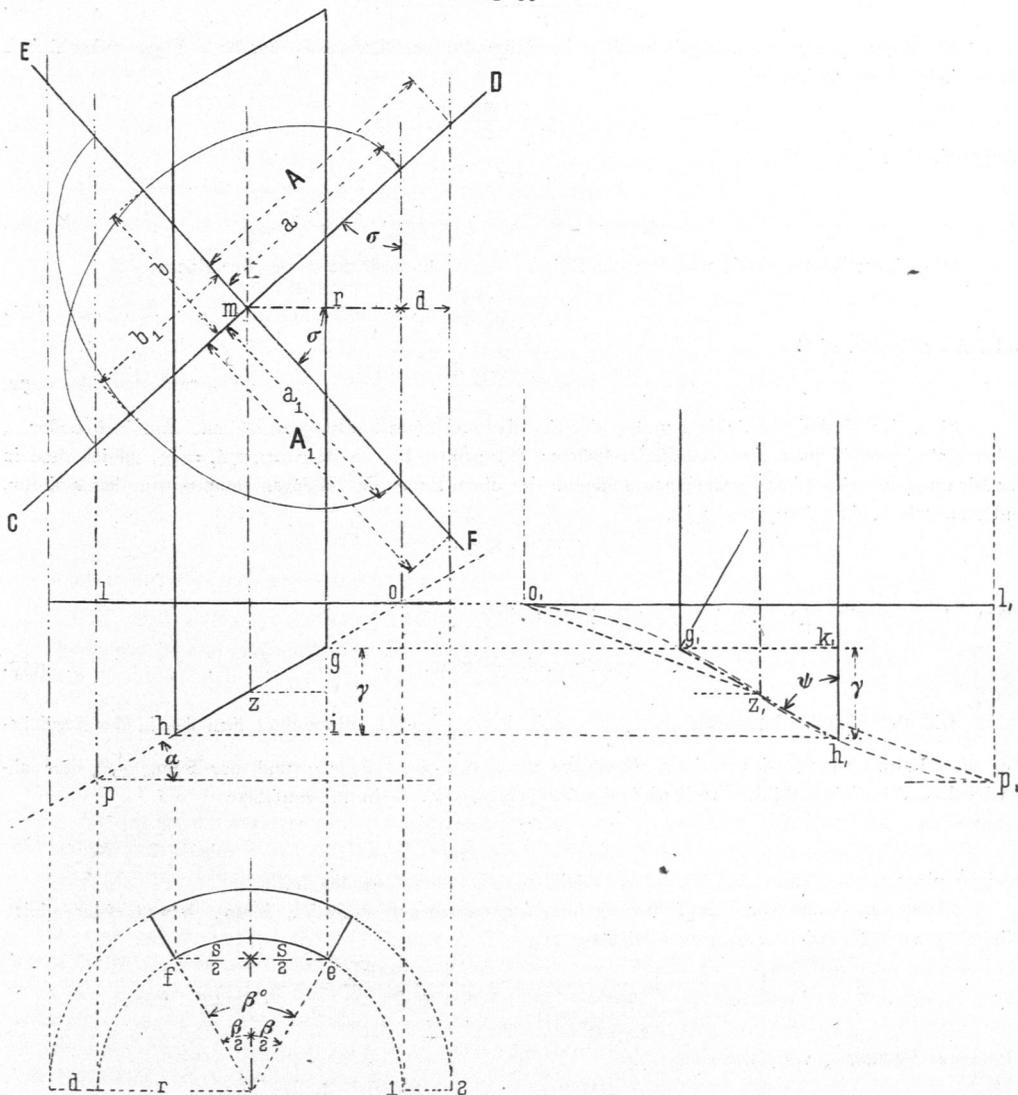
Bildtafel stehenden geraden Linie treffen; so wird die Länge dieser geraden Linie von der Cylinderaxe bis zum Cylindermantel gleich dem Halbmesser r der Leitlinie des Cylinders und fofort auch gleich der Länge der Halbaxen b , bzw. b_1 der erwähnten Ellipfen.

Für die Cylinderfläche r mit einem Kreife vom Halbmesser r als Leitlinie liefert die fchneidende Ebene CD eine Ellipse mit den Halbaxen a und b .

Unter Bezugnahme auf Fig. 350 ift

$$a = \frac{r}{\sin \sigma} \quad \text{und} \quad b = r \dots \dots \dots 165.$$

Fig. 350.



Eben fo giebt für dieselbe Cylinderfläche r die fchneidende Ebene EF eine Ellipse, deren Halbaxen

$$a_1 = \frac{r}{\cos \sigma} \quad \text{und} \quad b_1 = r \dots \dots \dots 166.$$

werden.

Für die Cylinderfläche z , deren normale kreisförmige Leitlinie einen Halbmesser $r + d$ befizt, entfpringt bei der fchneidenden Ebene CD eine Ellipse mit den Halbaxen,

$$A = \frac{r + d}{\sin \sigma} \quad \text{und} \quad B = r + d; \dots \dots \dots 167.$$

eben so bei der schneidenden Ebene EF eine folche mit den Halbaxen

$$A_1 = \frac{r+d}{\cos \sigma} \quad \text{und} \quad B_1 = r+d. \quad \dots \quad 168.$$

Bezeichnet ρ den Krümmungshalbmesser im Endpunkte der Halbaxe b der für CD in Frage kommenden Ellipse der Cylinderfläche ι , so ist

$$\rho = \frac{a^2}{b},$$

d. h. nach Gleichung 165

$$\rho = \frac{\left(\frac{r}{\sin \sigma}\right)^2}{r} = \frac{r}{\sin \sigma^2}. \quad \dots \quad 169.$$

Ist ferner ρ_1 der Krümmungshalbmesser im Endpunkte der Halbaxe b_1 der für EF geltenden Ellipse der Cylinderfläche ι , so wird

$$\rho_1 = \frac{a_1^2}{b_1}$$

oder nach Gleichung 166

$$\rho_1 = \frac{\left(\frac{r}{\cos \sigma}\right)^2}{r} = \frac{r}{\cos \sigma^2}. \quad \dots \quad 170.$$

In gleicher Weise erhält man für die Ellipsen der Cylinderfläche ι bei der Ebene CD

$$\rho_2 = \frac{r+d}{\sin \sigma^2}. \quad \dots \quad 171.$$

und bei der Ebene EF

$$\rho_3 = \frac{r+d}{\cos \sigma^2}. \quad \dots \quad 172.$$

Ist α der Winkel der Schiefe und β der Centriwinkel eines Kreisbogens ef mit dem Halbmesser r , welcher als Normalchnitt eines schiefen Gewölbes fest gesetzt ist, so ist $gi = ki, hi = \gamma$, gleich dem in der Richtung der Gewölbaxe gemessenen Abstände des einen Endes des schrägen Hauptes von dem anderen, und man erhält, da $hi = fe = s$ ist,

$$\gamma = s \cdot \operatorname{tg} \alpha,$$

oder, da $\frac{s}{r} = \sin \frac{\beta}{2}$, also $s = 2r \cdot \sin \frac{\beta}{2}$ ist, auch

$$\gamma = 2r \cdot \sin \frac{\beta}{2} \operatorname{tg} \alpha. \quad \dots \quad 173.$$

Die abgewickelte Bogenlänge von $ef = g, k$, ist $= \frac{\pi r}{180^\circ} \beta^\circ$. Betrachtet man das in der Abwicklung der Laibungsfläche des schiefen Gewölbes aus g, k , der Länge γ und der Sehne g, h , der abgewickelten Stirnlinie gebildete rechteckwellige Dreieck g, k, h , so ist in demselben

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{gk_1}{\gamma} = \frac{\pi r \beta^\circ}{180^\circ \gamma}, \quad \dots \quad 174.$$

worin γ nicht weiter durch den Werth aus Gleichung 173 ersetzt werden soll.

Nimmt man nunmehr den früher beliebig angenommenen Winkel σ so an, daß derselbe gleich Winkel ψ wird, so erhält man nach Gleichung 169

$$\rho = \frac{r}{\sin \psi^2} = \frac{r}{\left(\frac{\operatorname{tg} \psi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg} \psi^2}}\right)^2} = \frac{r(1 + \operatorname{tg} \psi^2)}{\operatorname{tg} \psi^2} = r + \frac{r}{\operatorname{tg} \psi^2}$$

oder unter Benutzung von Gleichung 174

$$\rho = r + r \left(\frac{180^\circ \gamma}{\pi r \beta^\circ}\right)^2 = r + \left(\frac{180^\circ \gamma}{\pi \beta^\circ}\right)^2 \frac{1}{r}. \quad \dots \quad 175.$$

und ferner nach Gleichung 170

$$\rho_1 = \frac{r}{\cos \psi^2} = \frac{r}{\left(\frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg} \psi^2}}\right)^2} = r(1 + \operatorname{tg} \psi^2),$$

d. h. unter Verwerthung von Gleichung 174

$$\rho_1 = r \left[1 + \left(\frac{\pi r \beta^\circ}{180^\circ \gamma}\right)^2\right] = r + \left(\frac{\pi r \beta^\circ}{180^\circ \gamma}\right)^2 r. \quad \dots \quad 176.$$

Die beiden Gleichungen 175 u. 176 stimmen mit den früher gefundenen Ausdrücken für die Krümmungshalbmesser der Schraubenlinien der Gleichungen 127 u. 130 (S. 174), wie vorauszu sehen war, vollständig überein.

Für die Ellipsen der Cylinderfläche z , also der Rückenfläche des schiefen Gewölbes, ergibt sich unter der Bestimmung $\sigma = \psi$ und bei der Benutzung von Gleichung 171 nach Gleichung 175

$$\rho_2 = (r + d) \left[1 + \left(\frac{180^0 \gamma}{\pi r \beta^0} \right)^2 \right], \dots \dots \dots 177.$$

so wie nach Gleichung 176

$$\rho_3 = (r + d) \left[1 + \left(\frac{\pi r \beta^0}{180^0 \gamma} \right)^2 \right]. \dots \dots \dots 178.$$

Da die Abmessungen der einzelnen Wölbsteine im Verhältniß zu den Halbmessern der Leitlinien der Cylinderflächen immer noch als klein anzusehen sind, so können, wie schon in Art. 134 (S. 173) erwähnt ist, die Krümmungshalbmesser ρ , ρ_1 , ρ_2 und ρ_3 zur Bestimmung der Brettungen, bezw. der keilförmigen Verjüngung der Wölbsteine benutzt werden. Bei recht großen Abmessungen der Wölbsteine hätte man für die Brettungen die von den zugehörigen Ellipsen begrenzten Flächenstücke in Betracht zu ziehen. Die Längen der reellen Axen dieser Ellipsen ergeben sich nach den Gleichungen 165 bis 168.

Beispiel. Für ein schiefes Gewölbe (Fig. 349) sei der Normalschnitt N ein Halbkreis mit dem Halbmesser $r = 2$ m; die Dicke d des Gewölbes betrage 0,6 m; der Winkel α der Schiefe sei 30 Grad, und der Centriwinkel β ist 180 Grad.

Man erhält nach Gleichung 173

$$\gamma = 2 \cdot 2 \cdot \sin 90 \cdot \text{tg } 30 = 4 \text{ tg } 30 = 4 \cdot 0,5774 = \infty 2,31 \text{ m.}$$

Alsdann ist nach Gleichung 175

$$\rho = 2 + \left(\frac{180 \cdot 2,31}{3,1416 \cdot 180} \right)^2 \cdot \frac{1}{2} = 2,27 \text{ m.}$$

Ferner wird nach Gleichung 176

$$\rho_1 = 2 + \left(\frac{3,1416 \cdot 2 \cdot 180}{180 \cdot 2,31} \right)^2 \cdot 2 = 16,80 \text{ m.}$$

Endlich liefern die Gleichungen 177 u. 178

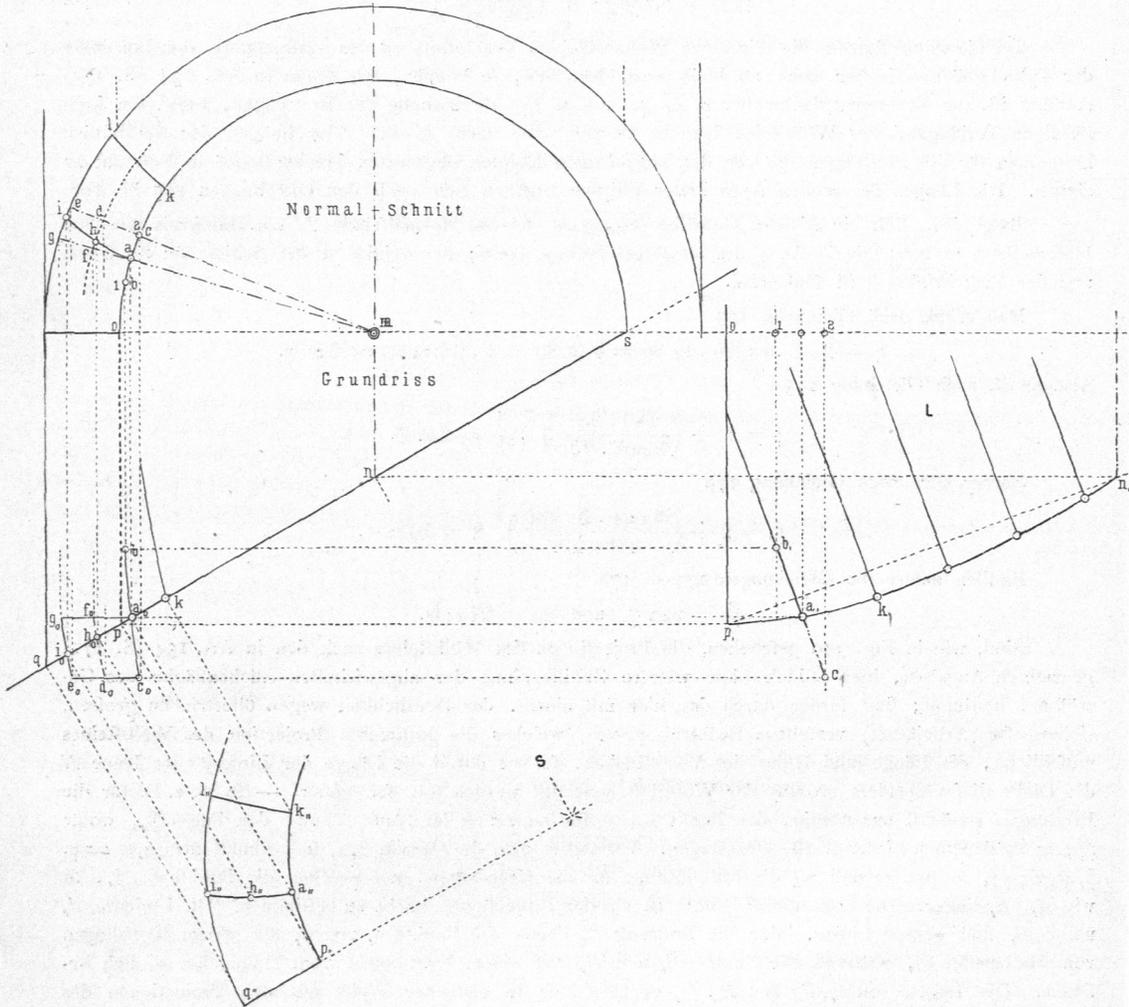
$$\rho_2 = 2,95 \text{ m} \quad \text{und} \quad \rho_3 = 21,84 \text{ m.}$$

Sind, wie in Fig. 349 geschehen, die Projectionen des Wölbsteines nach den in Art. 134 (S. 171) gemachten Angaben, hier jedoch ohne weitere Zuhilfenahme der abgewickelten Rückenfläche des Gewölbes, bestimmt; sind ferner durch das hier mit einem, der Deutlichkeit wegen übertrieben großen, Uebermaße (Arbeitszoll) verfehene Rechteck $qsvw$, welches die lothrechte Projection des Wölbsteines umschließt, die Länge und Höhe des Werkstückes, so wie durch die Länge der Linie pt im Plane N die Dicke dieses Quaders, woraus der Wölbstein gefertigt werden soll, fest gesetzt — so ist z. B. für die Brettung I zunächst nur nöthig, den Punkt a , wofür $ta, = t\alpha$ im Plane N und den Punkt β , wofür $t\beta, = t\beta$ desselben Planes N ist, einzutragen. Verlängert man die Gerade β, a , und nimmt man $a, m = \rho$, $\beta, m_2 = \rho_2$, so sind m und m_2 die Mittelpunkte für die Kreisbogen, auf welchen die Punkte a, b , so wie A, B , liegen. Die Lage dieser Punkte ist aus den Projectionen leicht zu bestimmen. Die Linien a, A , und b, B , sind gerade Linien. Für die Brettung II liegen die Punkte b , und d , auf einem Kreisbogen vom Halbmesser ρ , während die Punkte B , und D , auf einem Kreisbogen vom Halbmesser ρ_3 sich befinden. Die Lagen von b, d , und B, D , ergeben sich in einfacher Weise aus den Projectionen des Wölbsteines, indem z. B. für den Punkt d , der Brettung II die Ordinate $ld, = ld$ im Plane N ist u. f. f. Auch bei dieser Brettung sind b, B , und d, D , gerade Linien. Ueber das Anlegen der Brettungen I und II an das betreffende Werkstück und das Bearbeiten desselben, unter Heranziehen der für die Schraubenlinien ab, bd u. f. f. der lothrechten Projection des Wölbsteines angefertigten Schablonen, gilt wesentlich das in Art. 171 (S. 248) beim Schnecken gewölbe angegebene Verfahren. Hier ist nur zu bemerken, dafs die Brettung I sowohl für die obere, als auch für die untere Steinfläche, die Brettung II ebenfalls für die vordere und hintere Steinfläche zu benutzen sind, wenn diese Schablonen nur entsprechend den Lagen der zugehörigen Grenzpunkte des Wölbsteines auf den zu bearbeitenden Stein gelegt werden.

Der in Fig. 349 im Bilde gegebene Stein zeigt wohl genügend die unter Beobachtung der Geraden ut , bezw. u, p , welche durch den Schmiegewinkel ψ bestimmt sind, erforderlichen Handhabungen für das Anlegen der Brettungen und das danach einzuleitende Bearbeiten des Gewölbsteines G , welcher nach Befeitigung der Boffen O, F, L, K entsteht.

Eine besondere Aufmerksamkeit erfordert bei der Anwendung des englischen Fugenschnittes die Bearbeitung der Stirnsteine. Die Stirnebene des Gewölbes schneidet die schraubenförmigen Lagerfugenflächen desselben im Allgemeinen in nach unten convexen Curven, so dafs für jeden rechts und links symmetrisch vom Schlussstein liegenden Wölbstein eine besondere Stirnschablone nöthig wird. In Fig. 351 ist für einen Stein eine Stirnbrettung a, i, k, l , ermittelt.

Fig. 351.



Der Normalchnitt des schiefen Gewölbes ist als Halbkreis angenommen und in L ein Stück der Abwicklung der Laibungsfläche des Gewölbes gezeichnet.

Auf der Fläche L sind die durch a, k , u. f. f. rechtwinklig auf p, n , stehenden, abgewickelten Lagerfugenkanten eingetragen, wobei die Kante b, a , noch beliebig bis c , verlängert ist. Hier liegt der Punkt c , auf der Erzeugenden z , wofür die Länge oz gleich der Bogenlänge oz im Normalchnitte ist. Da die Lagerfugenflächen dadurch erzeugt werden, dafs in jedem Punkte der schraubenförmigen Lagerkante eines Wölbsteines eine gerade Linie vorhanden sein soll, welche normal zur inneren Gewölbfläche steht, so giebt der im Normalchnitte durch m und z geführte Halbmesser me diese gerade Linie in der Strecke ce an. Der Punkt e ist der Durchstoßpunkt derselben mit der Rückenlinie des Gewölbes; die wagrechte Projection der Geraden ce ergibt sich auf der Spur der durch c , parallel zum Normalchnitt geführten Ebene als $c_0 e_0$. Wird zwischen den Punkten c und e des Normalchnittes noch irgend ein

durch d geführter Kreis gelegt, welcher als Leitlinie einer Cylinderfläche angefaßt werden kann, so würde auch d ein Durchstoßpunkt von ce mit dieser Cylinderfläche sein. Die wagrechte Projection desselben ist d_0 .

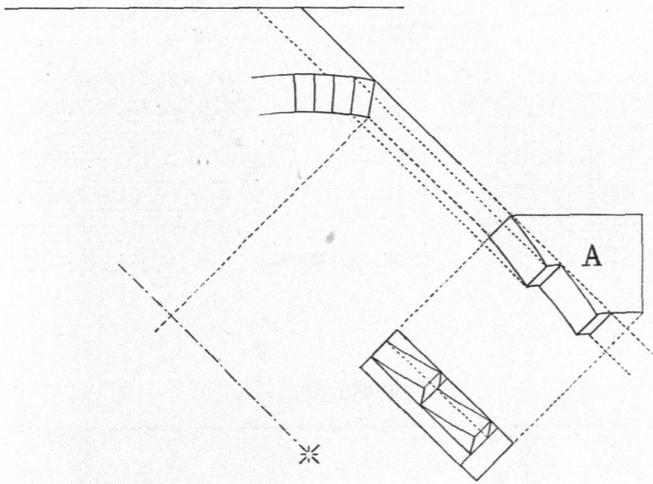
Verfährt man in gleicher Weise mit der Geraden ag , so erhält man die wagrechten Projectionen der Durchstoßpunkte a, f, g in a_0, f_0, g_0 . Setzt man diese Darstellungen fort, so ergeben sich offenbar in $c_0 a_0, d_0 f_0$ und $e_0 g_0$ die wagrechten Projectionen von Schraubenlinien, welche auf den durch c , bezw. a gehenden Lagerfugenflächen liegen.

Diese Schraubenlinien durchschneiden die Stirnebene qs des schiefen Gewölbes in den Punkten a_0, h_0 und i_0 . Die lothrechten Projectionen befinden sich bezw. auf den durch a, d und e gehenden Kreisen des Normalschnittes, sind also in a, h und i bestimmt. Die Verbindungslinie ahi dieser Punkte ist die lothrechte Projection der Schnittlinie der Schraubenfläche, welche der durch a gehenden Lagerkante zukommt, mit der Ebene der Gewölbstirn.

Projicirt man diese Schnittlinie in die Stirnebene S auf bekanntem Wege, so erhält man die wirkliche Gestalt a, h, i , derselben.

Wendet man das angegebene zeichnerische Verfahren auch für die (durch k gehende Lagerkante

Fig. 352.

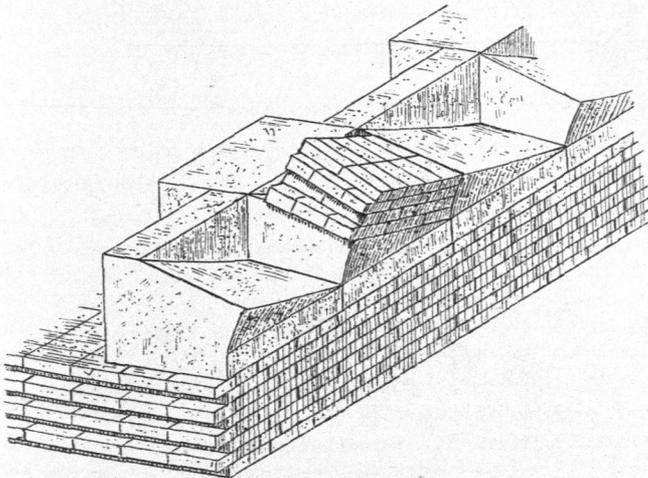


an, so erhält man in k, l , die zugehörige Schnittlinie und in dem ebenen Flächenstücke a, h, i, l, k , die nöthige vordere Brettung für den hier gewählten Stirnstein.

Die Bestimmung der Brettungen für die Kämpfersteine wird, nachdem die Projectionen derselben ermittelt sind, so weit dabei die Ansätze für die Wölbsteine in Frage kommen, nach den für diese Steine gegebenen Vorschriften bewirkt. Die übrigen Begrenzungsflächen ergeben sich als Ebenen, welche unmittelbar nach den Projec-

tionen derselben fest gelegt werden können. Bei nicht sehr breiten Wölbsteinen läßt man zweckmäßig zwei Wölbcharen gegen einen Kämpferstein A treten, welcher alsdann, wie Fig. 352

Fig. 353.



zeigt, eine dem entsprechende Länge erhält.

Schiefe Gewölbe, welche vollständig aus Haufsteinen hergestellt werden sollen, sind in Folge der erheblicheren, durch die besondere Gestalt der Wölbsteine entspringenden Steinhauerarbeiten nicht billig. Um die Kosten für schiefe Gewölbe zu vermindern, können dieselben auch aus Backsteinmaterial ausgeführt werden, wobei jedoch unter sonstiger Beobachtung

des englischen oder auch des französischen Fugenschnittes, zur Vermeidung des häßlichen und unzuweckmäßigen Verhauens der Backsteine an den Kämpfern und den Hauptern, fowohl die Kämpfersteine als auch die Stirnsteine am rathsamsten aus Quadern, wie in Fig. 353 u. 354 angegeben, angefertigt werden. Zwischen den zusammengehörigen Kämpfer- und Stirnsteinen sind alsdann die aus Backstein bestehenden Wölbcharen in regelrechtem Verbande in gewöhnlicher Wölbweise einzubringen.

Um die Schwierigkeiten, welche bei der Ausführung von schiefen Gewölben in gewissem Grade immer entstehen, zu beseitigen, können verschiedene mehr oder weniger gute Aenderungen in der Gewölbebildung derselben vorgenommen werden. Die einfachste Anordnung zum Umgehen des rechtmäßigen Wölbens schiefer Gewölbe besteht nach Fig. 355 darin, daß man einzelne parallel zur Stirn gestellte Gurtbogen 1, 2 u. f. f. als kurze gerade Tonnengewölbe neben einander ausführt, welche unter sich eine Verbindung durch eiserne Anker erhalten. Die gefamnte Laibungsfläche dieser Gewölbebildung zeigt alsdann fichelartige lothrechte Flächen neben den cylindrischen Flächen der Gurte, wodurch kein besonders schönes Aussehen entspringt. Zweckmäßig werden

Fig. 354.

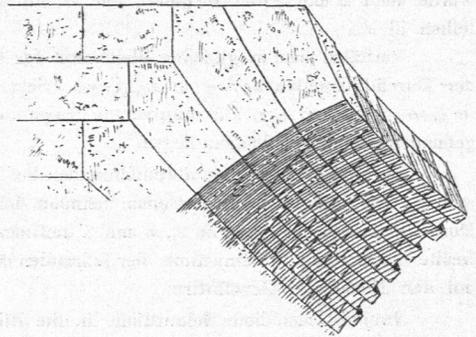
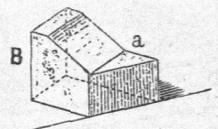
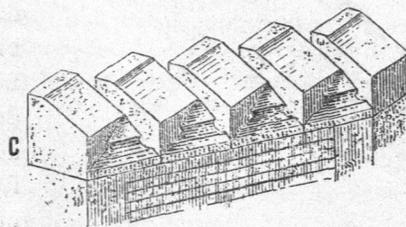
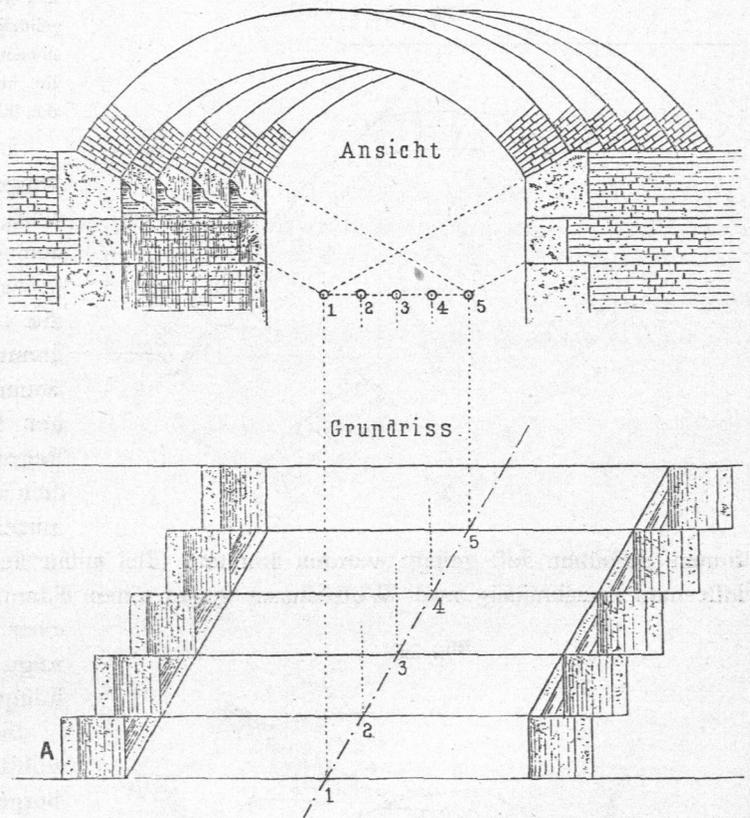
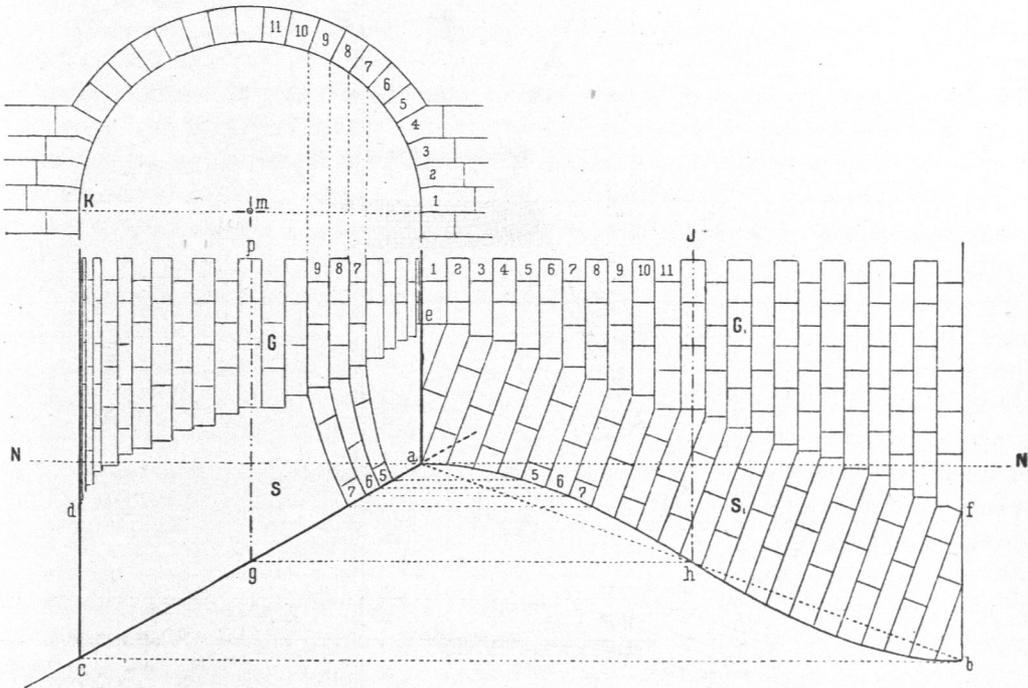


Fig. 355.



die Kämpfersteine *A* auch bei solchen Anlagen aus Werkstücken angefertigt, welche entweder, wie bei *B*, mit der dreieckigen wagrechten Fläche *a* belassen oder, wie bei *C*, mit einem Eckauslauf versehen werden. In langen schiefen Gewölben kann vortheilhaft bei Quadermaterial, wie Fig. 356 giebt, an den Stirnen ein Stück *S* als schiefes Gewölbe mit richtigem englischen oder, wenn man will, mit französischem Fugenschnitt ausgeführt und hiermit ein längeres als gerades Gewölbe angeordnetes Stück *G* in Verbindung gebracht werden. Die Ausmittlung des Steinverbandes ist aus der Zeichnung unter Beachtung der abgewickelten Laibungsfläche des schiefen Gewölbes ersichtlich. Durch eine derartige Anordnung wird an den Kosten für das Bearbeiten der Wölbsteine erheblich gespart.

Fig. 356.



Sollte das Stück des geraden Gewölbes *G* aus Backstein ausgeführt werden, während die schiefen Quadergewölbe *S* verblieben, so erwachsen dabei keine Schwierigkeiten.

Bei längeren schiefen Gewölben, welche vollständig aus Backsteinmaterial ausgeführt werden sollen, ist ein Verband anzuordnen, welcher in Fig. 357 näher gekennzeichnet ist.

Wieder ist an den Häuptern ein kürzeres Stück *S* eines schiefen Gewölbes, dazwischen aber ein längeres Stück *G* eines gewöhnlichen geraden Gewölbes angeordnet. Die Lagerkanten der schiefen Gewölbetheile bilden in der Abwicklung *L* der Laibungsfläche des Gewölbes mit dem Kreisbogen *K* concentrische Kreisbogen *C*. Der gemeinschaftliche, auf der Fläche *L* liegende Mittelpunkt *s* dieser Kreisbogen ist der Schnittpunkt der verlängerten Grenzlinie *ab* des geraden Gewölbes *G* und der weiter geführten Sehne *DE* der abgewickelten Stirnlinie des schiefen Gewölbes *S*. Die Stofskanten der schiefen Gewölbstücke sind auf der abgewickelten Laibungsfläche in geraden Linien enthalten, welche einer radialen Richtung *sa*, *sd* u. f. folgen. Auf die Wölbfläche zurückgeschlagen, liegen die Stofskanten auf durchweg verschiedenen Schraubenlinien, wovon eine *dz* derselben, entsprechend *dz*, der Abwicklung, gezeichnet ist. Die auf die Wölbfläche zurückgebrachten kreisförmigen Lagerkanten bilden besondere Curven, welche

wie ag , entsprechend dem Kreisbogen ac der Abwicklung, oder wie df , entsprechend dem Kreisbogen de , mit Hilfe der Cylinder-Erzeugenden $1, 2, 3$, wie aus der Zeichnung ersichtlich ist, bestimmt werden können. Die Erzeugenden der Lagerfugenflächen sind gerade Linien, welche in jedem Punkte der Lagerkante streng genommen normal zur Laibungsfläche des cylindrischen Gewölbes stehen sollen. So ist z. B. für den Punkt l , dessen lothrechte Projection l_0 ist, die Gerade l_0q_0 , welche nach dem Mittelpunkte m des Normalschnittes des Gewölbes gerichtet wird, eine solche Erzeugende. Da dieselbe in einer rechtwinkelig zur Gewölbaxe stehenden Ebene liegt, so erhält man ihre wagrechte Projection in lq und hierdurch die Projection einer etwa hier vorhandenen Stofsflächenkante eines Backsteines. In gleicher Weise ist dr bestimmt. Ermittelt man auf dem schon früher in Fig. 280 angegebenen Wege die den Lagerkanten ag, df zugehörigen Rückenlinien $pqqh$, bzw. rvi , so ist die wagrechte Projection der Lagerfugenflächen für diese Lagerkanten zu erhalten.

Bringt man die Rückenlinien in die abgewickelte Rückenfläche des Gewölbes R zurück, was mit Hilfe der Erzeugenden $16, 17, U, 18$ der Cylinderfläche leicht geschehen kann, so ergibt sich die allgemeine Anordnung des Fugenschnittes im schiefen Gewölbe S , wobei die Stofs fugenkanten dl, qr , Schraubennlinien folgend, sich ebenfalls in einfacher Weise ermitteln lassen.

In der Stirnanficht B sind die Curven a, l, x , und q, y , den Kantenlinien alx , bzw. qy entsprechend, eingetragen.

Wenngleich die hier gegebenen zeichnerischen Darstellungen bei der Berücksichtigung von Backsteinmaterial mehr in den Hintergrund treten können, so ist doch besonders darauf Rücksicht zu nehmen, sobald die in der Zeichnung behandelte Verbandart und Gewölbearordnung für eine Quaderausführung in den schiefen Gewölbetheilen in Anwendung kommen soll, zumal eine solche Lösung eine schönere Gestaltung des gesammten Gewölbes zuläßt, als solche nach Fig. 356 möglich ist.

Für eine saubere und tadellose Ausführung der schiefen Gewölbe ist eine gute geschlossene Schalung der parallel zur Stirn aufgestellten Lehrbogen herzurichten. Auf dieser Schalung sind die Fugenlinien der Wölbsteine vorzureifen. Dieses Aufzeichnen der Fugenlinien mit Hilfe eines biegsamen Lineals (Blechstreifen) und des gebräuchlichen Winkeleisens wird namentlich beim englischen Fugenschnitt sehr einfach, sobald unter Benutzung einer gefärbten Schnur auch die erzeugenden geraden Linien der cylindrischen Wölbfläche, welche den einzelnen Fugenlinien nach Ausweis der Zeichnung in bestimmten Punkten angehören, mit aufgeschnürt werden. Diesen aufgezeichneten Fugenlinien folgend, werden die in den Schichten entsprechend bezeichneten Gewölbquader sorgsam versetzt. Bei schiefen Backsteingewölben werden natürlich die Fugenlinien nur gruppenweise für eine grössere Zahl von neben einander liegenden Wölbcharen aufgeriffen.

Die Ausführung der einhüftigen Tonnengewölbe richtet sich genau nach der Bauweise, welche für das einfache gerade Tonnengewölbe angegeben ist. Da bei den einhüftigen Gewölben geschlossene Stirnmauern meistens fehlen oder doch nur als Blendmauern ab und an eingefügt auftreten, so kommt bei diesen Gewölben, gleichgiltig welches Material auch zur Einwölbung benutzt wird, wesentlich der gewöhnliche Verband auf Kuf in Anwendung.