

Umständen, namentlich bei sehr langen Gewölbzügen, Verstärkungsurte oder auch 1 Stein Stärke im Scheitel und $1\frac{1}{2}$ Stein am Widerlager in stetiger Zunahme.

Sind die Widerlager der Kappengewölbe nicht besonders zu verankern, ist ihre Höhe nicht erheblich über der Rückenlinie des Gewölbes abgegrenzt, so nimmt man die Stärke derselben zu $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ der Spannweite an.

c) Ausführung der Kappengewölbe.

Als Wölbmaterial für Kappengewölbe wird hauptsächlich Backstein benutzt. Nur in Gegenden, in welchen dünne, lagerhafte und gute Bruchsteine billiger beschafft werden können, werden diese in Verwendung genommen. Außerdem werden hier und dort statt der Backsteine auch andere künstliche Bausteine, deren Gestalt im Allgemeinen derjenigen der Backsteine entspricht, mit Vortheil als Wölbsteine gebraucht.

Soll das Gewicht der Kappengewölbe möglichst gering werden, so verwendet man in besonderen Fällen Hohlziegel oder Lochsteine, unter Umständen auch die porösen Steine, Schwemmsteine u. dergl. Diese Materialien müssen aber stets eine genügende Festigkeit gegen Druck besitzen.

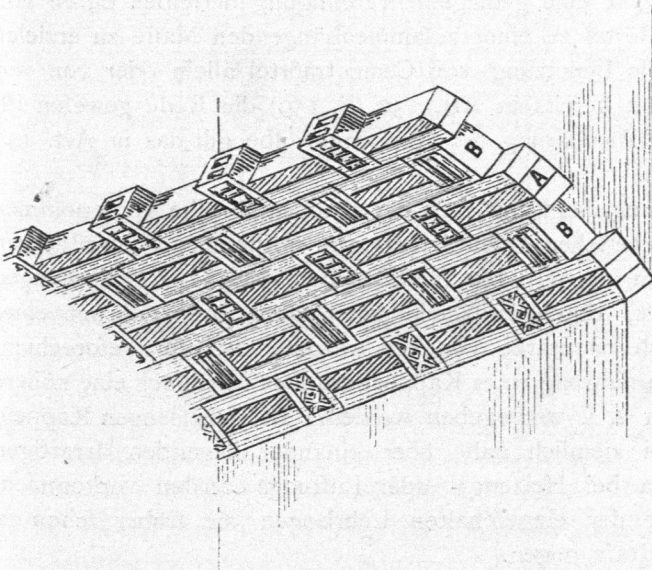
In architektonischer Beziehung erscheint das Kappengewölbe mehr als eigentliche Nützlichkeits-Construction, so dass dasselbe im Vergleich mit den übrigen Gewölbformen, welche einer weiteren künstlerischen Durchbildung fähig sind, in den Hintergrund tritt. Das Kappengewölbe nähert sich mehr einer flachen, wagrechten Decke von mäfsiger Breitenabmessung, tritt dem entsprechend in die Erscheinung und erhält danach eine ähnliche Behandlung.

Je nach dem Verbands, welcher bei der Mauerung der Kappengewölbe in Anwendung gebracht wird, unterscheidet man

- 1) Kappengewölbe auf Kuf,
- 2) Kappengewölbe mit Schwalbenschwanz-Verband und
- 3) Kappengewölbe mit *Moller'schem* Verband.

Bei den Kappengewölben auf Kuf gemauert gelten genau dieselben Regeln,

Fig. 372.



welche bezüglich der Mauerung der Tonnengewölbe in Art. 149 (S. 218) mitgetheilt sind. Hier möge noch bemerkt werden, dass die Ausführung von gewöhnlichen Kappengewölben in zwei oder mehr flach über einander liegenden Ringschichten weniger gebräuchlich ist.

Soll bei Kappengewölben die Laibungsfläche frei, ohne Putz, in farbigem und noch besonders geschmücktem

186.
Allgemeines.

187.
Mauerung
der Kappen-
gewölbe.

Backsteinmauerwerk gelassen werden, so kann, entsprechend dem Verbande auf Kuf, eine reicher gestaltete, häufiger ausgeführte Anordnung nach Fig. 372 getroffen werden. Hierbei sind grössere Wölbsteine *B* gleichsam als Binder eingefügt, zwischen welchen die Läuferfichten *A* auftreten.

Die Kappengewölbe mit Schwalbenschwanz-Verband erhalten die bereits in Fig. 366 (S. 278) im Allgemeinen angegebene Schichtenbildung, so dass jede derselben ein schmales Kappengewölbe für sich ist, welches in seinen Lagerfugenflächen so zu behandeln ist, dass dieselben senkrecht zur Wölblinie und senkrecht zur Stirnfläche der zugehörigen Zone stehen.

Die besondere Ausführungsweise dieser Zonen wird noch weiter besprochen werden.

Kappengewölbe mit *Moller'schem* Verbande bestehen, wie vorher in Art. 183 (S. 285) bemerkt wurde, aus einer Schar parallel zur Stirnmauer und neben einander liegender selbständiger Wölbzonen, deren Tiefe gleich der Dicke eines Backsteines, deren Axe mit der Gewölbaxe zusammenfällt und deren Leitlinie sich mit der Leitlinie des Kappengewölbes deckt. Die Lagerfugenflächen der ungeraden Anzahl symmetrisch zum Schlusssteine der Zone geordneten Wölbsteine stehen senkrecht zur Stirn und zur Laibungsfläche dieses dünnen Wölbstreifens.

188.
Mörtel.

Bei den an und für sich nicht sehr starken und ausserdem immerhin flachen Kappengewölben, gleichgiltig welcher Verband dabei Verwendung findet, ist die innige Verkittung der einzelnen Wölbsteine, bzw. der einzelnen Wölbcharen und Wölbzonen durch guten und möglichst schnell bindenden Mörtel für einen dauernden Bestand des Gewölbes von hervorragender Bedeutung, und zwar selbst dann, wenn die statischen Unterfuchungen den Gleichgewichtszustand desselben als gesichert nachweisen. Bei einem mangelhaften Verbinden der Wölbsteine durch Mörtel oder bei Verwendung eines minder guten Bindemittels werden leicht durch oft nur geringfügige, einseitig das Gewölbe treffende Belastungen Verdrückungen und Formveränderungen zum Nachtheile des ganzen Gewölbes oder einzelner Stücke desselben veranlasst.

Als Regel muss gelten, dass neben der Beobachtung eines richtigen Verbandes der Wölbsteine vor allen Dingen eine gediegene Vereinigung derselben durch vorzüglichen, schnell bindenden Mörtel zu einer zusammenhängenden Masse zu erzielen ist. Vielfach empfiehlt sich die Benutzung von Cementmörtel allein oder von verlängertem Cementmörtel, wovon bereits in Art. 150 (S. 159) die Rede gewesen ist.

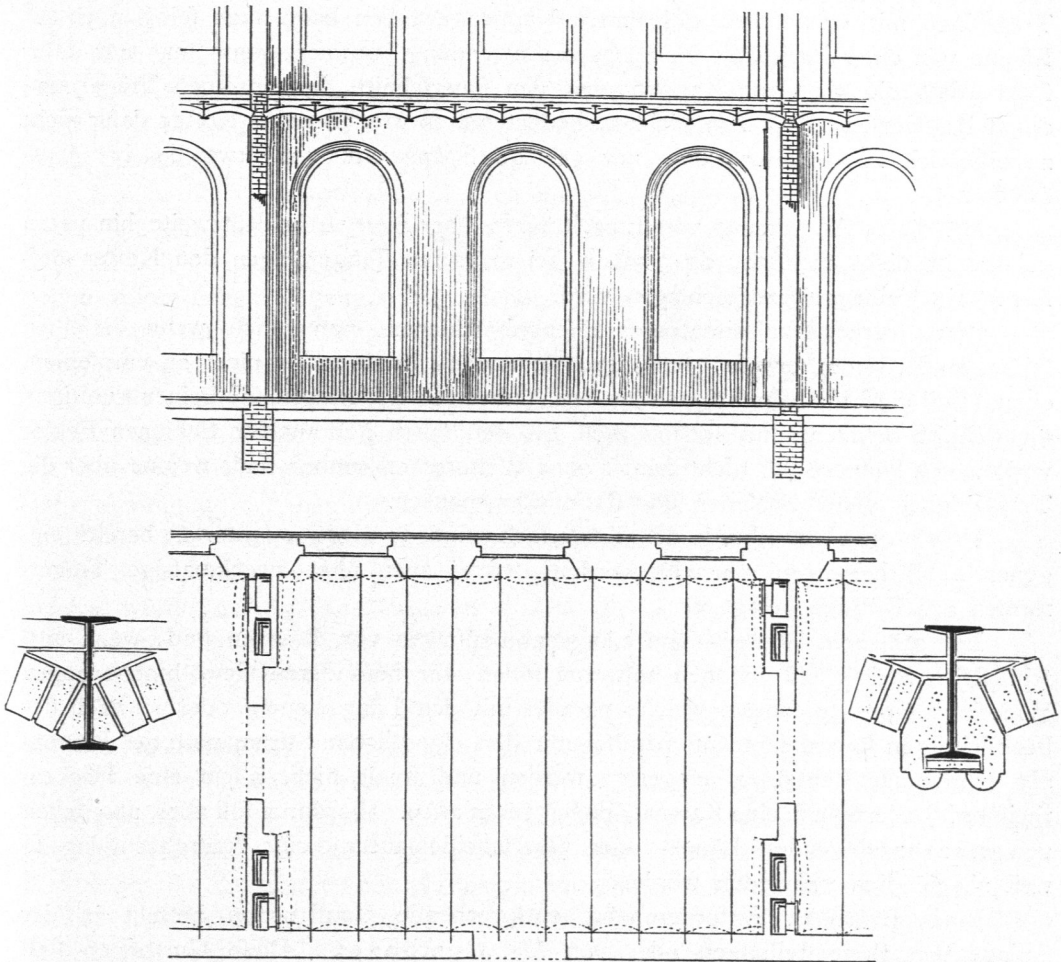
Hinsichtlich der Zeit der Ausführung der Kappengewölbe gilt das in Art. 151 (S. 219) Gefagte gleichfalls.

189.
Rüftungen.

Die Rüftungen, auf welchen das Einwölben der Kappengewölbe vorgenommen wird, sind äusserst einfach. Sie bestehen wesentlich nur aus entsprechend unterstützten, aus 30 bis 35 mm starken Bohlen angefertigten Wölbsteiben, welche in Entfernungen von 1,0 m bis 1,3 m aufgestellt, durch Holzkeile unterlagert sind und mit einer Bretterchalung von 30 bis 35 mm Stärke versehen werden. Bei der Besprechung der gesammten Anlage und Ausführung eines Kappengewölbes wird noch eine nähere Beschreibung dieser Lehrbogen u. f. w. gegeben werden. Bei sehr langen Kappengewölben oder auch bei zwei ziemlich nahe über einander liegenden derartigen Gewölben, wie dieselben etwa bei Heizungs- oder Lüftungs-Canälen vorkommen, benutzt man vortheilhaft statt der eingeschalteten Lehrbogen die früher schon in Art. 160 (S. 230) erwähnten Rutfchbogen.

Die Einwölbung der Kappengewölbe ist unter Beobachtung der in Art. 149 (S. 218) für Tonnengewölbe gegebenen Vorschriften im Allgemeinen in gleicher Weise vorzunehmen. Auf eine sorgfältige Ausmauerung der Gewölbezwickel oder eine gute Ausfüllung derselben mit Beton ist besonders Bedacht zu lenken. Auch für die Zeit der Ausrüstung gilt hier vollständig das in Art. 158 (S. 228) Gefagte.

Fig. 373.



Für die Spannweite der Kappengewölbe sind mäßige Abmessungen bedingt. Dieselben bewegen sich in Weiten von 0,5 bis höchstens 5,0 m. Beim Ueberschreiten der Spannweite von 5,0 m geht der Nutzen, welchen sonst die flachen Kappengewölbe wegen ihrer geringen Constructionshöhe zu bieten vermögen, mehr oder weniger verloren.

Im Allgemeinen ist für Kappengewölbe durchschnittlich eine Spannweite von 2,5 bis 3,5 m üblich, welche ab und an auf 4,0 m gesteigert werden kann.

Bei Räumen, deren Breite diesen durchschnittlich gegebenen Spannweiten entspricht, welche aber sonst eine beliebige Länge aufweisen, kann zur Bildung der Decke ein einziger Gewölbezug als Kappengewölbe dienen.

Häufig und nicht ohne Vortheil für die Sicherheit des Gewölbekörpers werden

aber auch Räume von mehr oder minder großer Länge und einer Breite, entsprechend der Durchschniteweite der Kappen, mit neben einander liegenden schmalen Kappengewölben überdeckt, deren Gewölbaxen rechtwinkelig zu den Längsmauern des Raumes gerichtet sind. Bei dieser Gliederung der Decke (Fig. 373) stützen sich die einzelnen Gewölbjoche gemeinschaftlich gegen einen eisernen Walzträger in I-Form, dessen Endauflager in den Längsmauern geboten wird, während sich die erste und letzte Kappe gegen die seitlichen kurzen Umfangsmauern legen. Eine derartige Trägerlage mit dazwischen gespannten Kappengewölben kann auch selbst noch für Räume von einer Breite bis zu 8,0 m in Anwendung kommen, wenn man nur dafür sorgt, daß die einzelnen Kappen, um den Querschnitt der einzelnen Träger und damit das Gewicht derselben nicht zu bedeutend, so wie ferner die Kosten dafür nicht zu erheblich zu gestalten, eine nur geringe Spannweite von etwa 0,8 bis 1,0 m erhalten.

Mit dieser Anordnung von Einzelträgern über 8,0 m freie Stützweite hinaus zu gehen, ist nicht rätlich, da alsdann bei größeren Trägerlängen den Kosten derselben ein Ueberpreis zugeschlagen wird.

Statt solcher Walzeisenträger Eisenbahnschienen, namentlich wenn dieselben schon im Betriebe gewesen sind, zu verwenden, ist durchaus nicht zu empfehlen, einmal weil die Eisenbahnschienen für den Anfaß der Widerlagssteine keinen günstigen Querschnitt besitzen, und sodann weil bei den schon gebrauchten Schienen Fehler vorkommen können, die nicht immer ohne Weiteres erkennbar sind, welche aber die Tragfähigkeit dieser Schienen höchst unsicher machen.

Ueber die Auswölbung der Trägerfäche sind in Kap. 4 (unter a) bereits eingehende Mittheilungen gemacht worden, wobei auch über zweckmäßige Trägerformen das Nöthige gefagt ist.

Bei größeren Breiten- und Längenabmessungen von Räumen sind, wenn ausschließlich Stein-Constructionen auftreten sollen, die besonderen Gewölbjoche gegen Widerlagskörper zu führen, welche parallel mit den Längsmauern oder je nach der beabsichtigten Raumbenutzung parallel mit den eigentlichen Stirnmauern des Raumes als selbständige Baukörper eingefügt werden und somit nicht allein eine Deckentheilung, sondern auch eine Raumzerlegung veranlassen. Hierdurch soll aber, abgesehen von etwa anzulegenden Längs- oder Querscheidemauern, eine Raumbengung so weit als möglich vermieden werden.

192.
Gurtbogen.
Eine derartigen Anforderungen entsprechende Construction besteht in der Anlage von Bogenstellungen oder von sog. Gurtbogen. Diese Gurtbogen sind schmale Tonnengewölbe, bezw. Flachbogengewölbe, welche sich gegen einen gemeinschaftlichen Pfeiler, Gurtbogenpfeiler genannt, stützen und an ihrem Vor- und Rückhaupt die Widerlagsflächen als »Falze« für die antretenden Kämpfer der aufzunehmenden beiden seitlich gelegenen Gewölbjoche oder Kappen enthalten.

Die Wöblinie der Gurtbogen kann als Halbkreis, gedrückte oder überhöhte Ellipse, gedrückter oder überhöhter Korbbogen oder sehr zweckmäßig als Parabel gewählt werden.

Wird ein Flachbogen als Wöblinie genommen, so giebt man demselben ein Pfeilverhältniß von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$, feltener von $\frac{1}{6}$, letzteres nur, wenn die Gurtbogen die Kappen allein zu tragen haben. Wohl ist aber beim Flachbogen der ihm zukommende oft nicht unbedeutende Gewölbschub zu beachten, welcher Veranlassung

geben kann, auf die Benutzung desselben als Wölblinie für die Gurtbogen bei gewissen Verhältnissen zu verzichten. Die Spannweite der Gurtbogen wird zweckmäÙig etwa zu 4,0 m genommen.

Die Breite oder Tiefe derselben beträgt gewöhnlich 1½ bis 2 Steinlängen. Gurtbogen nur 1 Stein breit zu nehmen ist verwerflich, weil dieselben durch den anretenden Gewölbschub bei ungleicher Belastung der von ihnen getragenen Kappengewölbe leicht verdreht werden können und weil dieselben durch das eingeschnittene Widerlager für die Kappen zu sehr geschwächt werden.

Müssen Gurtbogen auÙer ihrer Hauptaufgabe, die Kappengewölbe zu stützen, noch als Tragbogen für Scheidemauern der darüber befindlichen Obergeschosse eines Bauwerkes dienen, so wird ihre Breite schon hiervon abhängig und oft bedeutender als 2 Steinlängen.

Die Stärke der Gurtbogen ist nach ihrer Belastung zu bestimmen. Haben dieselben nur die beiden zusammengehörigen Gewölbe zu tragen, so kommt, wenn diese Gewölbe gleiche Spannweite und gleiche Ueberlast aufweisen, für jeden Gurtbogen auÙer seinem Eigengewicht offenbar noch das Gewicht eines Gewölbes von einer Länge gleich der Länge des Gurtbogens in Betracht. Die von den Kappengewölben herrührenden Kämpferdrücke besitzen wagrechte Seitenkräfte, die Gewölbschübe, welche unter der gemachten Voraussetzung von gleicher GröÙe und gegen einander gerichtet sind, also sich aufheben. Ruhen noch auÙerdem Obermauern mit den von ihnen gestützten Balkenlagen u. s. f. auf den Gurtbogen, so ist unter Berücksichtigung der hieraus entspringenden Belastungen die Stärke derselben zu ermitteln. Die Stabilitätsuntersuchung ist entsprechend dem in Art. 143 (S. 197) Gefagten zu führen, wobei, falls ein Gurtbogen etwa auch noch durch Einzelgewichte belastet würde, auf die Ausführungen in Art. 144 (S. 205) Rücksicht zu nehmen ist. Für die gewöhnlichen Fälle wird die Stärke der Gurtbogen zu 1½ bis 2, bzw. 2½ Steinlängen gewählt.

Sind die Gurtbogen als ein einzelner Bogen oder als Bogenstellung parallel mit der schmalen Seite des Raumes anzulegen, so sind bei gröÙerer Länge des Raumes in Entfernungen von 2,5 bis 3,5 m und unter besonderen Verhältnissen bis höchstens etwa 4,0 m parallel gestellte Gurtbogenzüge auszuführen. ZweckmäÙig erhalten dieselben an den Umfangsmauern oder Scheidemauern, welche nun als Widerlager für die anretenden Gurtbogen mit dienen müssen, noch besondere Wandpfeiler, sog. Vorlagen, um nicht von vornherein jenen den Raum begrenzenden Mauern ihrer ganzen Länge nach eine solche Stärke geben zu müssen, wie solche der Gewölbschub der angelegten Gurtbogen erforderlich macht.

In der Bildung dieser Vorlagen liegt ein wesentlicher Nutzen für die Bemessung der Stärke der Umfangsmauern des mit Kappengewölben zu überdeckenden Raumes, da, sobald diese Mauern thunlichst von der Stärke des Mauerkörpers, welcher als Widerlager für die Gurtbogen vorhanden sein muÙ, zwischen den Gurtbogenfeldern befreit sind, für diese Baukörper eine wesentlich geringere Stärke genommen werden kann.

In Fig. 374 ist die Anlage von Kappengewölben mit sog. vorgezogenen Gurtbogen dargestellt. Die zwischen den vorspringenden Vorlagen der Gurtbogen vorhandenen Umfangsmauern treten nur als Schildmauern der Kappengewölbe auf, können also, namentlich wenn die Kappen auf Kuf oder nach dem *Moller'schen* Verbands eingewölbt sind, eine nur mäÙige Stärke erhalten und durch Licht- oder

Thüröffnungen in ausgiebigster Weise geöffnet behandelt werden.

Selbstverständlich ist die Theilung für die Gurtbogen der Axenlage des Raumes, bezw. des ganzen Bauwerkes entsprechend zu nehmen.

Dafs unter Umständen, wie auch in Fig. 374 angedeutet ist, die Vorlagen der Gurtbogen, selbst bei genügend weitem Vorsprunge und bei geeignet gewählter Wölblinie der Gurtbogen, mit Oeffnungen versehen werden können, ist für die Benutzung des

Raumes nicht ohne Bedeutung. In derartigen Fällen empfiehlt sich in erster Reihe die Verwendung einer Parabel, deren Pfeilhöhe gleich oder gröfser als ihre halbe Spannweite ist, als Wölblinie für die Gurtbogen, weil hierbei der Kämpferdruck derselben in günstiger Weise nach ihrem unmittelbar unter dem Fußboden des Raumes befindlichen Widerlagsmauerwerk geleitet wird. Bei Flachbogen liegt der Kämpferdruck höher, wirkt also ungünstiger auf die Vorlagen ein. Bei einem Halbkreise, einem elliptischen Bogen oder einem Korbbogen wird die Beanspruchung des Wölbmaterials im Allgemeinen ebenfalls ungünstiger, als beim Parabelbogen mit dem bereits angegebenen Pfeilverhältnisse.

Sind aus bestimmten Gründen, wie z. B. bei Kellern, die Umfangsmauern der mit Kappengewölben zu überdeckenden Räume an und für sich schon in so

bedeutender Stärke auszuführen, dafs dieselben durch den Gewölbchub der Gurtbogen nicht in ihrer Stabilität geschädigt werden, so können die Gurtbogen, ohne mit Vorlagen versehen zu sein, aus den Umfangsmauern hervorzuwachsen. Dann ist auch die vorhin angedeutete Vorsicht hinsichtlich der Wahl der Wölblinie für die Gurtbogen von geringerer Bedeutung. In Fig. 375 ist für einen derartigen Gurtbogenansatz ein Halbkreis- und ein Parabelbogen als Wöblinie angenommen, für welche die innere lothrechte Begrenzungslinie der Seitenmauer als Berührungslinie in den Berührungspunkten *a*, bezw. *d* auftritt. Bei solchen Anlagen sind die Anfänger der Gurtbogen immer gleich bei der Aufmauerung des Mauerwerkes der Umfangsmauern wie bei *ac*, bezw. bei *def* in wagrechten Schichten vorgekragt mit auszuführen. Hierbei ist ein regelrechter

Fig. 374.

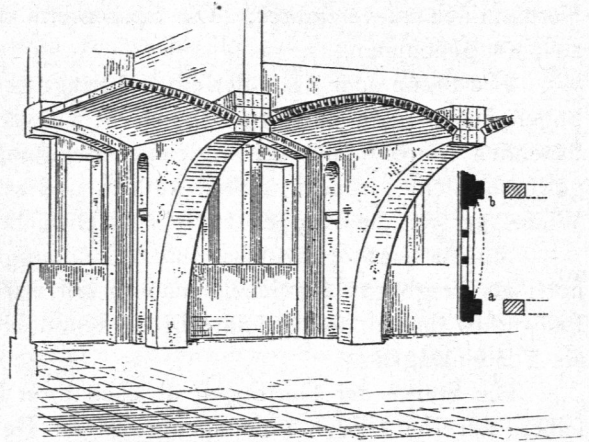
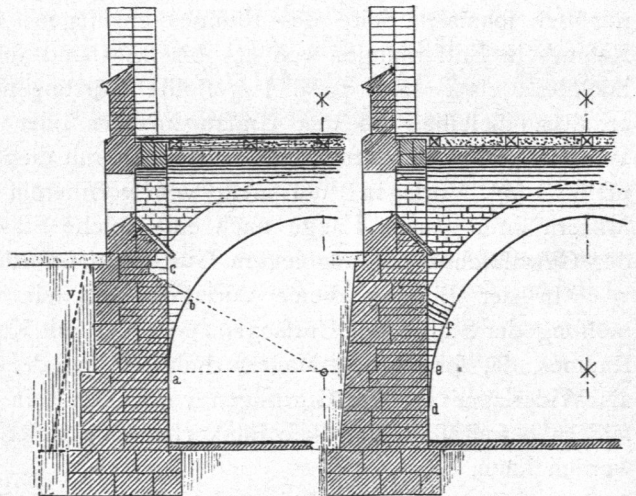


Fig. 375.



in wagrechten Schichten vorgekragt mit auszuführen. Hierbei ist ein regelrechter

Verband dieser Anfänger mit dem eigentlichen Mauerkörper unter Verwendung eines tadellosen Mörtels, zweckmäfsig des verlängerten Cementmörtels, innezuhalten.

Im Allgemeinen beträgt bei den gewöhnlichen Anlagen die Stärke der Widerlager der Gurtbogen, je nach ihrer Belastung, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{5}$ ihrer Spannweite.

Hier möge noch bemerkt werden, dafs für stark belastete Gurtbogen mit einem Halbkreise als Wölblinie bei unzureichender Stärke der Umfangsmauer der Kellergefchoffe auch die nöthige Widerlagsstärke für die Gurtbogen durch nach aufsen vorgelegte Strebepfeiler *v*, deren Breite der Tiefe der Gurtbogen mindestens gleich wird, zu schaffen ist, eine Anordnung, welche bei der Parabel als Wölblinie feltener nöthig wird.

194.
Strebepfeiler.

Ist für Gurtbogen in besonderen Fällen ein kräftiges Widerlager durch Vorlagen, bzw. durch Strebepfeiler hinter den Umfangsmauern nicht zu schaffen, erscheinen auch die Umfangsmauern, gegen welche sich die Gurtbogen legen, hinsichtlich ihrer Stärke nicht genügend sicher, so hat man keine Zuflucht zu Verankerungen der Gurtbogen zu nehmen. Hierbei ist aber stets die grösste Vorsicht geboten. Namentlich sind die Zuganker dann so tief zu legen, dafs dieselben durch die Kämpfer der Gurtbogen gehen, um hierdurch den Gewölbschub derselben möglichst vollständig abzufangen. Ausserdem sind reichlich gros bemessene Ankerplatten zu verwenden. Im Uebrigen kann in dieser Beziehung auf das in Art. 178 (S. 268) Vorgetragene hingewiesen werden.

195.
Verankerungen.

Bedingt eine Grundrifsbildung das Durchkreuzen von zwei Gurtbogen, bzw. Gurtbogenzügen, so darf ein kreuzender Gurtbogen niemals ein Widerlager an den Häuptern des anderen Gurtbogens finden. Vielmehr müssen diese Gurtbogen eine gemeinschaftliche Fussfläche und einen gemeinschaftlichen Stützkörper erhalten.

196.
Kreuzung
von
Gurtbogen.

Der an den Häuptern der Gurtbogen einzufügende Falz für das Widerlager der Kappengewölbe folgt in seiner unteren Begrenzungslinie genau der Kämpferlinie der Kappengewölbe. Dieselbe soll für alle Kappengewölbe zwischen Gurtbogen bei einer und derselben Raumdecke in einer wagrechten Ebene liegen, damit eine möglichst günstige Beanspruchung der Gurtbogen durch den Schub der Kappen eintritt. Ausserdem sollen die Spannweiten und Pfeilverhältnisse für die Kappengewölbe zwischen den Gurtbogen thunlichst gleich sein, weil bei grösserer Abweichung in diesen Abmessungen der benachbarten Kappen der Gurtbogen eben so ungünstig beansprucht wird, wie das im Art. 147 (S. 213) besprochene gemeinschaftliche Widerlager von zwei Tonnengewölben mit verschiedener Spannweite. Die Kämpferlinie der Kappengewölbe liegt mindestens 10 cm, besser 12 cm über dem Scheitel des Gurtbogens, da bei einer tieferen Lage derselben leicht ein Abdrücken der Scheitelsteine des Bogens unterhalb des Falzes möglich wird.

197.
Falze.

Die schräg aufsteigende Fläche des Falzes richtet sich in ihrer Neigung nach der Richtung der Kämpferfuge der Kappengewölbe.

Da die Stärke des Gurtbogens in den meisten Fällen nicht so gros ist, dafs das Widerlager der Kappen, also auch der Falz hierfür in der ganzen Stirnfläche der Gurtbogen verbleiben kann, so mufs eine sorgfame Ausmauerung der Zwickel der Gurtbogen oberhalb der Rückenfläche derselben, wie auch aus Fig. 375 zu ersehen ist, stattfinden. Diese Ausmauerung nimmt dann die Fortsetzung des Falzes mit auf.

Der gefamnte an beiden Hauptflächen des Gurtbogens vorkommende Falz wird in der Regel gleich bei der Wölbung des Bogens durch entsprechend zu-

gehauene Wölbsteine mit ausgeführt. Soll dagegen der Falz später eingehauen werden, so muß diese Arbeit erst nach möglichst vollständigem Abbinden und Erhärten der Mörtelbänder des Bogens vorgenommen werden. Eben so ist die Einwölbung der Kappen zwischen den Gurtbogen erst dann zweckmäßig in Angriff zu nehmen, sobald die Gurtbogen kräftig im Mörtel abgebunden sind.

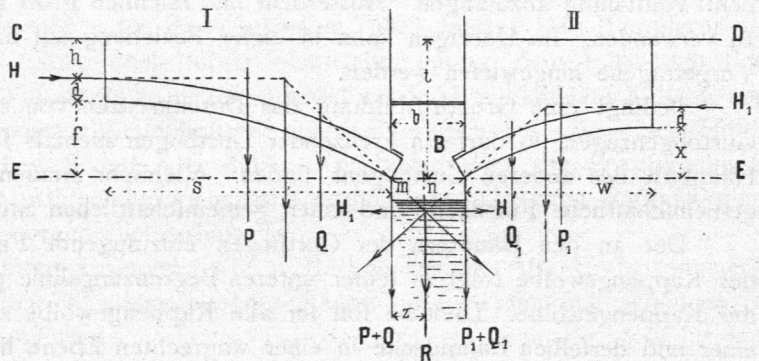
Müssen die Gurtbogen parallel mit der Längsmauer des Raumes angelegt werden, so gilt dasselbe, was vorhin über die parallel zur schmalen Seite des Raumes gestellten Gurtbogen mitgeteilt ist.

198.
Kappengewölbe
mit
ungleicher
Spannweite.

Kann die erwähnte günstige Beanspruchung der Gurtbogen bei einer ungleichen Spannweite der von einem gemeinschaftlichen Gurtbogen aufzunehmenden Kappengewölbe bei gegebenen besonderen Verhältnissen eine Beeinflussung erfahren, welche nachteilig für den Gurtbogen werden müßte, so darf, um diese Einflüsse thunlichst zu beseitigen, das Feststellen der zweckmäßigen Pfeilhöhen der beiden verschieden weit gespannten Kappen nicht unterlassen werden. In dieser Beziehung begegnet man in der Praxis des Hochbauwesens bei derartigen Anlagen von Kappengewölben noch manchen Willkürlichkeiten, die einzuführen sind.

In Fig. 376 sei *I* ein halbes Kappengewölbe mit der Spannweite $2s$, der Pfeilhöhe f , der Wölbstärke d und der auf Wölbmaterial zurückgeführten, oben wagrecht abgeglichenen Ueberlast von der Höhe h . Die Größe

Fig. 376.



des möglichst kleinsten Gewölbschubes H ist nach Gleichung 179 (S. 264) mit

$$H = \frac{s^2}{12(f + d)} [6(d + h) + f]$$

zu berechnen.

Tritt mit diesem Gewölbe das zur Hälfte gezeichnete Kappengewölbe *II* mit der Spannweite $2w$ an einen gemeinschaftlichen Gurtbogen *B*, so ist zunächst zu beachten, daß die Kämpferlinien beider Gewölbe in einer und derselben wagrechten Ebene liegen, daß sodann, den Anforderungen des Hochbauwesens meistens entsprechend, die Gewölbe eine gleiche Stärke erhalten und so übermauert oder mit Beton, bzw. Sandschüttung überlagert werden, daß der Fußboden, bzw. die obere Abgrenzung der Gewölbe wiederum in eine und dieselbe wagrechte Ebene gelangt.

Sind nun beide Gewölbe noch außerdem mit einer gleich großen Nutzlast für 1 qm Grundriffsfläche behaftet, so liegt auch die obere Grenzlinie der Belastungsflächen derselben in einer wagrechten Ebene *CD*. Die lothrechte Entfernung dieser Ebene von der Kämpferebene *EE* ist

$$t = f + d + h \dots \dots \dots 216.$$

Die Tiefe beider Gewölbe sei gleich der Längeneinheit. Ist ferner x die Pfeilhöhe des Gewölbes *II* und H_1 der möglichst kleinste Gewölbschub desselben, so wird

nach den Bezeichnungen in Fig. 376 und in Rücksicht auf das in Art. 138 (S. 190) Gefagte

$$H_1 = \frac{P_1 \frac{w}{2} + Q_1 \frac{w}{4}}{d + x}$$

Da

$$P_1 = (t - x) w \quad \text{und} \quad Q_1 = \frac{1}{3} w x \quad \dots \dots \dots 217.$$

ist, so wird hiernach

$$H_1 = \frac{(t-x) \frac{w^2}{2} + \frac{w^2 x}{12}}{d + x}$$

und nunmehr hieraus

$$x = \frac{6(tw^2 - 2H_1 d)}{12H_1 + 5w^2} \quad \dots \dots \dots 218.$$

gefunden.

Da der Gurtbogen durch die Kämpferdrücke der beiden Gewölbe im Allgemeinen am günstigsten in Mitleidenschaft gezogen wird, wenn die wagrechten, in der Kämpferebene *EE* liegenden Seitenkräfte *H* und *H*₁ sich das Gleichgewicht halten, so dafs neben dem Eigengewicht und der Belaftung des Gurtbogens von den Kappengewölben nur die lothrecht wirkenden Seitenkräfte

$$R = P + Q + P_1 + Q_1 \quad \dots \dots \dots 219.$$

der Kämpferdrücke für denselben in Betracht zu ziehen sind, so folgt, dafs *H*₁ = *H* zu setzen und danach

$$x = \frac{6(tw^2 - 2Hd)}{12H + 5w^2} \quad \dots \dots \dots 220.$$

zu berechnen ist.

In diesem Ausdrücke hat *H* den nach Gleichung 179 ermittelten Werth. Setzt man also die Gestalt des Gewölbes *I* fest, so ist bei gegebener Spannweite des Gewölbes *II* die Pfeilhöhe *x* in die durch Gleichung 220 ausgesprochene Abhängigkeit vom Gewölbe *I* zu bringen, so dafs jede Willkür ausgeschlossen ist.

Um die Lage der Mittelkraft *R* der lothrechten Seitenkräfte der von beiden Gewölben hervorgerufenen Kämpferdrücke zu finden, kann man, wenn die Breite *b* des Gurtbogens gegeben ist, den Abstand *mn* = *z* dieser Kraft *R* von dem Kämpferpunkte *m* unter Berücksichtigung von Fig. 376 leicht bestimmen. Man erhält durch *Rz* = (*P*₁ + *Q*₁) *b* den Ausdruck, woraus

$$z = \frac{(P_1 + Q_1) b}{R} \quad \dots \dots \dots 221.$$

wird. In der Gröfse *R* sind nach Gleichung 219 auch die Werthe von *P* und *Q* mit enthalten. Dieselben ergeben sich nach den Gleichungen 154 u. 155 (S. 191), während *P*₁ und *Q*₁ nach Gleichung 217 in Verbindung mit dem aus Gleichung 220 zu berechnenden Werthe von *x* zu bestimmen sind.

Würden die Gewölbkappen sich statt gegen einen Gurtbogen gegen einen gemeinschaftlichen Walzeisenträger legen, so wird an der geführten Untersuchung nichts geändert.

Beispiel. Es sei *zs* = 4 m, also *s* = 2 m, *f* = 0,5 m oder = $\frac{1}{8}$ der Spannweite, *d* = 0,25 m und *h* = 0,15 m, d. h. einer Nutzlast von etwa 280 kg für 1 qm Grundrisfläche entsprechend. Die Spannweite 2*w* des Nachbargewölbes sei 3 m, also *w* = 1,5 m; die Gewölbstärke *d* sei auch hier 0,25 m.

Man erhält nach Gleichung 179 (S. 264)

$$H = \frac{2^2}{12(0,5 + 0,25)} [6(0,25 + 0,18) + 0,5] = 1,37 \text{ qm.}$$

Nach der Tabelle in Art. 143 (S. 202) könnte für die Gewölbstärke gleich 1 Stein = 0,25 m der Normaldruck $N = 2,61$ qm betragen, während H dort nur = 0,87 qm ist.

Aus den in Art. 180 (S. 273) angegebenen Gründen kann aber für das unterfuchte Gewölbe die Stärke von 0,25 m beibehalten werden.

Nach Gleichung 216 wird

$$t = 0,5 + 0,25 + 0,18 = 0,93 \text{ m}$$

und nunmehr nach Gleichung 220

$$x = \frac{6(0,93 \cdot 1,5^2 - 2 \cdot 1,37 \cdot 0,25)}{12 \cdot 1,37 + 5 \cdot 1,5^2} = 0,305 \text{ m}$$

als gefuchte Pfeilhöhe des Gewölbes mit der Spannweite $2w = 3 \text{ m}$. Danach

ist also das Pfeilverhältniß dieses Gewölbes nicht auch gleich $\frac{1}{8}$, wie beim

größeren Gewölbe, sondern nur $\frac{0,305}{3} = \text{rund } \frac{1}{10}$ zu nehmen.

Derartige Ergebnisse sind in der Praxis bei der Ausführung von Kappengewölben füglich zu beachten. Nachdem x berechnet ist, läßt sich z nach Gleichung 221 finden. Zuvor ist nach den Gleichungen 217 u. 220:

$$P_1 = (0,93 - 0,305) 1,5 = 0,938 \text{ qm} \text{ und } Q_1 = \frac{1}{3} \cdot 1,5 \cdot 0,305 = 0,153 \text{ qm.}$$

Außerdem ergibt sich nach Gleichung 154: $P = (0,25 + 0,18) 2 = 0,86 \text{ qm}$

und endlich nach Gleichung 155: $Q = \frac{1}{3} \cdot 0,5 \cdot 2 = 0,333 \text{ qm.}$

Nach Gleichung 219 ist demnach R gleich der Summe dieser Gewichte, also gleich 2,304 qm, so daß zuletzt nach Gleichung 221

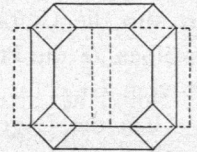
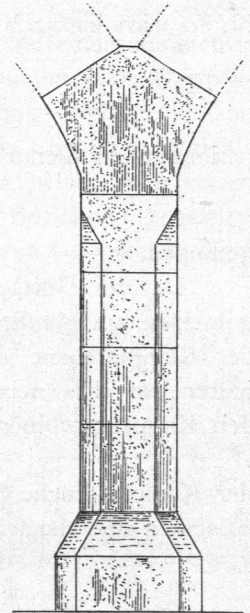
$$z = \frac{(0,938 + 0,153) b}{2,304} = \frac{1,091 b}{2,304} = 0,473 b$$

wird. Hiernach liegt die lothrechte Kraft R der Kämpferdrücke in nicht sehr bedeutendem Abstände von der lothrechten Mittellinie des Gurtbogens. Das Gewicht, bezw. die fachgemäße Uebermauerung desselben wird eine lothrechte Kraft erzeugen, welche, mit R zu einer neuen Mittelkraft vereinigt, diese bis nahezu in die lothrechte Mittellinie des Gurtbogenquerschnittes legt, oder falls die Uebermauerung des Gurtbogens entsprechend vorgenommen wird, schließlich die zuletzt erwähnte Mittelkraft selbst durch jene Mittellinie bringt.

Derartige Vortheile für die Construction sind also ohne große Mühe zu schaffen.

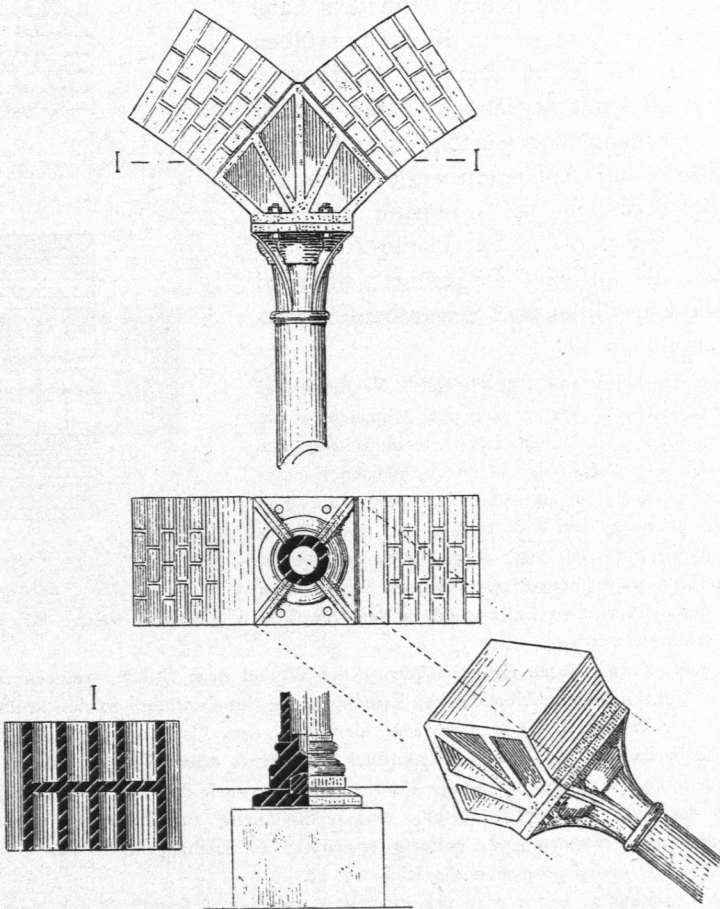
Sind zwei oder mehrere Gurtbogen als Bogenstellungen anzuordnen, so erhalten je zwei derselben einen gemeinschaftlichen Zwischenpfeiler, den sog. Gurtbogenpfeiler, als Stütze und am Kopfe desselben ihr zusammengehöriges Widerlager. Die Breite dieser Pfeiler wird, wenn dieselben aus Mauerwerk bestehen, in der Regel gleich der Breite der Gurtbogen genommen, wenigstens niemals größer gewählt. Die Länge derselben richtet sich nach der Größe des Druckes, welcher vermöge der Gurtbogen mit Kappenbelastung oder der sonst noch auf die Gurtbogen gelangenden Gewichte in Frage kommt. Sehr selten ist jedoch die Länge dieser Pfeiler so groß, daß dieselbe gleich der wagrechten Projection der beiden Widerlagsfugen der Gurtbogen würde. Vielmehr schneiden sich die Rückenlinien der Gurtbogen über der lothrechten Axe des Pfeilers in ziemlich hoher Lage über ihren Kämpferlinien. In Folge hiervon entstehen über der Kämpferlinie besondere Bestandtheile des Gurtbogens, die sog. Gurtbogenanfänger. Werden die Pfeiler und die Anfänger aus Backstein hergestellt, so gilt genau das in Art. 137 (S. 189) über derartige Gewölbeanfänger Gefagte auch hier. Sollen die Anfänger aus Haufteinen hergerichtet werden, so

Fig. 377.



können dieselben nach Fig. 377 in den meisten Fällen aus einem einzigen, nach den Wölblinien und den Widerlagsflächen der Gurtbogen bearbeiteten Quader bestehen. Wird der Gurtbogenpfeiler aus Quadermaterial errichtet, so kann derselbe bei nicht zu großer Pfeilerhöhe aus einem Stücke bestehen oder anderenfalls in Schichten von 30 bis 50 cm Höhe ausgeführt werden. Selbstredend können statt der Gurtbogenpfeiler auch Freistützen aus Backsteinmaterial gemauert oder aus Quadern bestehend angeordnet werden, wenn nur in jedem Falle den betreffenden Stützkörpern der nöthige Querschnitt gegeben wird. Für die im Hochbauwesen auftretenden

Fig. 378.



den gewöhnlichen Belastungen beträgt die Länge der Backsteinpfeiler, gutes und festes Material vorausgesetzt, 2 Stein bis $2\frac{1}{2}$ Stein und die Länge der Quaderpfeiler bei festem Steinmaterial 40 bis 50 cm. Statt der aus Steinmaterial zu bildenden Gurtbogenpfeiler können selbstverständlich auch gusseiserne oder schmiedeeiserne Säulen (Fig. 378) als Stützen in Anwendung kommen. Diese erhalten dann einen aus Backstein oder aus Quadern angefertigten Anfänger über sich oder unter Umständen ein gusseisernes Kopfstück, welches als Gurtbogenanfänger, wie in Fig. 378, ausgebildet ist. Treten bei sich kreuzenden Gurtbogenzügen vier Gurtbogen über einer gemeinschaftlichen Freistütze zusammen, so ist der allen Gurtbogen zukommende

Anfänger, möge derselbe aus Backstein oder aus Quadern bestehen, so zu gestalten, daß, wie Fig. 379 bei einem aus Backstein gebildeten Mauerkörper zeigt, alle vier Widerlagsflächen in entsprechender Größe vorhanden sind.

Für eine sorgfältig ausgeführte, vollständig sichere Fundamentirung der Gurtbogenpfeiler oder Säulen ist unter jeder Bedingung zu sorgen.

200.
Beispiel
einer größeren
Kappengewölbe-
anlage.

Unter Beobachtung der für die Kappengewölbe zwischen Gurtbogen in Betracht kommenden Gesichtspunkte ist auf der neben stehenden Tafel die Zeichnung einer Anlage von Kappengewölben gegeben. Im Grundrisse ist x, x ein Gurtbogenzug, welcher parallel mit der langen Umfangsmauer läuft. Die Anordnung der Gurtbogen mit ihren Vorlagen, Pfeilern und Anfängern ergibt sich aus der Darstellung derselben im Grundrisse und den Schnitten AB , bezw. CD . Im Theile I ist das Kappengewölbe als auf Kuf ausgeführt, während im Theile II die Einwölbung auf Schwalbenschwanz-Verband angenommen ist.

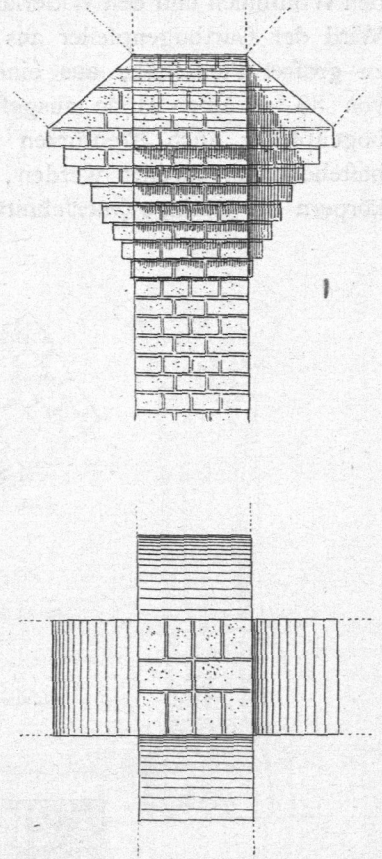
Hinsichtlich des Festlegens dieses letzteren Verbandes sei noch Folgendes angegeben. Wenn auch im Allgemeinen die Richtung der einzelnen Wölbstreifen unter einem Winkel von 45 Grad zu den Umfangsmauern des zu überwölbenden Raumes angenommen werden kann, so empfiehlt sich doch, um eine zweckdienliche Verspannung der Wölbstreifen mit ihren Nachbarstreifen zu erreichen, die Richtung derselben so zu nehmen, daß dieselben in ihren wagrechten Projectionen als Schnittlinien von Ebenen mit der cylindrischen Laibungsfläche des Gewölbes sich zeigen, welche für jeden Streifen in folgender Weise ermittelt werden.

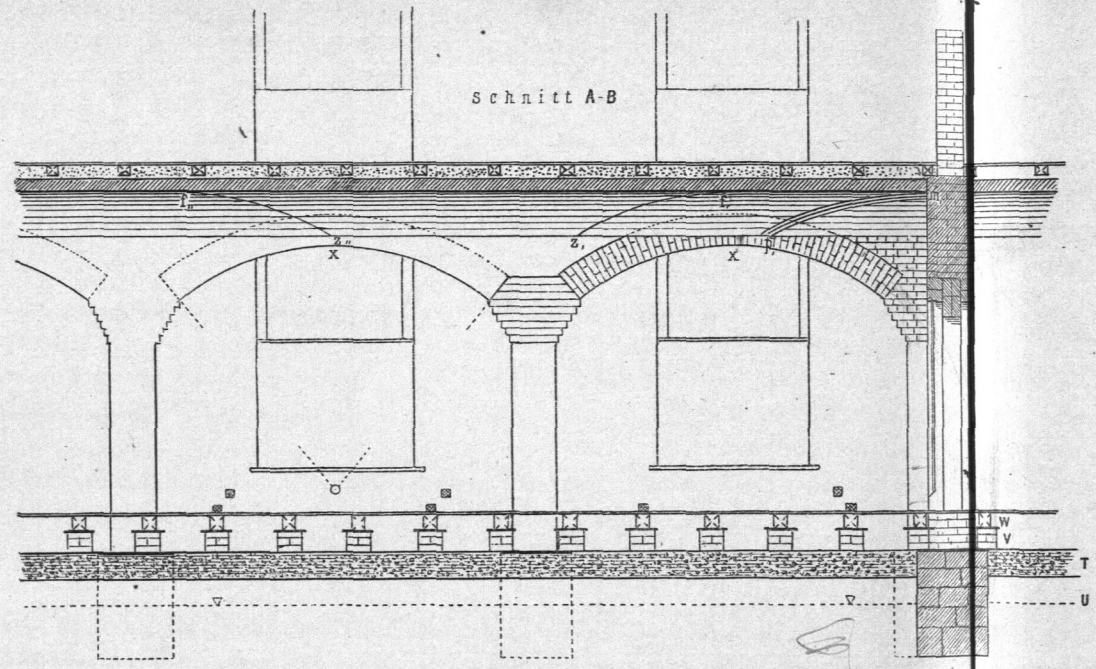
Eine lothrechte Ebene, deren Grundrissspur cf den Winkel zcm halbirt, welchen die Begrenzungen des Raumes an der Ecke c bilden, schneidet die Laibungsfläche des Gewölbes in der krummen Linie hid . Dieselbe ist nach der Wölblinie der Kappe, also hier nach dem Flachbogen ab mit der Pfeilhöhe eb in bekannter Weise bestimmt. Sie ist ein Ellipsenstück. Ermittelt man für einen beliebigen Punkt i derselben, welcher dem Punkte g des Flachbogens ab entspricht, nach den Angaben zu Fig. 254 (S. 149) die Normale nik und führt man durch dieselbe eine rechtwinklig zur Ebene der Curve hid stehende Ebene, so schneidet diese Normalebene, gehörig erweitert, die Laibungsfläche des Gewölbes in einer krummen Linie, deren Grundrissprojection die Linie op ist.

Um die Grenzpunkte o , bezw. p zu erhalten, ist durch den Fußpunkt k der Normalen nk in der Kämpferebene cf des Ellipsenstückes cid , bezw. des Gewölbes selbst die wagrechte Spur pkm der Normalebene n gezeichnet.

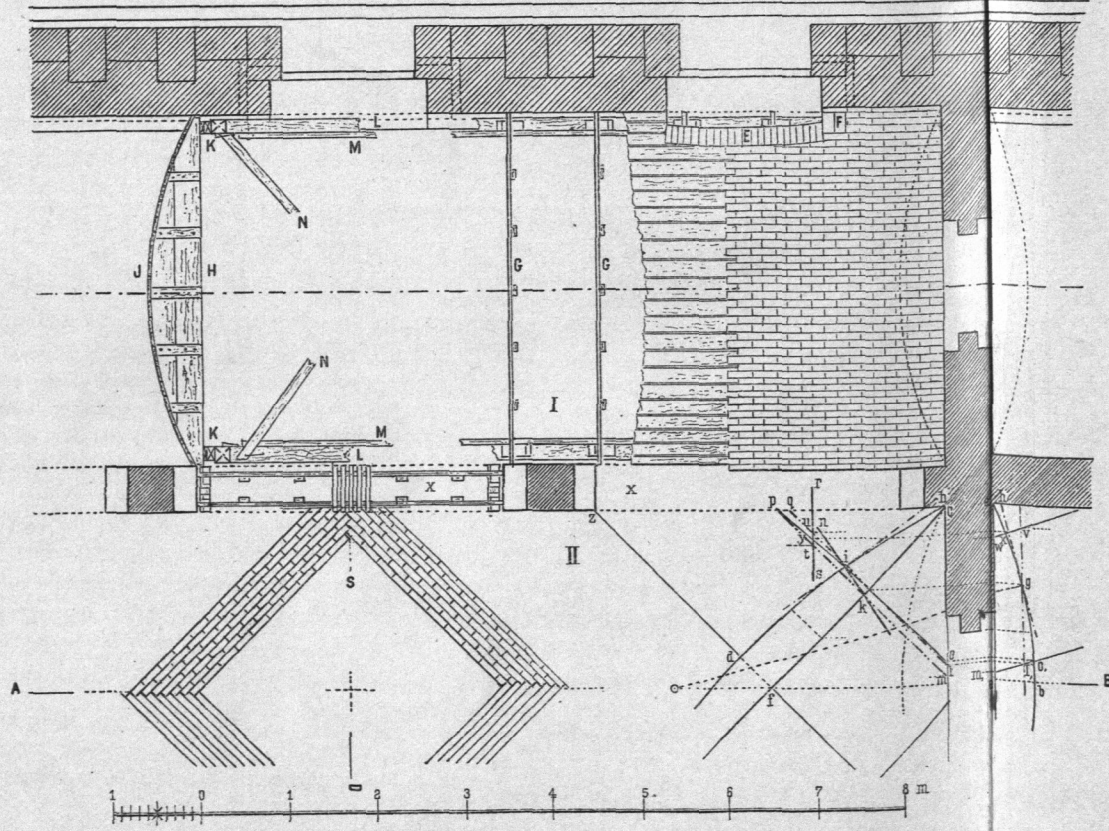
Die Parallele zu pm durch den Punkt i geführt, liefert die Grundrissprojection einer wagrechten geraden Linie qil , deren Projection in der Ebene der Wölblinie ab die durch den zu i gehörigen Punkt g gezogene, mit ae parallel laufende Gerade ist. Da nun die lothrechte Projection des Punktes m auf ab in m_1 , die lothrechte Projection des Punktes l auf der entsprechend verlängerten wagrechten Geraden vg in l_1 erhalten wird, so ergibt sich in der Geraden m_1l_1 die lothrechte Spur der Normalebene in der Ebene des Flachbogens ab . Diese Spur trifft den Flachbogen ab im Punkte o_1 . Die wagrechte Projection des Flachbogens ab ist die Gerade cm ; die Grundrissprojection von o_1 ist also der auf cm gelegene Punkt o . Der Grenzpunkt p liegt, wie sofort ersichtlich, in der Kämpferebene; die lothrechte Projection desselben ist also der Punkt a . Soll noch irgend ein zwischen p und o gelegener Punkt dieser Schnittcurve in feinen Projectionen bestimmt werden, so führt man parallel mit cm an beliebiger Stelle

Fig. 379.

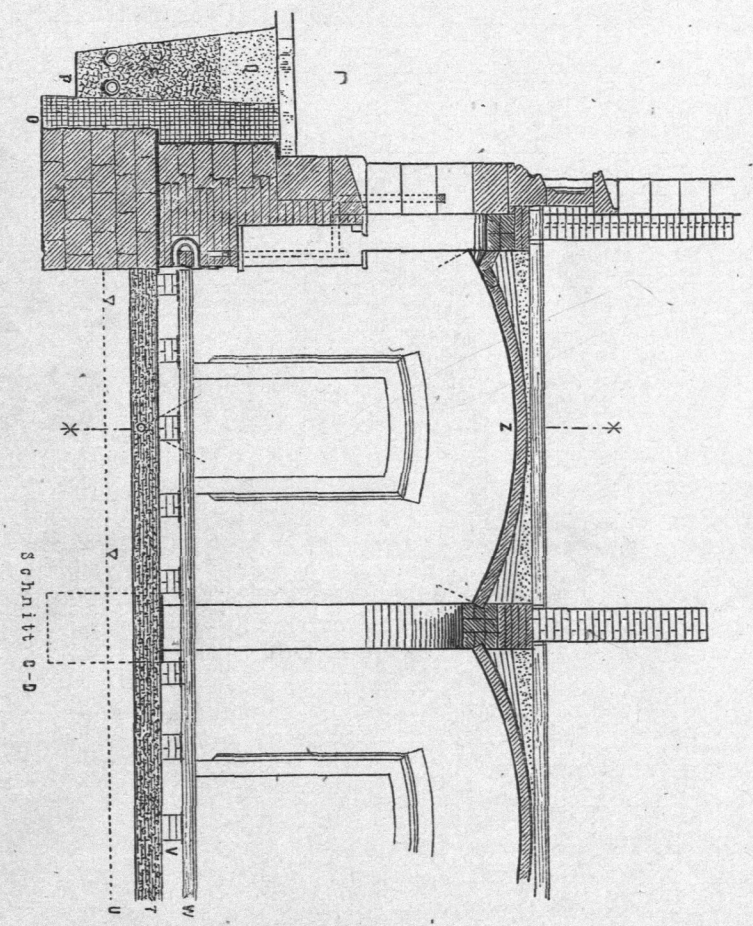




Grundriss



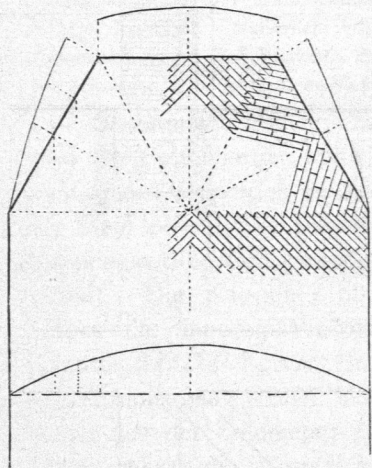
Anlage von Kappengewölben zwischen Gurtbogen.



zwischen p und o eine lothrechte Ebene, deren Spur rs sein möge. Diese Spur schneidet die vorhin gekennzeichneten Geraden pm und ql in den Punkten t und u . Die lothrechten Projectionen derselben sind offenbar w auf der Linie ae und v auf der Geraden l_1gv ; mithin würde wa die lothrechte Spur jener in rs parallel zur Ebene abc stehenden lothrechten Ebene sein und die hier befindliche, der Bogenlinie ab völlig entsprechende Wölblinie im Punkte x durchschneiden. Die wagrechte Projection von x ist der gefuchte, auf rs gelegene Zwischenpunkt y . Theilte man nunmehr die Curve cid in Wölb-schichten von der Dicke eines Backsteines ein, so könnten für jeden Theilpunkt in gleicher Weise die Normalebenen geführt und die zugehörigen Schnittlinien mit der Gewölbfläche in ihren wagrechten Projectionen aufgefucht werden.

Diese wagrechten Projectionen bilden alsdann die Begrenzungen der einzelnen neben einander liegenden Wölbstreifen, deren Lagerflächen überall in Normalebenen liegen, welche der durch die

Fig. 380.



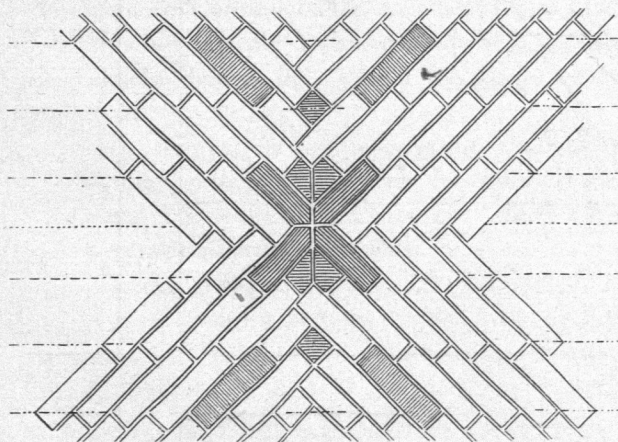
Ebene cf allgemein erzeugten Schnittlinie mit der Gewölbfläche angehören. Wird cf parallel mit sich selbst fortgerückt, so können, selbstredend unter Benutzung der schon bestimmten Linien von den Eigenschaften der Streifenkanten po , die sämtlichen Wölbstreifen fest gelegt und in ihrem Verbande geordnet werden.

Diese unter dem Namen »Schwalbenschwanz-Verband« auftretende Wölbungsart wird von den Ecken des Raumes aus begonnen, d. h. allgemein da, wo die Stirnmauern mit den eigentlichen Widerlagsmauern zusammentreffen. Derselbe eignet sich auch, wie Fig. 380 zeigt, für die Einwölbung polygonal gestalteter Räume.

Wie aus dem Grundriffe in II auf der neben stehenden Tafel hervorgeht, treffen sich die einzelnen Wölbstreifen auf der Scheitellinie AB und der Wöblinie S in der Mitte des Gewölbes in zickzackförmigem Verbande, so daß zuletzt ein nahezu quadratischer Schlusstein übrig bleibt. Beim Zusammentreten

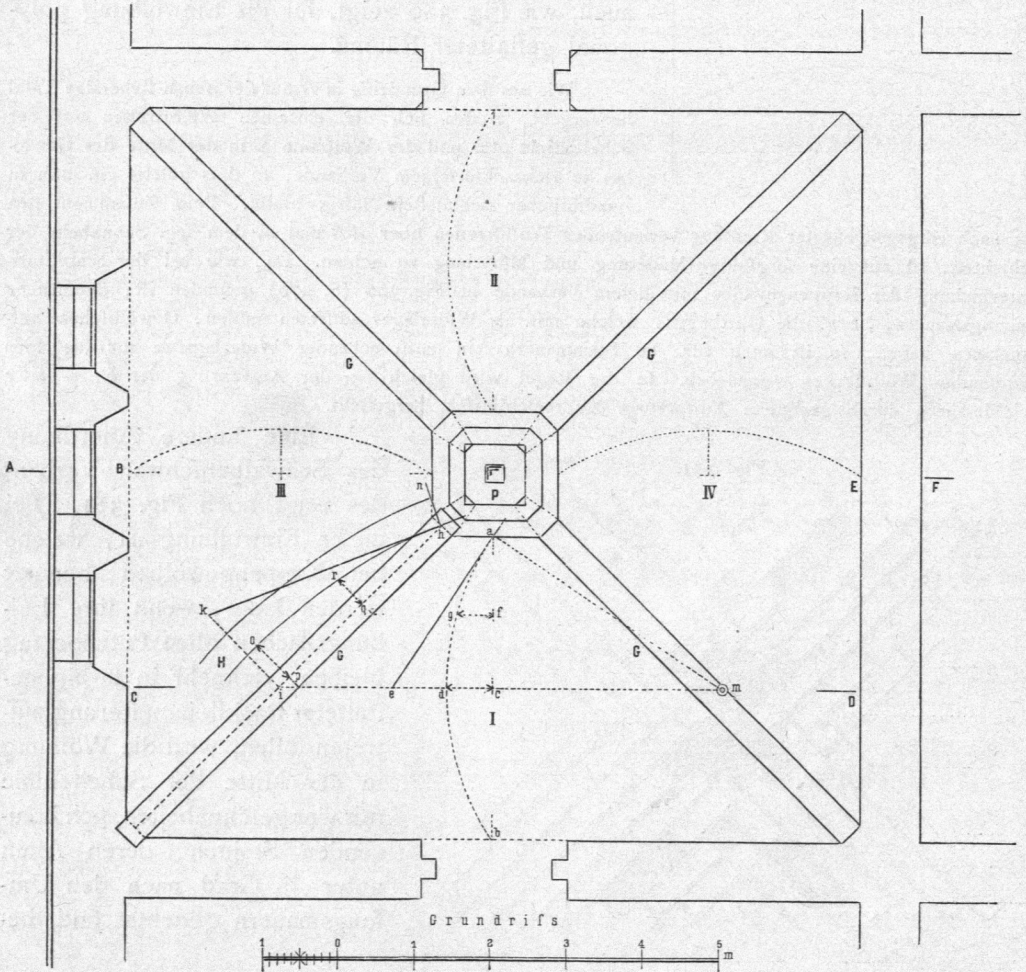
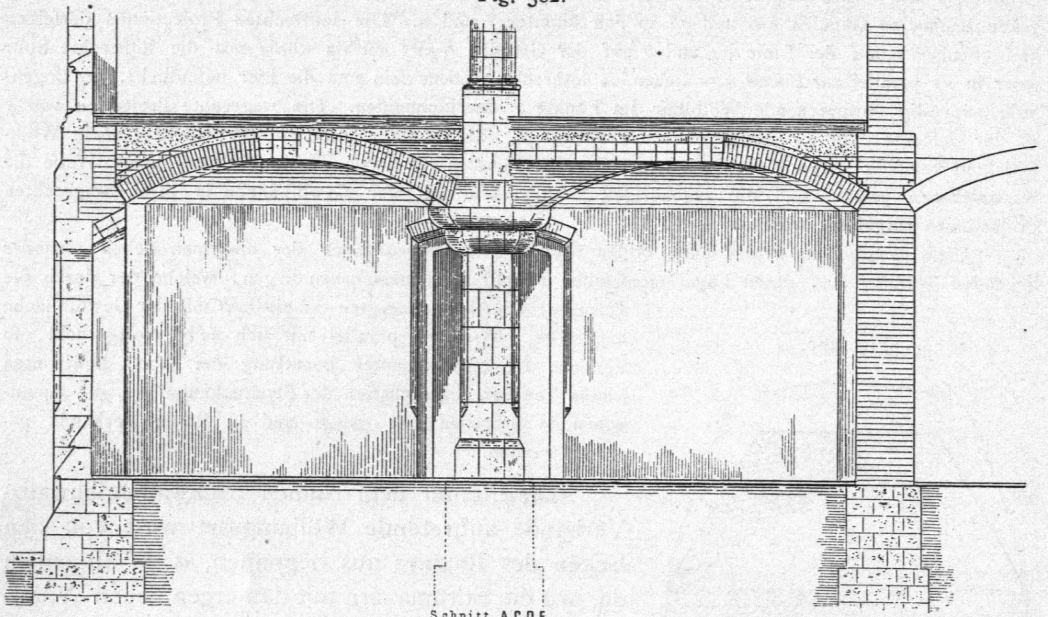
der nach entgegengesetzter Richtung verlaufenden Wölbstreifen über AB und S , dem sog. Schnäbeln der Schichten, ist auf eine sorgfältige Mauerung und Mörtelung zu achten. Da, wie bei der Stabilitäts-Untersuchung der Kappengewölbe mit diesem Verbande in Fig. 366 (S. 278) gefunden ist, sämtliche Umfangsmauern, bezw. die Gurtbogen, welche mit als Widerlager auftreten müssen, Gewölbschub aufzunehmen haben, so ist auch für die Stirnmauern ein entsprechender Widerlagsfalz für die hier antretenden Wölbstreifen vorzusehen. In der Regel wird gleich bei der Ausführung der Stirn- oder Schildmauern durch geeignete Ausparung der Anschlußfalz hergestellt.

Fig. 381.



Eine andere Anordnung des Schwalbenschwanz-Verbandes zeigt noch Fig. 381. Bei dieser Einwölbungsart, welche bei Kappengewölben benutzt werden kann, wenn ihre Laibungsflächen ohne Putzüberzug bleiben, vielmehr in farbig gestalteter Backsteinmusterung auftreten sollen, wird die Wölbung in der Mitte der Scheitellinie mit vier geschnäbelten, sich kreuzenden Steinen, deren Axen unter 45 Grad nach den Umfangsmauern gerichtet sind, be-

Fig. 382.



gonnen. Diefes Richtung folgend, find alsdann alle übrigen Wölbstreifen in regelrechtem Verbande, auch etwa einem beabfichtigten Mufter gemäfs geordnet, einzufügen.

Müffen in Kappengewölben Stichkappen eingelegt werden, fo gelten für diefelben die in Art. 164 (S. 235) gegebenen Entwicklungen. Auf der Tafel bei S. 298 ift bei *E* der Gewölbkappe *I* der Kranz einer Stichkappe nebf der Aufmauerung *F* für das Ohr derfelben gezeichnet.

201.
Stichkappen.

Auf derfelben Tafel ift auch die Stellung *G* der Wölbfcheiben *JH* und deren Unterlagerung durch Keile *K* auf dem Untergerüft *L* mit deffen Abfpreizungen *M*, bezw. *N* angegeben. Auch ift für das Trockenhalten des Raumes und des Fußbodens in Bezug auf den höchften Grundwafferftand *U* durch die Betonfchicht *T*, die Ifolirung der Mauerkörper der Umfangsmauern, bezw. Scheidemauern u. f. f., die Untermauerung *V* der Fußbodenlager *W*, fo wie durch Luftbewegung unterhalb des Fußbodens das Nöthige dargeftellt. Außerdem ergibt fich aus dem Schnitte *CD* die Anordnung des Schutzes der Umfangsmauern gegen Feuchtigkeit. *O* ift eine Thonfchicht; *P* find Drainrohre; *E* ift Steinfchlag, und *Q* ift eine Kieslage. Die Außenfeite der Grundmauer ift mit einem Anfrich von Goudron (Theer) verfehen.

In manchen Fällen, namentlich bei quadratifcher Anlage von Räumen bis zu etwa 8^m Seitenlänge, kann man die Gurtbogen zur Zerlegung der Gewölbekappen auch ganz vermeiden und diefelben durch einen Pfeiler, bezw. durch eine Säule aus Stein oder Eifen erfetzen. Eine folche Anordnung zeigt Fig. 382, wobei vier Kappengewölbe fich gegen einen Pfeiler legen, welcher im Inneren ein Rauchrohr *p* enthält. Die Kappen *I* bis *IV* fchneiden fich in Gratlinien in der Richtung *hi*, welche die inneren Wölblinien der Grate *G* bilden. Diefes find, wie aus dem Schnitte *ACDF* hervorgeht, um $\frac{1}{2}$ Stein ftärker ausgeführt, als die Kappengewölbe. Die Ausmittlung diefer Wölblinie *hH* nach der Wölblinie *ab* der Kappen erfolgt in der aus der Zeichnung zu erfehenden Weife. Die Ansatzfläche der Grate *G* am Pfeiler gehört der Normalebene *hn* zum Ellipfenftücke *hH* an. Die Gefammtanordnung diefer Decken-Confftruction ift aus der Darftellung ohne Weiteres erkennbar.

Müffen in Kappengewölben Oeffnungen für Aufzüge, Treppen, Deckenlichter u. f. w. gelaffen werden, fo find diefelben in geeigneter Weife mit Gewölbkränzen, wie in Fig. 383 gezeigt ift, zu umgeben. Auf diefe Kränze wird der Gewölbfchub der antretenden Wölbfchichten übertragen. Die Laibungs- und Rückenflächen diefer Kränze gehören Kegelflächen an. Ihre Durchbildung entfpricht der Anordnung der in Art. 166 (S. 237) gegebenen Kranz-Confftruction bei kegelförmigen Stichkappen vollftändig, und es kann deshalb hier die weitere Befprechung derfelben unterbleiben. Für kleinere Oeffnungen im Gewölbe kann auch ftatt des Kranzes ein runder oder quadratifcher eiferner Rahmen eingefetzt werden, welcher, wenn die Oeffnung als Deckenlicht dienen foll, gleich als Zarge oder Rahmen für die Verglafung zu benutzen ift.

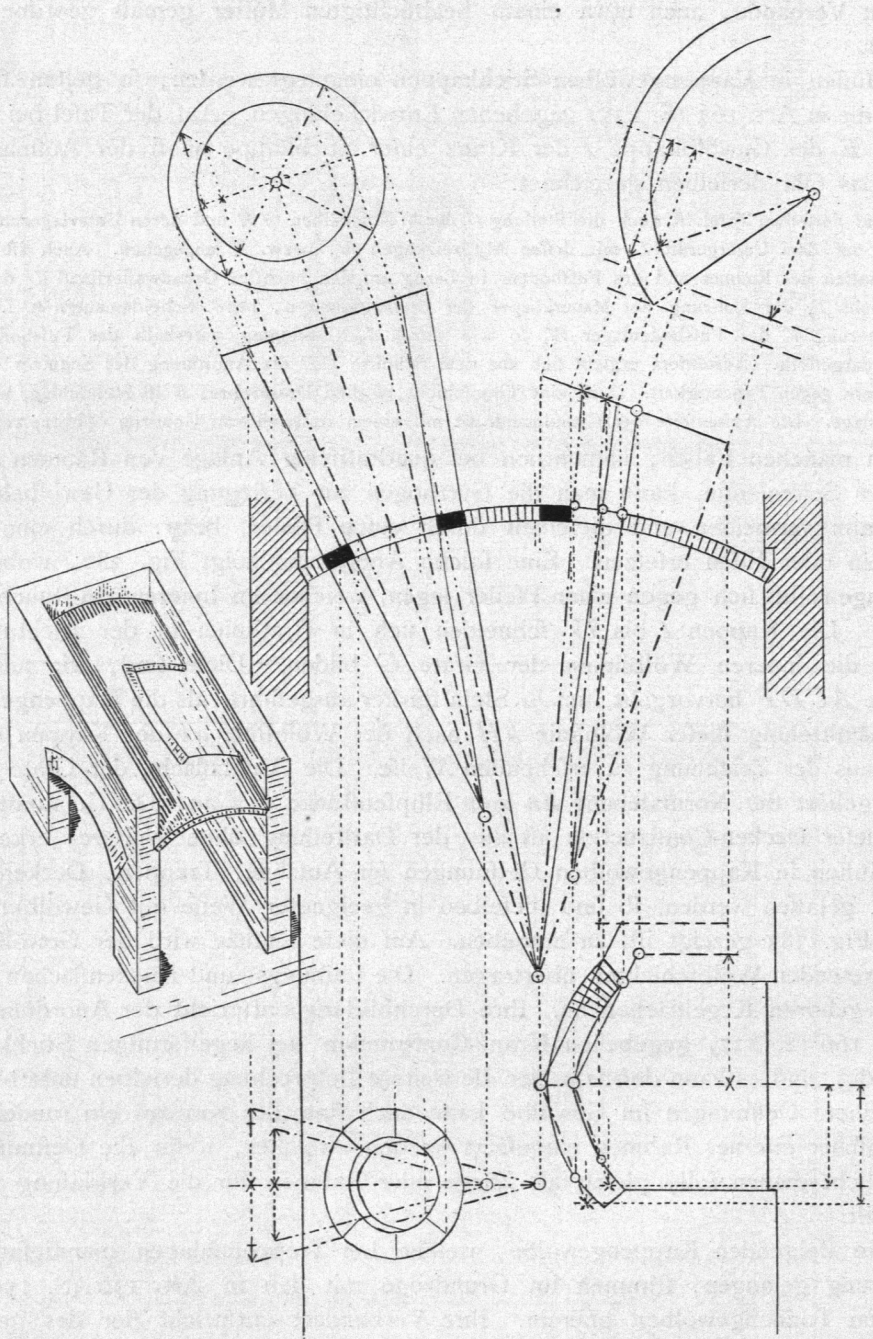
Die ftiegenden Kappengewölbe, welche bei Treppenanlagen mannigfach zur Ausführung gelangen, ftimmen im Grundzuge mit den in Art. 130 (S. 159) behandelten Tonnengewölben überein. Ihre Verbandart entfpricht der des gewöhnlichen graden Kappengewölbes.

202.
Steigende
Kappen-
gewölbe.

Sollen gröfsere Räume mit Kappengewölben überdeckt werden, ohne dafs Gurtbogenftellungen benutzt werden, fo wird ein aus eifernen Trägern mit Säulenunterftützung beftehendes Balkenfyftem geschaffen, welches in feinen Feldern die Gewölbkappen aufnimmt. Bei folchen Anlagen, welche bei Fabriken, landwirthfchaftlichen Bauwerken u. f. w. in ausgedehntem Mafse geschaffen werden, tritt die Eifen-Confftruction in den Vordergrund, während die eigentliche gewölbte Decke

203.
Ueberwölbung
gröfserer
Räume.

Fig. 383.



ganz nach den im Vorhergegangenen gegebenen Vorschriften entworfen und ausgeführt werden kann.

Die Besprechung von Eisen-Constrüctionen, welche für die Bildung von derartigen Decken geeignet sind, wird unter C stattfinden.