



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Balkendecken**

**Barkhausen, Georg**

**Stuttgart, 1895**

11. Kap. Klostergewölbe und Muldengewölbe

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-77494](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-77494)

## II. Kapitel.

## Klostergewölbe und Muldengewölbe.

## a) Klostergewölbe.

## 1) Gestaltung der Klostergewölbe.

Das Klostergewölbe zeigt in seiner Laibungsfläche feitlich neben einander tretende cylindrische Flächen. Die Erzeugenden derselben sind parallele gerade Linien, wovon die Anfangserzeugende jedesmal eine in der Kämpferebene liegende Seitenlinie der Grundriffsfigur des Gewölbes ist. Ihre Schnittlinien sind ebene Curven, jedoch in ihrer Grundriffsprojection gerade Linien, welche von den Ecken der Grundfigur nach einem gemeinschaftlichen, innerhalb derselben gelegenen Punkte gezogen werden können. In den meisten Fällen ist dieser Punkt der Schwerpunkt der Grundfigur, immer aber die wagrechte Projection des Scheitelpunktes des Gewölbes.

204-  
Form.

Ist für irgend eine der cylindrischen Flächen des Klostergewölbes eine ebene Curve als Leitlinie fest gesetzt, so sind hiervon sowohl die Leitlinien aller übrigen Wölbflächen, als auch die sämtlichen Schnitt- oder Durchdringungslinien derselben abhängig zu machen.

Diese für eine beliebige Wölbfläche fest zu setzende Leitlinie kann ein Flachbogen, ein Viertelkreis, ein steil aufsteigender Kreisbogen, ein elliptischer Bogen, ein Parabelbogen u. f. w. sein. Der tiefste Punkt einer solchen Ursprungs-Leitlinie liegt in der Kämpferebene des Gewölbes, während ihr höchster Punkt mit dem Scheitelpunkt des Gewölbes zusammenfällt.

Die Grundriffsfigur kann als Dreieck, Quadrat, Rechteck oder als regelmässiges, bezw. unregelmässiges Vieleck gegeben sein. Das Festlegen der cylindrischen Wölbflächen erleidet in der angegebenen grundlegenden Bildung keine Aenderung. Am besten eignen sich jedoch für die Anlage von Klostergewölben regelmässig angeordnete Grundriffsformen.

Die Zahl der einzelnen zusammenzufügenden Flächen entspricht der Seitenzahl der gegebenen Grundriffsfigur. Ist diese Figur ein geschlossener Kreis oder eine geschlossene Ellipse, so entsteht eine Laibungsfläche, welche derjenigen der Kuppelgewölbe entspricht, die alsdann aber, da nunmehr die Schnittlinien der einzelnen cylindrischen Flächen verschwinden, in ihrer Construction von derjenigen der Klostergewölbe wesentlich abweicht.

Ist die Leitlinie der als Bestimmungsfläche genommenen Wölbfläche eine steil aufsteigende, gefetzmässig gebildete ebene Curve, so entsteht bei einem Vieleck als Grundriffsfigur stets ein Klostergewölbe, welches auch wohl die Namen Haubengewölbe oder Walmkuppel führt, jedoch nicht mit der Bezeichnung Kuppelgewölbe belegt werden sollte.

Da die sämtlichen Wölbflächen des Klostergewölbes von den Umfangseiten des zu überwölbenden Raumes aus beginnen und jede derselben als ein Theil eines Tonnengewölbes anzusehen ist, welches an diesen Seiten seine Fussfläche findet, so treten sämtliche Umfangsmauern des Raumes als Widerlagsmauern auf. Der Abstand des vorhin bezeichneten, in seiner wagrechten Projection bestimmten Scheitelpunktes von der wagrechten Kämpferebene bestimmt die Pfeilhöhe oder kurz die

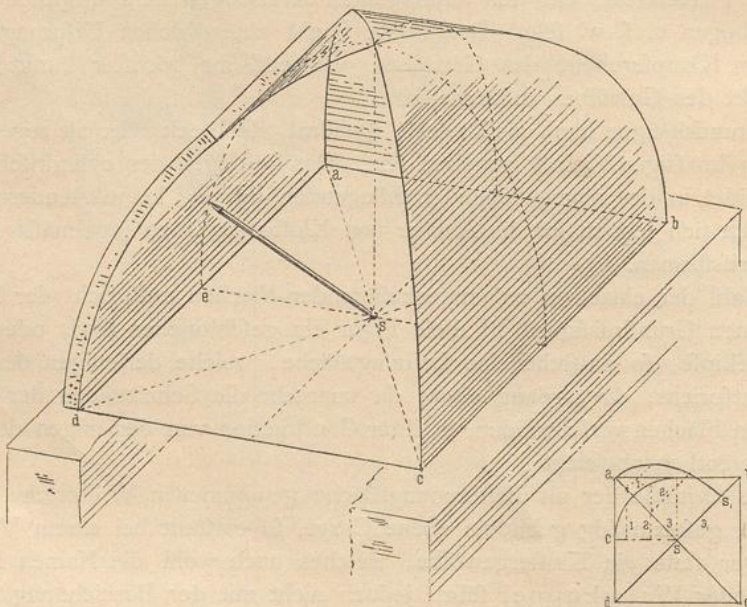
Höhe des Klostergewölbes. Dieselbe kann je nach den für die Durchbildung des Gewölbes zu stellenden künstlerischen, bezw. statischen Anforderungen entsprechend groß oder klein genommen werden.

Die Schnitt- oder Durchdringungslinien der Wölbflächen heißen Gratlinien, Grate oder Gräte.

Die den cylindrischen Flächen zugehörigen Gewölbkörper nennt man Gewölbkappen oder auch Gewölbwangen. Zwei zusammentretende Gewölbkappen bilden eine Kehle. Die innere Kehllinie ist die Gratlinie. Der Winkel einer Kehle entspricht demjenigen Winkel, welchen die zusammentreffenden Umfangsmauern bilden, von deren Schnittlinie die Gratlinie der Kehle ausläuft.

Aus den gegebenen allgemeinen Anordnungen eines Klostergewölbes ist zu erkennen, daß die Gestaltung desselben eine äußerst mannigfache, ja selbst in künstlerischer Beziehung bei groß angelegten Verhältnissen eine reiche und ansprechende sein kann. Bei den gewöhnlichen einfachen Klostergewölben über rechteckigen oder quadratischen Räumen mit beschränkter Constructionshöhe ist allerdings die Wirkung in baukünstlerischer Richtung nur äußerst mäßig. Im weiteren Verlaufe der Besprechung des Klostergewölbes wird sich jedoch zeigen, daß die Gestaltung desselben in verschiedener Weise zu feinen Gunsten zu bewirken ist, so daß sich die hier und da auftretende, oft stiefmütterlich erscheinende Behandlung des Klostergewölbes vermeiden läßt.

Fig. 384.



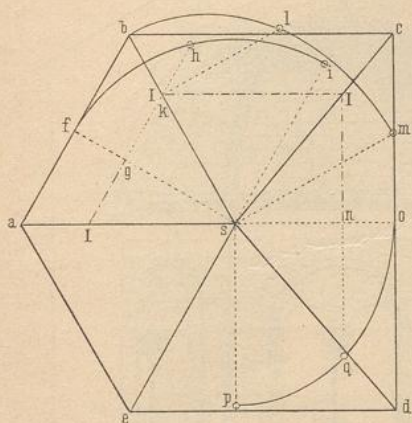
205  
Einfache  
Kloster-  
gewölbe.

In Fig. 384 ist die Form eines einfachen Klostergewölbes mit quadratischem Grundriss  $abcd$  gegeben. Die geraden Linien  $as$ ,  $bs$ ,  $cs$  und  $ds$  sind die wagrechten Projectionen der Gratlinien des Gewölbes. Die Ursprungs-Leitlinie der Gewölbkappe über  $asd$  ist ein mit dem Halbmesser  $se$ , gleich der Länge der Ordinate  $3$ , um  $s$  beschriebene Viertelkreis. Der Punkt  $e$  ist der Mittelpunkt der Seite  $ad$ . Die Länge der Ordinate  $3$  bestimmt die Pfeilhöhe des Klostergewölbes. Die wirkliche

Gratlinie  $as_1$ , hier eine Viertelellipse, ist in bekannter Weise mittels der Ordinaten  $1, 2$  und  $3$  fest gelegt. Für dieses Gewölbe sind die Leitlinien aller übrigen Kappen  $asb, bsc$  und  $csd$  dieselben Viertelkreise, wie für die Kappe  $asd$ , und eben so sind alle Gratlinien über  $bs, cs$  und  $ds$  der Viertelellipse  $as_1$  gleich. Aus dem Bilde in Fig. 384 ergibt sich, in welcher Weise die einzelnen Gewölbkappen in den Graten zusammentreffen und, von den Umfangsmauern aufsteigend, im Scheitelpunkte des Gewölbes gemeinsam endigen.

Für die Gestaltung der Wölbflächen über einem Vieleck (Fig. 385) erwachsen gleichfalls keine Schwierigkeiten. Hier ist die wagrechte Projection des Scheitelpunktes des Gewölbes der Schwerpunkt  $s$  des Fünfeckes  $abcde$ . Gerade Linien,

Fig. 385.



von  $s$  nach den Mitten der Seiten, z. B.  $sf$  nach dem Mittelpunkte  $f$  von  $ab$ ,  $so$  nach dem Mittelpunkte  $o$  der Seite  $cd$  gezogen, geben die wagrechten Projectionen der Leitlinien der einzelnen Gewölbkappen. Dieselben sind hier gleichzeitig Lothe, welche von  $s$  auf die Umfangsseiten gefällt werden können. Bei ganz unregelmäßiger Grundriffsform bleiben dieselben meistens keine Lothe der Seiten, sondern laufen am zweckmäßigsten von  $s$  nach den Mittelpunkten derselben. Die wagrechten Projectionen der Gratlinien sind wiederum die von  $s$  nach den Ecken  $a, b, c$  u. f. f. gehenden geraden Linien  $sa, sb, sc$  u. f. f.

Wird nun für eine Gewölbkappe, z. B. für  $abs$ , eine beliebig gewählte, gesetzmäßig geformte Curve, hier ein Viertelkreis  $fi$  um  $s$  mit dem Halbmesser  $sf$  beschrieben, als Ursprungs-Leitlinie fest gesetzt, so giebt  $si = sf$  als Loth in  $s$  auf  $sf$  die Pfeilhöhe des Gewölbes. Legt man durch den beliebigen Punkt  $h$  der Leitlinie  $fi$  eine wagrechte Ebene, so laufen die Schnittlinien  $II, II$  u. f. w. dieser Ebene auf den sämtlichen Gewölbflächen, die gleichfalls in einer wagrechten Kämpferebene beginnen, parallel mit den zugehörigen Kämpferlinien der Gewölbkappen, d. h. parallel mit den Seiten der Grundriffsfigur. Gerade Linien mit den Eigenschaften der Geraden  $II$  sind Erzeugende der Gewölbkappen.

Soll nun ein Punkt  $l$  einer Gratlinie, z. B. derjenigen über  $bs$ , gefunden werden, so ist offenbar nur im Schnittpunkte  $k$  der Linie  $II$  mit  $bs$  das Loth  $kl$  auf  $bs$  zu errichten, dessen Länge gleich ist dem Lothe  $gh$ , errichtet im Schnittpunkte  $g$  der Linie  $II$  mit der wagrechten Projection  $fs$  der Hauptleitlinie  $fi$  der Gewölbkappe  $asb$ ; denn  $gh$  ist die Ordinate dieser Leitlinie für die Erzeugende  $II$ . In gleicher Weise ist auch die Leitlinie  $op$  der beliebig genommenen Gewölbkappe  $csd$  bestimmt. Für dieselbe muß das Loth  $nq$  auf  $so$  gleich  $gh = kl$  sein.

Klostergewölbe über sehr unregelmäßig begrenzten Räumen gewähren niemals ein schönes Aussehen. Sollen aber solche Gewölbe auch bei diesen Räumen durchaus in Anwendung kommen, so erfolgt die Ausmittelung der Wölbflächen genau so, wie soeben für Fig. 385 angegeben ist.

Eben so gut nun, wie nach Annahme einer Hauptleitlinie für eine Gewölbkappe die Gestaltung des Klostergewölbes vorgenommen ist, kann umgekehrt auch

nach Festlegen einer gewählten Kehl- oder Gratlinie die Gestalt der Leitlinien sämtlicher Kappen und der übrigen Gratlinien bestimmt werden, ohne am Grundgedanken Aenderungen eintreten zu lassen. Von dieser Freiheit wird später noch ausgiebiger Gebrauch zu machen sein.

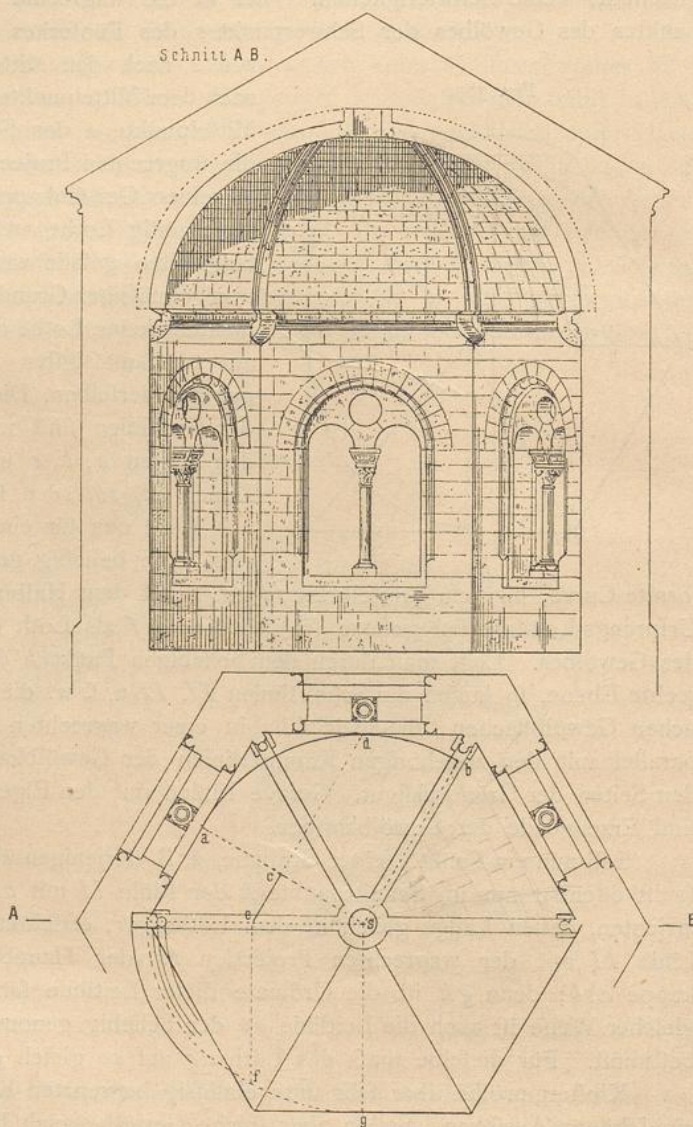
Betrachtet man die Gratlinien für sich wieder als Wölblinien schmalere Tonnengewölbe, so lassen sich diese als besondere Gewölbkörper zu fog. Gratbogen gestalten, gegen welche sich die einzelnen Wangen des Klostergewölbes legen. Diese Gratbogen, entsprechend mit Widerlagsflächen für die Kappen versehen, treten dann zweckmäÙig in den Kehlen vor und erhalten hier eine mehr oder weniger reiche Gliederung. Durch solche Anordnung ist neben einem Gewinn an architektonischer und unter Umständen auch an constructiver Durchbildung ein Beleben der immerhin ernst erscheinenden Gewölbkappen möglich.

In Fig. 386 ist ein derartiges Beispiel für ein Klostergewölbe über einem regelmäÙig sechs-eckigen Raume gegeben. Die Ausmittlung eines Gratbogens ist unter Berücksichtigung des hierüber bereits Gefagten vorgenommen. Die Gratbogen sind im Scheitel gemeinschaftlich gegen einen gewölbten Kranz oder Ring gesetzt, welcher gleichsam als der mit einer Oeffnung versehene Schlussstein des Gewölbes auftritt.

306.  
Klostergewölbe  
mit  
Stichkappen.

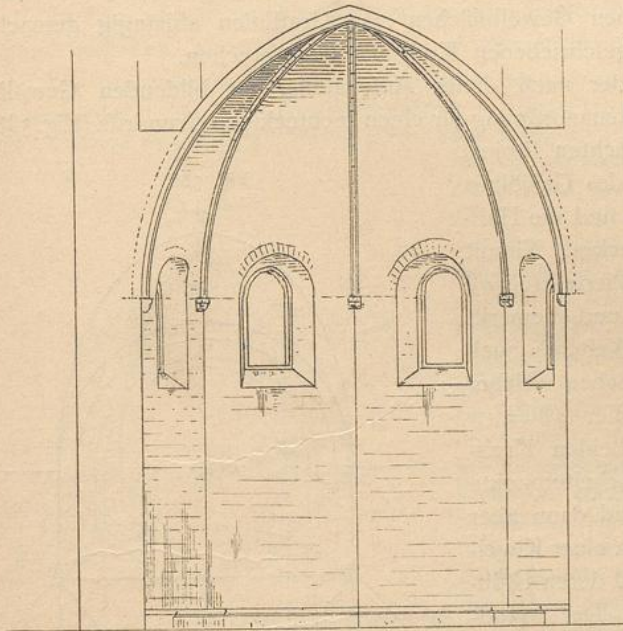
Sind die oberen AbchlüÙe von Thür- oder Lichtöffnungen der Umfangsmauern der Klostergewölbe höher zu legen als die Kämpferebene desselben, so sind, wie für die Tonnengewölbe in Art. 133 (S. 161) erwähnt, auch die Klostergewölbe in ihren

Fig. 386.



Wangen, welche von jenen Oeffnungen in Mitleidenschaft gezogen werden, mit Stichkappen zu versehen. Die Anlagen von Stichkappen oder Lunetten können für sämtliche Gewölbkappen, selbst dann, wenn in den zugehörigen Widerlagsmauern

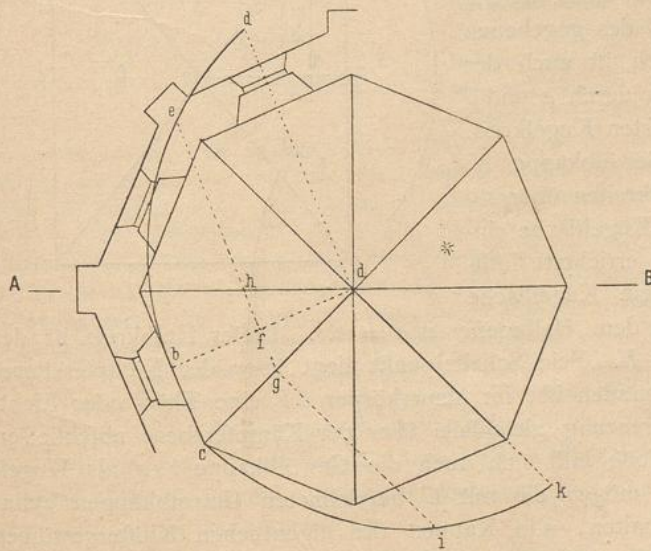
Fig. 387.  
Schnitt A B.



gar keine Oeffnungen vorhanden sind, stattfinden. Hierdurch erfahren die Klostergewölbe ein leichteres und freieres Aussehen, als folches bei einem gewöhnlichen Klostergewölbe ohne Lunetten der Fall ist.

Für die Form und Durchbildung solcher Stichkappen gilt das hierüber in Art. 164 (S. 235) bereits Mitgetheilte.

In Fig. 387 ist ein Klostergewölbe mit kleineren Stichkappenanordnungen und Graten, welche an den Kehllinien vortreten, gegeben.



Die Ursprungs-Leitlinie  $ab$  der Gewölbkappen ist ein Kreisbogen, dessen Halbmesser größer ist, als das Loth  $db$  auf  $bc$ . Die Gratbogen  $ck$  sind Ellipsenstücke, welche alsdann spitzbogenartig über dem achteckigen Raume zusammenzutreten. Irgend ein Punkt  $i$  des Gratbogens ist zu bestimmen, indem man z. B. die gerade Erzeugende  $gh$  parallel zu  $bc$  zieht, im Schnitte  $f$  derselben mit dem Lothe  $db$ , d. h. der wagrechten Projection der Leitlinie  $bd$ , das Loth  $fe$  auf  $db$  errichtet und das in  $g$  auf  $dc$ , d. h. der wagrechten Projection des Gratbogens, errichtete Loth  $gi = fe$  abträgt.

Durch dieses Feststellen der Gewölbform nimmt das Klostergewölbe die Gestalt eines Haubengewölbes oder einer Walmkuppel an.

Man kann jedoch ohne Benutzung der eigentlichen Stichkappen in einfacher

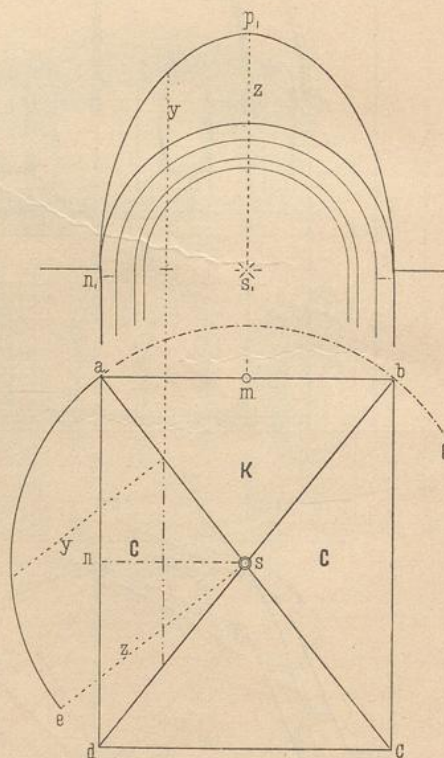
Weise, namentlich bei einer Deckenbildung durch Kloftergewölbe über regelmässig begrenzten Grundrissen, einzelne Umfangsmauern mit grösseren Thür-, bzw. Fensteröffnungen versehen, sobald eine weitere besondere Umgestaltung des eigentlichen Kloftergewölbes in Betracht gezogen wird.

207.  
Klofter-  
gewölbe  
mit  
sphärischen  
Kappentheilen.

Die Grundlage für diese Gestaltung der Kloftergewölbe besteht in der Vereinigung der eigentlichen cylindrischen Gewölbwangen mit sphärischen Gewölbkappen, wobei die sämtlichen Gewölbflächen von Gratlinien abhängig gemacht werden, welche bestimmt vorgeschriebenen Kreisbogen entsprechen.

Für die Entwicklung der nach dieser Anschauung zu bildenden Gewölbflächen möge zunächst die Deckenordnung für einen rechteckigen Grundriss (Fig. 388) behandelt werden. Die wagrechten Projectionen der im Scheitelpunkte des Gewölbes zusammentretenden Gratbogen sind die Hälften der Diagonalen des Rechteckes. Nimmt man die Gratlinie über  $as$  als Viertelkreis  $ae$  mit dem Halbmesser  $sa$  an und bemerkt man ferner, dass hier ohne Weiteres auch der Gratbogen über  $bs$  ein eben solcher Viertelkreis mit dem Halbmesser  $sb = sa$  wird, so schneiden sich diese beiden Kreisbogen in einem Punkte, dem Scheitelpunkte des Gewölbes. Beide Kreise sind dann aber Theile von zwei grössten Kreisen einer Kugelfläche, deren Mittelpunkt  $s$  und deren Halbmesser ebenfalls  $sa = sb$  ist. Der Mittelpunkt  $s$  dieser Kugelfläche liegt in der wagrechten Kämpferebene des Gewölbes, welche auch die Eckpunkte  $a$  und  $b$  des gegebenen Rechteckes enthält. Danach ist auch der um  $s$  mit dem Halbmesser  $sa$  durch  $a$  und  $b$  gehende Kreis  $G$  ein grösster Kugelkreis. Die Laibungsfläche der Gewölbkappe  $K$ , welche zwischen den Kugelkreisen über  $sa$  und  $sb$  liegt, kann also als Kugelfläche eingefügt werden. Die in  $ab$  errichtete lothrechte Ebene schneidet diese Kugelfläche nach einem Halbkreise mit dem Halbmesser  $ma = mb$ . Dieser Halbkreis ist der Stirnbogen der Kugelhülle  $K$ . Sein Scheitelpunkt liegt über der Kämpferebene, so dass die Möglichkeit vorhanden ist, im Mauerkörper  $ab$  eine Thür- oder Lichtöffnung mit der oberen Begrenzung gleichfalls über der Kämpferebene abschliessen zu können. In gleicher Weise lässt sich auch die Gewölbkappe  $csd$  als Kugelhülle einführen. Dagegen mögen die mit  $C$  bezeichneten Gewölbkappen cylindrische Laibungsflächen behalten, also Kappen des eigentlichen Kloftergewölbes bleiben. Ihre Leitlinien sind nun aber von den für die Gratlinien  $as$ , bzw.  $bs$  angenommenen Kreisbogen abhängig zu machen. Diese Leitlinien werden hier Viertel-ellipsen, welche in bekannter Weise, z. B. über  $ns$  mittels der Ordinaten  $y, z$  u. f. w., als  $n_1 p_1$  zu bestimmen sind.

Fig. 388.



Würden dieselben Mafnahmen für eine quadratische Plananlage getroffen, so entständen auch hierbei keine Aenderungen in den grundlegenden Bestimmungen für die Ausmittlung der Gewölbflächen.

Man braucht aber auch nicht eine einzelne Gewölbkappe in ihrer Gesamtheit als Kugelkappe anzuordnen, sondern kann nur einen Theil derselben in geeigneter Lage innerhalb der Wange des Kloftergewölbes als Kugelkappe einreihen.

In Fig. 389 ist diese Gestaltung für ein Kloftergewölbe über einem quadratischen Raume gegeben. Das Stück  $esf$  der Wange  $asb$  soll eine Kugelkappe werden.

Die symmetrisch zur Gewölbaxe  $sn$  gelegenen Schnittlinien der Kugelkappe mit der Wange des Kloftergewölbes sind in ihren Grundrifs-Projectionen die geraden Linien  $es$  und  $fs$ . Die Schnittlinien selbst sollen gegebene Kreisbogen  $ei$ , bezw.  $fk$  sein, deren Mittelpunkte  $g$ , bezw.  $h$  hier in der Kämpferebene

und auf den verlängerten Geraden  $es$ , bezw.  $fs$  liegen. Diese beiden Kreisbogen bestimmen eine Kugelfläche, deren Mittelpunkt  $m$  im Schnittpunkte der in  $g$  auf  $es$  und in  $h$  auf  $fs$  errichteten Lothe liegen muss. Der Halbmesser dieser Kugelfläche ist  $me = mf$ . Der um  $m$  mit diesem Halbmesser geschlagene Kreis  $K$  ist ein größter Kreis derselben. Die in  $ab$  aufgestellte lothrechte Ebene schneidet die Kugelfläche in einem um  $n$  mit  $ne = ef$  beschriebenen Halbkreise, welcher zugleich die Stirnlinie der Kugelkappe über  $esf$  bildet. Die lothrechte Ebene in  $ns$  schneidet die Kugelfläche nach dem Kreisbogen  $fs$ , welcher der Scheitellinie der Kugelkappe entspricht. Die seitlich von den Schnittlinien  $es$  und  $fs$  der Kugelkappe befindlichen Gewölbstücke  $ase$  und  $bsf$  sind Wangenstücke der cylindrischen Kappe des Kloftergewölbes. Da die Erzeugenden dieser Kappe gerade wagrechte Linien sind, welche parallel zu den Kämpferlinien  $ae$ , bezw.  $bf$  bleiben, so wird die Gratlinie  $as$ , bezw.  $bs$  von den Kreisbogen  $ei$ , bezw.  $fk$  abhängig gemacht; man erhält hierfür Ellipsenstücke, worin z. B. die Punkte  $u$ , und  $t$ , dieselbe lothrechte Höhe  $xq = qr$  über der Kämpferebene besitzen, wie die Punkte  $q$ , und  $v$ , der Schnittlinien über  $es$ , bezw.  $fs$ . Die in  $op$  parallel zu  $ab$  stehende lothrechte Ebene schneidet die Wangenstücke  $ase$  und  $bsf$

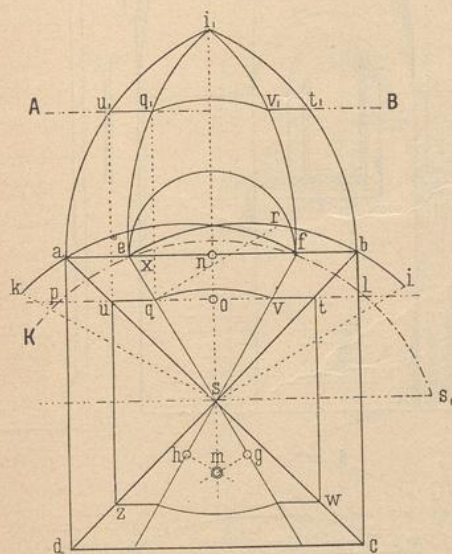
in geraden Linien, deren wagrechte Projectionen in  $uq$  und  $vt$ , deren lothrechte Projectionen in  $u, q$ , und  $v, t$ , erhalten werden. Die wagrechte Projection des Schnittes dieser Ebene mit der Kugelkappe  $esf$  würde die gerade Linie  $qv$  sein, während die lothrechte Projection desselben der um  $n$  beschriebene Kreisbogen  $q, v$ , ist. Der Halbmesser  $nq$ , dieses Kreisbogens ist gleich der Länge der geraden Linie  $op$ , d. h. gleich der halben Länge der Sehne  $pl$  des größtes Kreises  $K$  in der Spur  $op$  jener Ebene. Eine durch die Punkte  $u, t$ , gelegte wagrechte Ebene  $AB$  schneidet die Laibungsflächen des Wölb systems in der Grundrifsprojection im Linienzuge  $uqvtws$ , wovon z. B. der Kreisbogen  $qv$  wiederum, als zur Kugelkappe gehörend auf der Kugelfläche liegt, deren Mittelpunkt  $m$  ist. Derselbe ist ein Theil eines Parallelkreises dieser Kugelfläche. Sein Halbmesser ist  $mq = mv$ . Die geradlinigen Theile des bezeichneten Linienzuges sind Erzeugende der ihnen zukommenden cylindrischen Flächen des eigentlichen Kloftergewölbes.

Nach diesen Grundlagen können auch bei einem Haubengewölbe Kugelkappen mit Wangen des eigentlichen Kloftergewölbes abwechselnd in Verbindung gebracht werden. Die hierfür erforderliche Ausmittlung der Gewölbflächen ist ohne Weiteres aus Fig. 390 zu entnehmen.

Sollen in einer Wange der hier betrachteten Gewölbe mehrere neben einander liegende Kugelkappen zur weiteren Gliederung der Wangenfläche angebracht werden, so tritt nur eine wiederholte Anwendung des angegebenen Verfahrens ein.

In Fig. 391 sind für die Wange  $asb$  eines Kloftergewölbes drei Kugelkappen eingeschaltet, deren

Fig. 389.





Schnitlinien in der Grundrissprojection die vom Scheitelpunkte  $s$  auslaufenden Geraden  $se$ ,  $sh$  u. f. f. find, deren wirkliche Form aber bestimmten Kreisbogen entspricht, welche von  $e$ ,  $h$  u. f. f. aufsteigen und sämmtlich einen einzigen gemeinschaftlichen Schnittpunkt besitzen, und zwar hier den Scheitel des ganzen Gewölbes.

Wennleich vorweg einer dieser Bogen mit feinem in der Kämpferebene und auf der unter Umständen weit über  $s$  hinaus zu verlängernden Geraden  $es$ , bezw.  $hs$  gelegenen Mittelpunkte beliebig ge-

wählt werden kann, so empfiehlt es sich doch zur Festlegung der Höhe des Scheitels und der Entwicklung der allgemeinen Form des Gewölbes, zuerst einen Versuchskreisbogen  $ac$  in der lothrechten Ebene einer Gratlinie anzunehmen, um danach weiter auch ein schickliches Aufsteigen der Gewölbflächen beurtheilen zu können. Selbstverständlich gilt dieser Kreisbogen nicht als wirkliche Gratlinie; denn diese muß von dem zunächst liegenden Kreisbogen der Kugelkappe abhängig werden, also später sich als Ellipfenstück fest legen lassen.

Hiernach sei  $sc$  die Scheitelhöhe des Gewölbes. Um den Kreisbogen der Schnittlinie für  $es$  zu bestimmen, ist in  $s$  auf  $es$  das Loth  $sf$  errichtet und  $sf = sc$  genommen. Das in der Mitte der hier nicht gezeichneten Sehne  $ef$  des gefuchten Kreisbogens errichtete Loth trifft die verlängerte Gerade  $es$  im Mittelpunkte  $g$  des nun zu schlagenden Kreisbogens  $ef$ . In gleicher Weise ist der Kreisbogen  $hi$  der Schnittlinie über  $hs$  mit dem Mittelpunkte  $k$  bestimmt. Beide Kreisbogen besitzen nun in Wirklichkeit den Scheitelpunkt des Gewölbes als einen gemeinschaftlichen Schnittpunkt. Die Punkte  $e$ ,  $h$  und die Mittelpunkte  $g$ ,  $k$  liegen in einer und derselben Ebene, hier in der Kämpferebene  $EF$ . Sie gehören einer Kugelfläche an, deren Mittelpunkt  $m$  sich als der Schnittpunkt der Lothe ergibt, welche in  $g$  auf  $eg$  und in  $k$  auf  $hk$  errichtet sind.

Der Halbmesser dieser Kugelfläche ist  $me = mh$ . Beschreibt man um  $m$  mit diesem Halbmesser einen Kreis  $M$ , so erhält man in demselben den größten Kreis der Kugelfläche, welche die Laibungsfläche der Kappe  $esh$  bildet. Die in  $eh$  stehende lothrechte Ebene schneidet diese Fläche in einem Halbkreise mit dem Durchmesser  $eh$ , giebt also den Stirnbogen der Kugelkappe  $esh$ .

Fig. 390.

Schnitt A B.

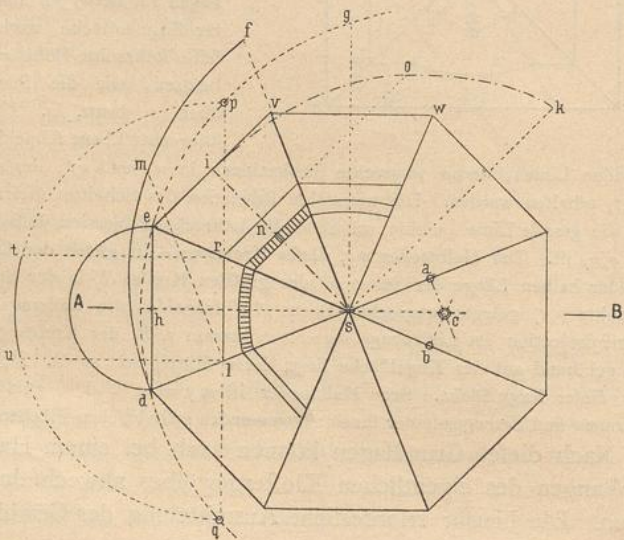
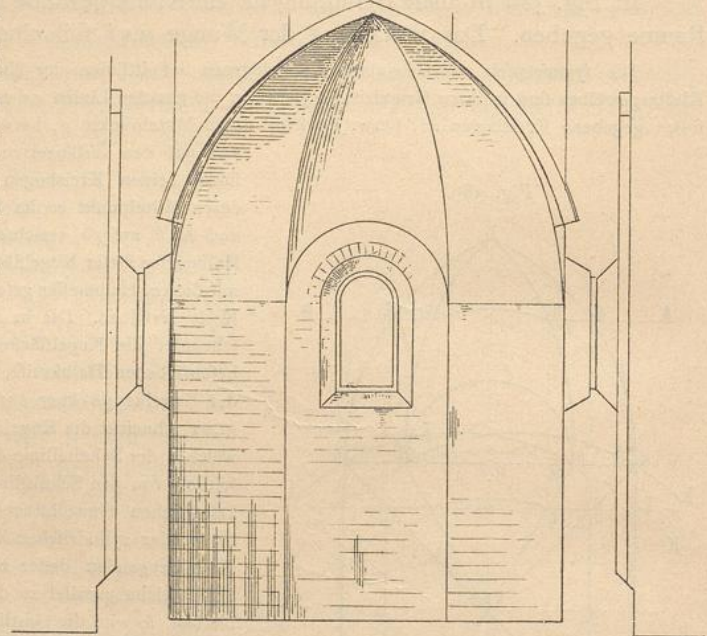
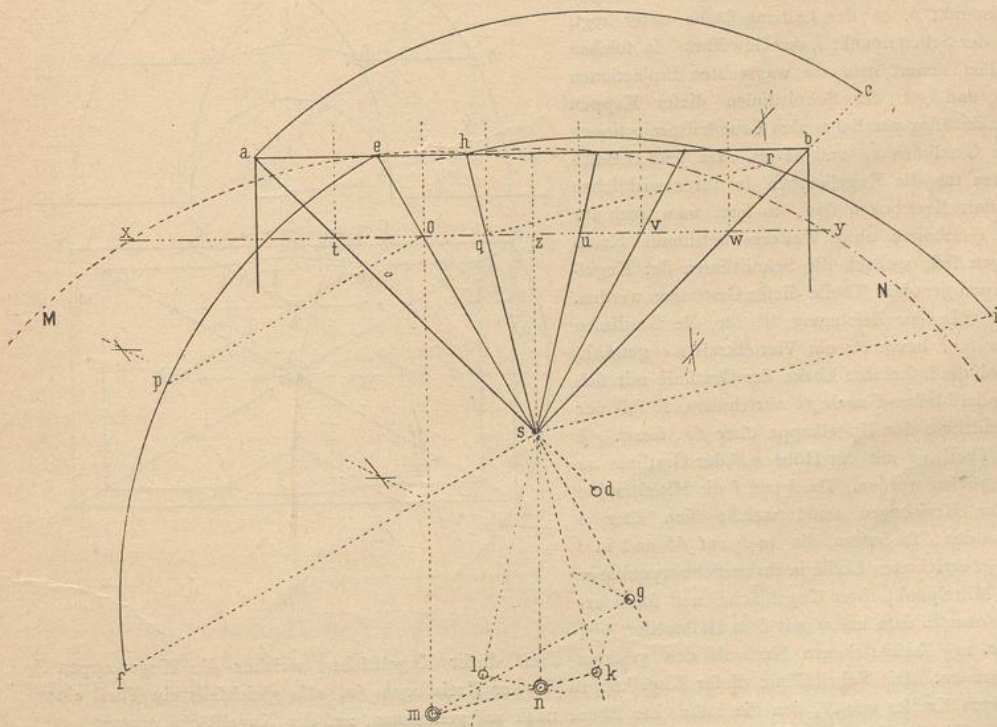
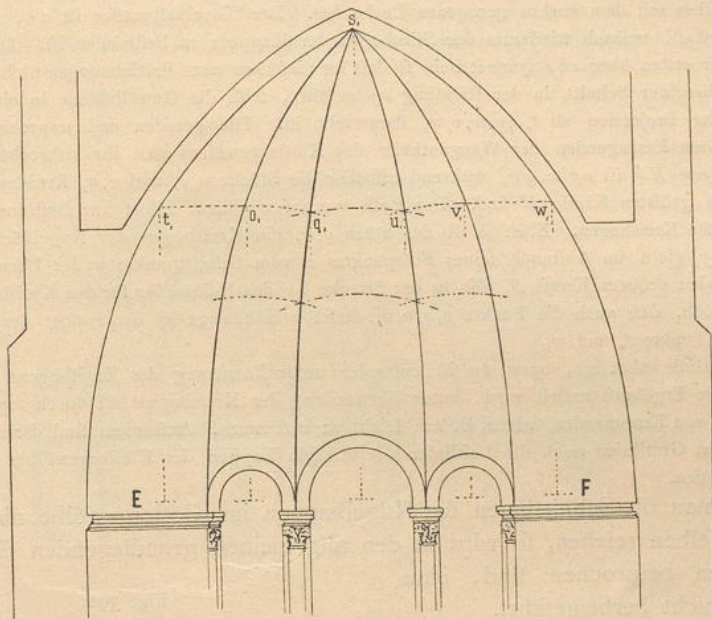


Fig. 391.



Für die mittlere Kugelkappe  $z$  entsprechen beide begrenzenden Schnittlinien demselben Kreisbogen  $hi$ . Erweitert man  $us$  und nimmt man  $sl = sk$ , so sind  $l$  und  $k$  die Mittelpunkte der Kreisbogen, welche der Kugelfläche dieser Kappe angehören. Der Kugelmittelpunkt  $n$  ist der Schnittpunkt des in  $l$  auf  $sl$  errichteten Lothes mit dem vorhin gezogenen Lothe  $hm$ . Der Kugelhalbmesser ist  $nh$ , und der größte Kugelkreis wird  $N$ , wonach wiederum der Stirnbogen der Kappe  $z$  zu bestimmen ist. Die dritte Kugelkappe liegt zur ersten über  $ehs$  symmetrisch, so daß für dieselben neue Bestimmungen nicht zu treffen sind.

Ein lothrechter Schnitt, in der Richtung  $xy$  geführt, trifft die Gewölbfläche in einer Schnittlinie, deren lothrechte Projection als  $t, o, q, w, v, w$ , dargestellt ist. Die geraden und wagrechten Linien  $t, o$ , und  $v, w$ , gehören Erzeugenden der Wangentheile des Klostergewölbes an. Ihr lothrechter Abstand von der Kämpferebene  $EF$  ist  $op = qr$ , während offenbar die Stücke  $o, q$ , und  $q, u$ , Kreisbogen der Kugelfläche mit dem größten Kreise  $M$  sind. Das Loth  $mo$  auf  $xy$  dient sofort zur Bestimmung des Halbmessers  $ox$  dieser Kreisbogen. Eben so ist das Stück  $q, u$ , ein Kreisbogen der Kugelfläche um  $n$ . Das Loth  $nz$  auf  $xy$  giebt im Abstände seines Fußpunktes  $z$  vom Schnittpunkte  $y$  der Ebene  $xy$  mit dem nunmehr geltenden größten Kreise  $N$ , also in der Strecke  $zy$  den Halbmesser für den Kreisbogen  $q, u$ . Zu bemerken ist noch, daß auch die Punkte  $o, q, u, v$ , dieselbe Höhenlage  $op = qr$  über der Kämpferebene haben, wie die Punkte  $t$ , und  $w$ .

Die Gratlinie über  $as$ , bzw.  $bs$  ist entweder unter Benutzung des Kreisbogens  $ef$  oder auch, wodurch dasselbe Ergebnis erzielt wird, unter Verwendung des Kreisbogens  $hi$  durch fog. Vergatterung unter Annahme von Erzeugenden, wie z. B.  $tw$ , leicht zu bestimmen. Außerdem sind dann im Zusammenhange mit diesen Gratlinien noch die Leitlinien der übrigen Kappen des Klostergewölbes auf bekanntem Wege fest zu legen.

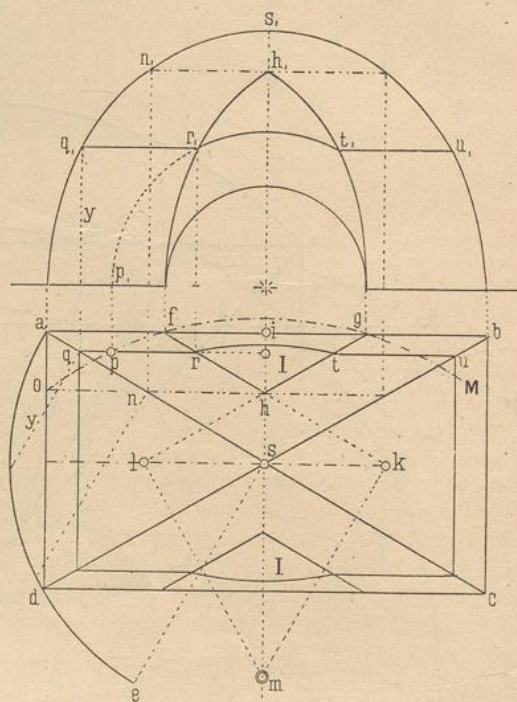
Läßt man die Schnittlinien der Kugelkappen im Klostergewölbe nicht bis zum Scheitel desselben reichen, so wird in den allgemeinen grundlegenden Gestaltungen, wie dieselben besprochen sind, eine Aenderung nicht herbeigeführt.

In Fig. 392 ist eine solche Anlage dargestellt. In dem Klostergewölbe über  $abcd$  sollen  $I$  kleinere Kugelkappen sein, deren höchster Anfallspunkt  $h$ , in der Laibungsfläche tiefer liegt, als der Scheitelpunkt  $s$ , des Gewölbes. In solchen Fällen nimmt man die wagrechten Projectionen  $fh$  und  $gh$  der Schnittlinien dieser Kappen zweckmäßig parallel zu den Grundrissprojectionen der Gratlinien  $sa$  und  $sb$  an. Da jene Schnittlinien für die Kugelkappen in ihrer wirklichen Gestalt Kreisbogen sind, so setzt man auch für die Gratbogen ohne Weiteres bestimmte Kreisbogen fest, wonach die Schnittlinien der Kugelkappen geradezu Theile dieser Gratbogen werden.

In der Zeichnung ist für die Gratlinien über  $as$ , bzw.  $bs$  ein Viertelkreis  $ae$  gewählt. Wird die lothrechte Ebene der Gratlinie mit sich parallel bleibend nach  $fk$  verschoben, so soll der Schnittlinie der Kugelkappe über  $fh$ , bzw.  $gh$  der Theil  $ad$  mit der Höhe  $nd$  der Gratlinie  $ae$  zugewiesen werden. Da  $k$  und  $l$  die Mittelpunkte dieser Kreisbogen sind, welche sich über  $h$  schneiden, so liefern die in  $k$  auf  $fk$  und in  $l$  auf  $gl$  errichteten Lothe in ihrem Schnittpunkte  $m$  den Mittelpunkt ihrer Kugelfläche, und somit erhält man in dem um  $m$  mit dem Halbmesser  $mf$ , bzw.  $mg$  beschriebenen Kreis  $M$  den größten Kreis dieser Kugelfläche, welcher die Kugelkappen  $I$  zukommen. Die Scheitellinie dieser Kugelkappen ist der Kreisbogen  $fo$ , also gleichfalls ein Theil eines größten Kreises wie  $M$ , den die lothrechte Ebene nach  $mi$  genommen, auf der Kugelfläche erzeugt.

Die sonst noch nöthigen Ausmittelungen für die Gestaltung der ganzen Gewölbfläche ergeben sich nach dem bereits Vorgetragenen. Bemerkt sei noch, daß die in  $qu$  aufgestellte lothrechte Ebene eine

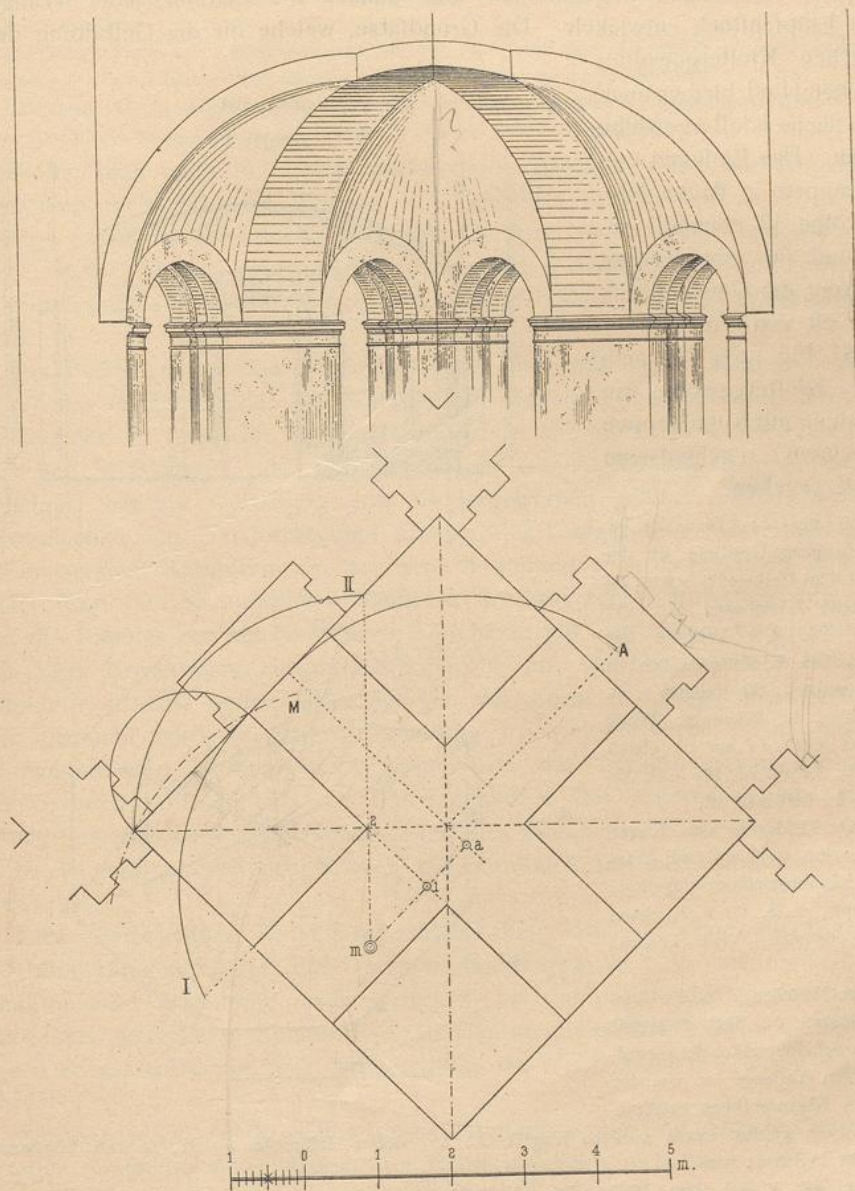
Fig. 392.



Schnittlinie mit der Aufrisprojection  $q,r,t,u$ , giebt, während eine wagrechte Ebene, durch  $q,u$ , gelegt, die in der Grundrisprojection gezeichnete Schnittlinie  $vqrtu$  liefert. Das Festlegen derartiger Schnittlinien ist ohne Weiteres aus der Zeichnung ersichtlich.

Sollen, wie in Fig. 393, zwei benachbarte Kugelkappen an jeder Ecke eines mit einem Klostergewölbe überdeckten Raumes angebracht werden, wonach alsdann

Fig. 393.



einzelne sich kreuzende verhältnismäßig schmale Theile des eigentlichen Klostergewölbes übrig bleiben, so ist die Gestaltung der Gewölbfläche nach den angegebenen Regeln und nach den aus der Zeichnung leicht zu erkennenden Ausmittlungen zu beschaffen. Aehnliche Gewölbanordnungen finden sich bei Bauwerken, welche im Zopf, bezw. im fog. Jesuitenstil errichtet sind.

208.  
Flache  
Kloster-  
gewölbe.

Ist die Ausgangs-Leitlinie der Wangen eines Klostergewölbes eine gefetzmäßig krumme Linie von nur geringer Pfeilhöhe, so entsteht ein sog. flaches oder flachbogiges Klostergewölbe. Der Scheitelpunkt desselben liegt in mäßiger Entfernung über der wagrechten Kämpferebene. In der Regel wird für die erwähnte Ausgangs-Leitlinie ein flacher Kreisbogen gewählt, oder es wird auch eine Ausgangs-Gratlinie als flacher Kreisbogen angenommen und danach die Leitlinie jeder Wange als flaches Ellipsenstück entwickelt. Die Grundfätze, welche für die Gestaltung des gewöhnlichen Klostergewölbes maßgebend sind, bleiben auch für das flache Klostergewölbe bestehen. Das Einfügen von Kugelkappen in flache Klostergewölbe ist ebenfalls zulässig und für eine weitere Gliederung der Gewölbfläche an sich oft von Vortheil.

In Fig. 394 ist ein flaches Klostergewölbe in Verbindung mit Kugelkappen über einem regelmäßigen Achteck gegeben.

Die über  $bs$ , bzw.  $ds$  gewählte Ausgangs-Gratlinie ist der um  $a$  mit dem Halbmesser  $ab = ad$  beschriebene Kreisbogen mit der Pfeilhöhe  $sc$ . Die Leitlinie der Wange  $k$  des Klostergewölbes ist ein Ellipsenstück, für welches z. B. ein Punkt  $l$  in bekannter Weise durch das Loth  $kl$  auf  $sk$  gleich dem Lothe  $hi$  auf  $sb$  für eine Erzeugende  $hl$  bestimmt ist.

Das Festlegen der Kugel- fläche für eine zwischen zwei Wangen des Klostergewölbes eingefügte Kugelkappe, z. B. für  $bsu$ , kann in der folgenden Weise bewirkt werden.

Der Mittelpunkt  $a$  der Ausgangs-Gratlinie  $bc$  liegt lothrecht unter dem Scheitelpunkte des Gewölbes in einem Abstände  $sa$  von der wagrechten Kämpferebene entfernt.

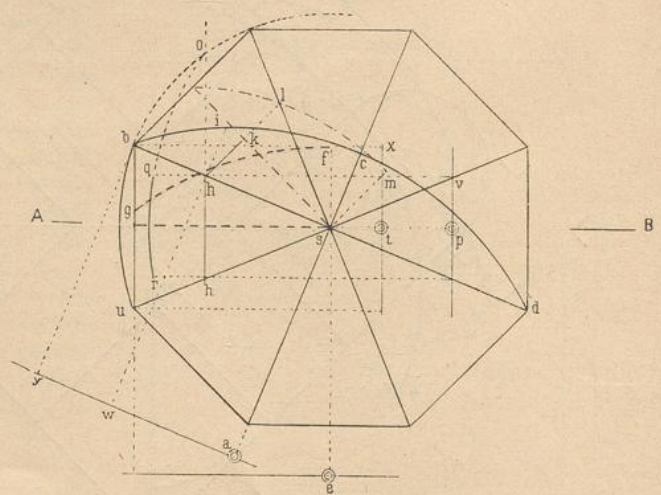
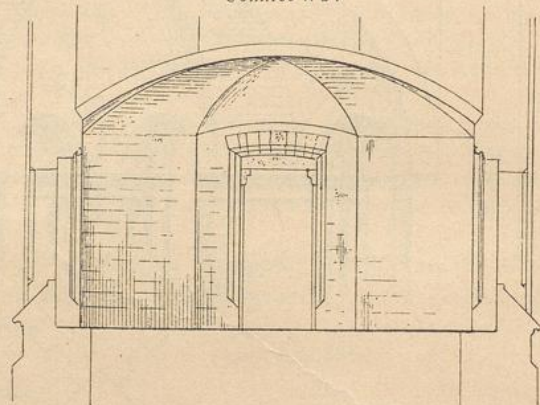
Diese Gratlinie gehört einem größten Kugelkreise an, dessen Halbmesser  $ac$  ist, so daß hierdurch die Kugel- fläche bestimmt wird.

Der um  $a$  mit dem Halbmesser  $sb$  beschriebene Kreis  $bo$ , welcher durch die Ecken des Raumes gehen würde, ist ein Parallelkreis der Kugel- fläche. Derselbe liegt in der wagrechten Kämpferebene.

Um den Stirnbogen über  $bu$  für die Kugelkappe auszutragen, ist  $bx$  lothrecht zu  $bu$  gezogen und  $bx$  gleich dem vorhin erwähnten Abstände  $sa$  genommen. Dieser Abstand  $sa$  ist, wie aus der Zeichnung zu ersehen, auch gleich dem Lothe  $by$ , welches auf der zu  $sb$  parallelen wagrechten Spur  $ay$  der Mittelpunktsebene der Kugel gefällt wurde. Zieht man  $xm$  parallel  $bu$ , so giebt das von dem Halbirungs-

Fig. 394.

Schnitt A B.



punkte der Seite  $bu$  auf die erweiterte Gerade  $xm$  gefällt und durch  $s$  ziehende Loth im Punkte  $t$  den Mittelpunkt für den im Grundrifs niedergelegten Stirnbogen  $bu$ .

Nimmt man  $hh$  parallel zu  $bu$ , so schneidet die in  $hh$  stehende lothrechte Ebene die Kugelfläche nach einem Kreisbogen  $qr$  mit dem Mittelpunkte  $p$  und dem Halbmesser  $wi$ . Der Punkt  $p$  liegt im Schnittpunkte einer zur Linie  $hh$  parallelen Geraden, für welche  $hv = hw = sa$  ist, mit dem erweiterten Lothe  $st$  auf  $bu$ . Würde man die Gerade  $hh$  bis zum Schnittpunkte  $o$  mit dem Parallelkreise  $bo$  der Kugelfläche verlängern, so geht auch der entsprechend fortgeführte, um  $p$  beschriebene Kreis  $rq$  durch diesen Punkt  $o$ .

Die Scheitellinie der Kugelkappe  $bsu$  ist der um  $e$  mit dem Halbmesser  $ef = ac$  beschriebene Kreisbogen  $gf$ . Der Punkt  $e$  liegt offenbar auf dem Lothe  $se$  zu  $sp$  im Abstände  $se = sa$ .

Läßt man auf eine Klostergewölbwange stets der Reihe nach eine Kugelkappe folgen, so ergibt sich eine Gewölbordnung, welche im Schnitte  $AB$  noch näher verdeutlicht ist.

Wollte man auch bei einem flachbogigen Klostergewölbe mit Kugelkappen die letzteren nicht bis zum Scheitel des Gewölbes reichen lassen, so ist in der Grundlage für solche Anordnung nach dem in Art. 207 (S. 213) Gefagten zu verfahren. Hierbei ist nur, wie bei Fig. 394 foeben gezeigt, immer der Abstand des Kugelmittelpunktes von der wagrechten Kämpferebene gehörig in Rücksicht zu nehmen.

Das Bestreben, in den Umfangsmauern eines mit einem Klostergewölbe abgeschlossenen Raumes, über die Kämpferlinie desselben hinausgehend, Thür- oder Lichtöffnungen in thunlichst ungehinderter Weise anbringen zu können, ohne von eigentlichen Stichkappen oder von besonderen eingefügten Kugelkappen Gebrauch zu machen, hat zur Gestaltung von Klostergewölben geführt, deren cylindrische Laibungsflächen von den lothrechten Ebenen der Umfangsseiten des Raumes nicht mehr in geraden Kämpferlinien, sondern in aufsteigenden Bogenlinien geschnitten werden. Von den Kämpferlinien bleibt in der wagrechten Kämpferebene an den Ecken des Raumes nur ein Punkt übrig; die benutzten Gewölbflächen gehören gleichsam in ihrer Erweiterung einem Klostergewölbe an, welches für einen besonderen, eingebildeten Raum, dessen Grundrifs von der Form des gegebenen Raumes abhängig gemacht wird, in feiner Gestaltung fest gelegt wurde. Aus diesem zu Hilfe genommenen Klostergewölbe bildet man das zur Anwendung kommende Gewölbe durch Abstumpfung der Laibungsflächen des ersteren, indem man das Ursprungsgewölbe von den Umfangsseiten des gegebenen Raumes schneiden läßt und die so entstandenen Schnittlinien als Stirnlinien für das eigentliche Gewölbe verwendet.

209.  
Kloster-  
gewölbe  
mit  
Abstumpfungen.

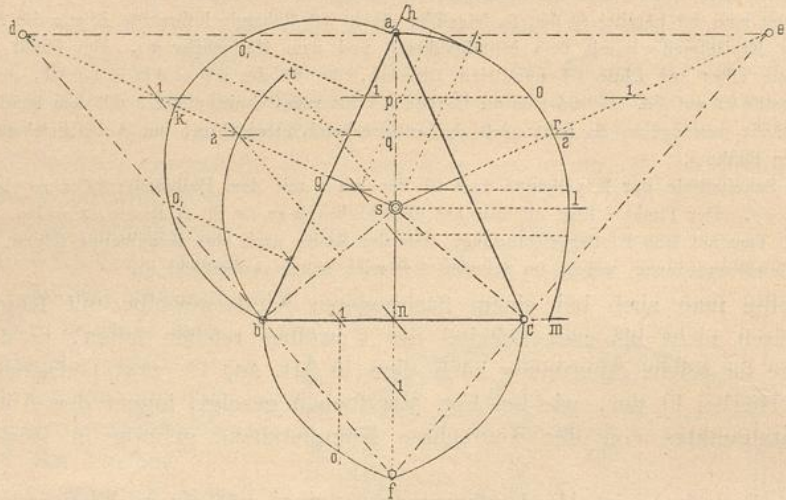
Unter Beibehaltung dieser Grundentwicklung lassen sich die »Klostergewölbe mit Abstumpfungen« oder die »offenen Klostergewölbe« in mannigfachster, in architektonischer Beziehung auch günstiger und ansprechender Weise ausbilden. Ueber einem dreieckigen Raume ist z. B. eine zu dieser Gruppe von Gewölben gehörige Deckenconstruction des Sanctuariums der *Nôtre-Dame*-Kirche in Paris ausgeführt<sup>176)</sup>.

Zunächst möge die Erzeugung eines Klostergewölbes mit Abstumpfungen auch hier unter Benutzung eines dreieckigen Raumes gezeigt werden.

Das Dreieck  $abc$  (Fig. 395) sei die gegebene Grundrifsform. Vom Schwerpunkt  $s$  desselben gehen nach den Ecken  $a, b, c$  des Dreieckes die wagrechten Projectionen der Leitlinien des eigentlichen zu erzeugenden Klostergewölbes. Zieht man von  $s$  die gehörig erweiterten Lothe  $sd, se, sf$ , so läßt sich dem Dreiecke  $abc$  das Dreieck  $def$  umschreiben. Betrachtet man dieses Dreieck  $def$  als Grundrifs eines

<sup>176)</sup> Siehe: VIOLLET-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française etc.* Band 9. Paris 1868. S. 512.

Fig. 395.



Klostergewölbes, aus welchem durch Abstumpfung nach den schneidenden lothrechten Ebenen  $ab$ ,  $bc$ ,  $ca$  das wirkliche Klostergewölbe über  $abc$  entstehen soll, so sind  $sd$ ,  $se$ ,  $sf$  die wagrechten Projectionen der Gratlinien dieses Hilfsgewölbes und  $dse$ ,  $esf$ ,  $fsd$  die Grundrissprojectionen der cylindrischen Wangen desselben. Setzt man für eine Wange, z. B. für  $fsd$ , ihre Leitlinie über  $sb$  als eine gefetzmäßig gebildete krumme Linie, hier als einen Viertelkreis  $bt$  fest, so können, nachdem die Ausmittlung der Gratlinien und übrigen Leitlinien ganz entsprechend derjenigen bei einem gewöhnlichen Klostergewölbe für einen Raum  $def$  vorgenommen ist, die für das wirkliche Klostergewölbe über  $abc$  erforderlichen Mafnahmen getroffen werden. Mit Hilfe von Erzeugenden  $11$ ,  $22$  ganz im Sinne von dem in Art. 205 (S. 305) Gefagten geführt, ergeben sich unter steter Benutzung der Ursprungs-Leitlinie  $bt$  in leichter und aus der Zeichnung zu erfehender Weise die Stirnlinien  $akb$ ,  $bfc$  u. f. f. als Ellipsenstücke, welche spitzbogenartig zusammentreffen; eben so z. B. die Leitlinie  $aol$  über  $as$  der Kappe  $asc$  und endlich die Scheitellinien der einzelnen Kappen wie  $hi$  über  $gs$ ,  $lm$  über  $sn$  u. f. f., welche offenbar Theile der Gratlinien des Klostergewölbes über dem Ergänzungsraume  $def$  sind.

Wie das Bild in Fig. 396 ergibt, sind durch ein derart geschaffenes, abgestumpftes Klostergewölbe reichlich große Oeffnungen in den Umfangsmauern des Raumes möglich. Das Gewölbe selbst steigt von den Ecken desselben aus in leichter Form auf. Seine Laibungsflächen sind cylindrische Flächen, welche sich in den Scheitellinien der Kappen schneiden.

Ist die Grundrissfigur eines abgestumpften oder offenen Klostergewölbes ein regelmässiges Vieleck, so erfolgt das Festlegen der Gewölbflächen im Allgemeinen nach denselben Grundfätzen, wie solche für das Dreieck angegeben sind.

In Fig. 397 ist ein regelmässiges Achteck als Grundrissprojection eines abgestumpften Haubengewölbes angenommen. Wird diesem Grundriss ein neues Achteck umschrieben, so ist z. B. das Dreieck  $bsd$  die Grundrissprojection einer Gewölbwange des ergänzenden Klostergewölbes, welches durch die in  $az$  geführte lothrechte Ebene des gegebenen Grundrisses abgestumpft wird.

Die über  $sz$  oder, da  $sz$  gleich  $sa$  ist, auch über  $sa$  stehende Leitlinie einer derartigen maßgebenden Wange sei der beliebig gewählte, in  $a$  beginnende Kreisbogen  $k$ .

Fig. 396.

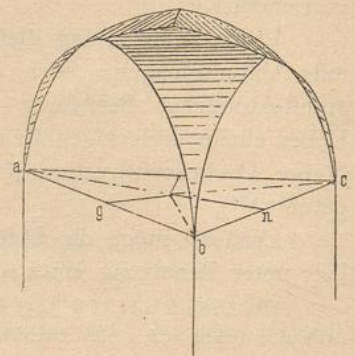
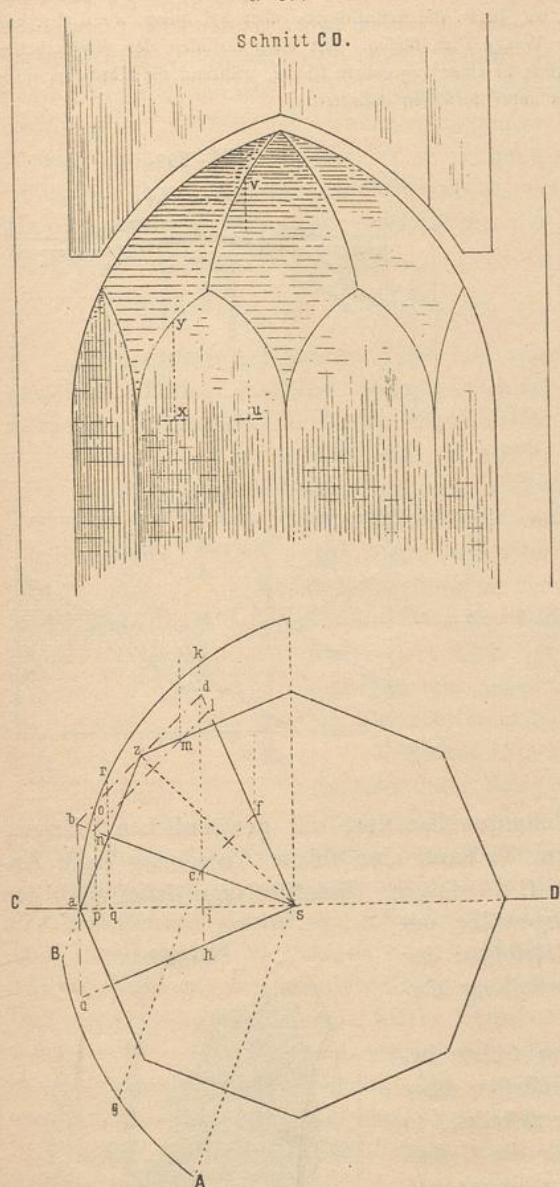


Fig. 397.



Nach demselben lassen sich ohne Weiteres die Gratlinien, z. B. über  $sn$  als  $AB$ , und ferner die hier elliptischen Spitzbogen entsprechenden Formen der Stirnbogen in bekannter Weise ermitteln, so weit dieselben für das wirkliche Kloster-, bezw. Haubengewölbe nothwendig werden. Wie aus der Zeichnung zu entnehmen, ist im Schnitte  $CD$  das Loth  $uv = ik = cg$ , ferner  $xy = po$ , während der Scheitel der Stirnbogen in einer Höhe gleich  $qr$  über der wagrechten Kämpferebene liegen muss. Die Laibungen des Haubengewölbes gehören hier durchweg cylindrischen Flächen an, deren Leitlinien durch einen und denselben Grundbogen  $k$  bestimmt sind.

Liegen mehrere gleiche Raumabtheilungen neben einander, welche durch Säulen- oder Pfeilerstellungen mit unter sich verbundenen Gurtbogen einem Gesamttraume angehören, so sind für jede Abtheilung gleichfalls offene Klostergewölbe ohne Schwierigkeit herzurichten. Solche in Gewölbjochen neben einander liegende, offene oder abgestumpfte Klostergewölbe zeigen in ihrer Gesamtheit große Aehnlichkeit mit den später noch zu erwähnenden Trichtergewölben.

Verbindet man bei einem Klostergewölbe abgestumpfte Wangen mit Wölbflächen nicht abgestumpfter Wangen, so entspringt wiederum eine besondere Gestaltung für eine massive Decke. Fig. 398 zeigt die Anordnung derselben als umgestaltetes, flachbogiges Klostergewölbe für einen rechteckigen Raum.

Zieht man von der wagrechten Projection  $s$  des Scheitels des Gewölbes in gesetzmässiger Folge und Anordnung gerade Linien wie  $se$ ,  $sf$  u. f. f., so können dieselben als die Grundrissprojectionen von Gratlinien des zu schaffenden Gewölbes angenommen werden. Behandelt man nun die Stücke, welche dem Theile  $seaf$  entsprechen, als abgestumpfte Klostergewölbe, während die antretenden Theile wie  $t$ ,  $i$ ,  $v$  u. f. f. als gewöhnliche Klostergewölbwangen mit wagrechter Kämpferlinie bestehen bleiben, so erhält man das bezeichnete Gewölbe.

Nimmt man  $ef$  als wagrechte Projection einer Erzeugenden der Wange über  $afse$  an, zieht darauf  $cd$  parallel zu  $ef$ , damit das Dreieck  $csd$  entsteht, so gilt dieses als Grundriss für das ergänzende Klostergewölbe jener Wange. Die Leitlinie ist der über  $as$  liegende, um  $m$  beschriebene flache Kreisbogen  $ab$ .

Nach diesem Grundbogen ergibt sich unter Anwendung der wagrechten Projectionen zugehöriger Erzeugenden wie  $ef$  und  $fp$ ;  $i$ ,  $n$  und  $k$ ;  $q$  und  $t$  sofort die Leitlinie der Wange  $t$  als elliptischer Bogen  $pv$ .



Für denselben ist  $op = gh$ ,  $tu = qr$  und  $sv = sb$ . Auf gleichem Wege sind, wie Fig. 398 kenntlich macht, auch die Gratlinien über  $fs$  u. f. w., bzw. die Schnittlinien über  $af$ , bzw.  $ae$  u. f. f. und endlich auch Punkte wie  $i$ , der Leitlinie der Wange  $i$  zu finden. Die Kämpferlinien der gewöhnlichen Klostergewölbwangen  $i, t$  u. f. f. liegen fämmtlich in einer wagrechten Ebene, während die Kämpferpunkte der abgestumpften Wangen um eine Höhe  $gh$  unter derselben auftreten.

Fig. 398.

Schnitt A B.

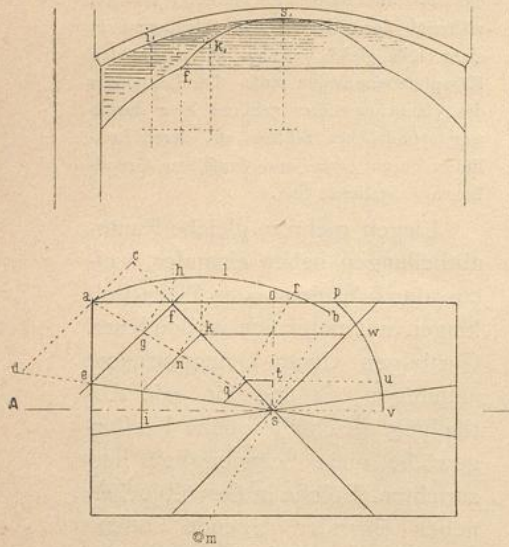
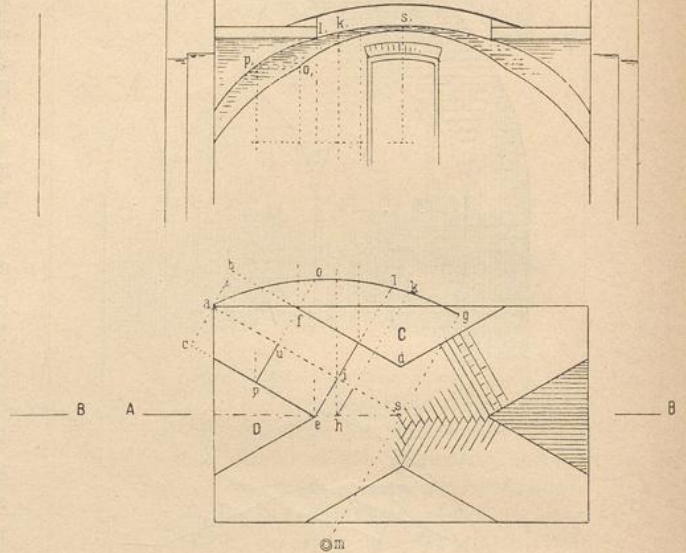


Fig. 399.

Schnitt A B.



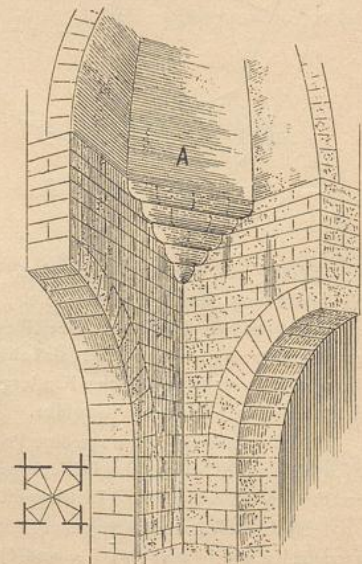
Wünscht man abgestumpfte Klostergewölbe statt mit gewöhnlichen Wangentheilen mit Stichkappen zu verbinden, so kann eine solche Anordnung nach Anleitung von Fig. 399 wie bei *C, D* u. f. f. erfolgen. Beachtet man dabei noch das in Art. 133 (S. 164) für das Tonnengewölbe mit Stichkappen Gefagte, so geht beim Verfolgen der Zeichnung alles Nöthige für die Darstellung derartiger Gewölbanlagen hervor.

210.  
Eck-  
überführungen  
etc.

Sind Klostergewölbe, wie schon früher bemerkt, im Allgemeinen am vortheilhaftesten über regelmäfsig gestalteten Grundrissen herzustellen, so lassen sich unter Beobachtung der für die Gestaltung von solchen Gewölben überhaupt gegebenen Entwicklungen auch bei diesen oder jenen gewählten Umformungen selbst Räume mit unregelmäfsig angelegtem Grundrifs ohne erhebliche Hindernisse mit derartigen Decken versehen. Bei durchdachtem Zusammenfügen der einzelnen Wangen oder Kappen derselben kann selbst eine solche Decke in angenehmer Weise in die Erscheinung treten.

Ist die Grundrifsform ein regelmäfsiges Vieleck von  $n$  Seiten und soll für dieselbe ein Klostergewölbe mit  $2n$ -Wangen angelegt werden, so ist

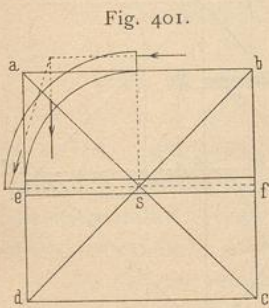
Fig. 400.



für die Kämpferlinien dieses Gewölbes dem gegebenen  $n$ -Eck ein  $2n$ -Eck einzuschreiben. In folchem Falle haben  $n$  Seiten des eingeschriebenen Vieleckes ohne Weiteres keine unmittelbare Unterstützung durch lothrecht aufgeführte Umfangs-, bezw. Widerlagsmauern. Dieselben sind alsdann, wie Fig. 400 bei einer Wange  $A$  zeigt, durch Tragfeine oder Ueberkragungen zu schaffen. Statt dieser Ueberkragungen können auch in besserer und oft in wirkungsvollerer Weise besondere kleine Gewölbe als fog. Eck- oder Nischengewölbe, wovon bei der Ausführung der Klostergewölbe (unter 3) noch weiter gesprochen werden soll, in Anwendung kommen.

## 2) Stärke der Klostergewölbe und ihrer Widerlager.

Beim einfachen Klostergewölbe sind die Gewölbwangen Theile eines Tonnengewölbes. Zerlegt man jede Wange in einzelne Streifen, deren Begrenzungsebenen lothrecht und parallel zur Ebene der Scheitellinie der cylindrischen Wölbkappen ge-



führt sind, so könnte jeder Streifen für sich als ein Theil eines Tonnengewölbes betrachtet und dem entsprechend statisch untersucht werden. Der Elementarstreifen  $se$ , bezw.  $sf$  (Fig. 401), dessen lothrechte Kräfteebene die Scheitellinien der zugehörigen Gewölbwangen enthält, ist offenbar ein Hauptstreifen, in welchem der größte Gewölbschub herrscht, während in allen Nachbarstreifen, wenn von einer unzweckmäßigen oder übertriebenen Ueberlastung abgesehen wird, ein kleinerer Gewölbschub auftreten muß.

Bestimmt man die Stabilität und die Stärke des Hauptstreifens unter der üblichen Annahme, daß die Breite desselben gleich einer Längeneinheit sei, ganz nach den für die Bestimmung der Stärke der Tonnengewölbe in Kap. 9 (unter b) gegebenen Entwicklungen, so giebt man aus praktischen Gründen den sämtlichen Wölbstreifen der betreffenden Wange die gefundene Stärke. Würden bei einem Klostergewölbe über rechteckigen, vieleckigen oder auch über unregelmäßigen Räumen sich solche Hauptstreifen von verschiedener Spannweite ergeben, so wird im Allgemeinen für das ganze Gewölbe diejenige Stärke beibehalten, welche der größte Hauptstreifen beansprucht. Die auf Kuf gemauert gedachten Gewölbwangen legen sich über ihren Gratlinien gegen einander. Ihr Gewölbschub fließt in dem Gewölbkörper bis zum Widerlager fort, ohne daß die Ebene der Grate dadurch mit Gewichten belastet wird. Tritt an die Stelle dieser Ebene ein selbständiger Gratbogenkörper, was zuweilen der Fall, aber nicht durchaus nöthig ist, so bildet derselbe für sich ein besonderes Tonnengewölbe, nur beeinflusst durch sein Eigengewicht, bezw. durch seine etwa vorhandene Ueberlast. Hiernach würde also die Stärke solcher Gratbogen eben so zu berechnen sein, wie bei einem derart angeordneten, frei stehenden Tonnengewölbe. Werden die Gewölbwangen auf Schwalbenschwanzverband ausgeführt, so entsprechen die Stabilitätsuntersuchungen der dann entstehenden Elementarstreifen dem in Art. 181 (S. 277) Vorgetragenen. Auch bei diesem Verbands, welcher wohl bei flachen Klostergewölben, feltener oder gar nicht bei Gewölben mit entsprechend großer Pfeilhöhe in Anwendung kommt, können die Schichten entweder stumpf in der Ebene der Grate zusammenstoßen oder besser über der Gratlinie auf Stich gegen einander treten.

211.  
Gewölbestärke.

212.  
Widerlags-  
stärke.

Da die Gewölbstreifen, selbst wenn dieselben, wie es der Fall ist, sämmtlich eine gleiche Stärke erhalten, vermöge ihrer verschiedenen grossen Spannweite, welche von Null bis zur Weite eines Hauptstreifens in einer Gewölbkappe wächst, auf ihr Widerlager einen verschiedenen grossen Druck ausüben, so folgt, dass die sonst ganz im Sinne des in Art. 143 (S. 197) geführte Bestimmung der Widerlagsstärke für jeden Elementarstreifen ein anderes Mafs ergeben wird. Dieses Mafs würde gleichfalls von Null bis zur grössten Widerlagsstärke, welche der Hauptstreifen der zugehörigen Kappe nöthig macht, zunehmen. Trägt man die den einzelnen Streifen zukommenden Widerlagsstärken als Ordinaten der äusseren Begrenzungslinie des betreffenden Widerlagers auf, so erhält man eine krumme Linie und danach eine bestimmte Grundfläche des Widerlagskörpers. Für die praktische Ausführung eignet sich jedoch ein solches Widerlager nicht. Statt desselben ist besser ein Widerlagskörper mit rechteckiger Grundfläche anzuordnen. Derselbe muss aber das gleiche Mafs der Stabilität besitzen, wie das theoretisch ermittelte, nach ausen krummlinig begrenzte Widerlager.

Die krumme Linie  $aOb$  in Fig. 402, welche als äussere Begrenzung des Widerlagers einer Gewölbkappe gefunden ist, kann mit hinreichender Genauigkeit als eine Parabel mit dem Scheitel in  $O$  angesehen werden. Der Hauptstreifen möge die Widerlagsstärke  $w$  erfordern, so dass  $w$  die Pfeilhöhe jener Parabel ist. Diese Linie  $w$  scheidet die Parabelfläche in zwei gleiche, symmetrisch liegende Theile. Das Rechteck  $abcd$ , bezw. die Hälfte desselben  $aefc$  soll dieselbe Stabilität besitzen, wie die Parabelfläche  $aOb$ , bezw. wie die Hälfte  $aeO$  derselben.

Die noch unbekannte Breite dieser Rechtecksfläche sei  $z$ . Unter Benutzung der Bezeichnungen in Fig. 402 erhält man zunächst das Stabilitätsmoment  $\mathfrak{M}$  der Fläche  $aefc$  in Bezug auf die Drehkante  $fc$  als

$$\mathfrak{M} = lz \frac{z}{2} = \frac{l}{2} z^2 \dots \dots \dots 222.$$

Für einen Elementarstreifen von der Breite  $y$  und der Länge  $dx$  im Abstände  $x$  von der Linie  $w$  der Parabelfläche  $aeO$  ist das Stabilitätsmoment  $d\mathfrak{M}$ , in Bezug auf die Aussenkante

$$d\mathfrak{M} = y \cdot dx \frac{y}{2} = \frac{y^2}{2} dx,$$

woraus durch Integration das Stabilitätsmoment  $\mathfrak{M}$ , der Parabelfläche  $aeO$  folgt als

$$\mathfrak{M} = \frac{1}{2} \int_{x=0}^{x=l} y^2 \cdot dx \dots \dots \dots 223.$$

Nun ist aber für die Parabel  $Oa$ , deren Axe mit der Geraden  $w$  zusammenfällt,

$$\frac{w-y}{w} = \frac{x^2}{l^2}, \text{ d. h. } y = \frac{w}{l^2} (l^2 - x^2).$$

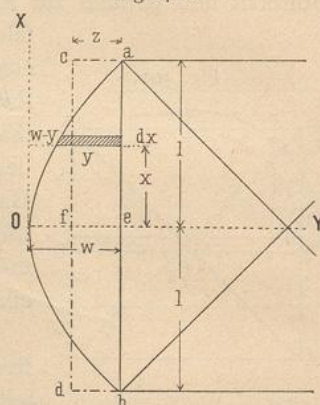
Setzt man diesen Werth in Gleichung 223, so ergibt sich

$$\mathfrak{M} = \frac{w^2}{2l^4} \int_{x=0}^{x=l} (l^2 - x^2)^2 dx \dots \dots \dots 224.$$

Da nun  $\mathfrak{M} = \mathfrak{M}$ , sein soll, so wird den Gleichungen 222 u. 224 zufolge

$$z^2 = \frac{w^2}{l^5} \int_{x=0}^{x=l} (l^2 - x^2)^2 dx,$$

Fig. 402.



woraus nach Ausführung der Integration

$$z^2 = \frac{8}{15} w^2$$

oder schliesslich

$$z = w \sqrt{\frac{8}{15}} = 0,7303 w \dots \dots \dots 225.$$

zu bestimmen ist.

Hiernach erscheint die Breite  $z$  nahezu gleich  $\frac{3}{4} w$ , d. h. die Stärke des Widerlagers eines Klostergewölbes beträgt etwa drei Viertel der Stärke des Widerlagers eines Tonnengewölbes von gleicher Leitlinie, Gewölbstärke und Belastung, wie dasselbe durch den Hauptstreifen in der Gewölbwange gegeben ist. Dasselbe Ergebniss ist bereits von *Rondelet* durch Versuche an Modellen fest gestellt.

Treten bei Klostergewölben Vereinigungen cylindrischer Wangen mit Kugelhappen auf, so sind letztere einer besonderen Stabilitäts-Untersuchung zu unterziehen. Wie der Weg zur Prüfung derartiger Kappen einzuschlagen ist, wird später bei der Besprechung der Stärke der Kuppelgewölbe erörtert werden.

Da die Wangen eines Klostergewölbes einem Tonnengewölbe angehören, so lassen sich die in Art. 140 (S. 193) für das Tonnengewölbe angegebenen empirischen Regeln auch für das Klostergewölbe im Allgemeinen verwenden. Als maßgebendes Gewölbstück ist der Hauptstreifen, dessen lothrechte Ebene die Scheitellinie der am weitesten gespannten Gewölbwangen enthält, in Betracht zu ziehen und die hierfür empirisch ermittelte Gewölbstärke in der Regel für die Stärke sämtlicher Wangen entweder ohne Weiteres oder unter besonderen Verhältnissen nur als Anhalt für eine strengere statische Untersuchung zu Grunde zu legen.

Ist für den erwähnten Hauptstreifen, bezw. für die Hauptstreifen jeder einzelnen Wange nach den in Art. 145 (S. 208) für Tonnengewölbe mitgetheilten empirischen Regeln die Widerlagsstärke berechnet, so werden für die mit rechteckiger Grundfläche angeordnete Widerlagsmauer der zugeordneten Gewölbwange drei Viertel dieser Stärke angenommen. Bei quadratischen Räumen mit einer Seitenabmessung bis zu 6 m kann die Stärke der Widerlagsmauern bei sorgfältiger Ausführung bis auf zwei Drittel der Widerlagsstärke eines dem Hauptstreifen gleichen Tonnengewölbes herabgesetzt werden.

Klostergewölbe mit großer Pfeilhöhe, besonders die Haubengewölbe, erhalten, abgesehen von etwaigen Ausmauerungen der Zwickel über besonders angelegten Gratabogen, in den meisten Fällen keine besondere Ueberlast, weder durch darauf ruhende Balkenlagen, noch durch hierauf angebrachte Fußböden. Flache Klostergewölbe dagegen können ähnliche Belastungen, wie Kappengewölbe, erfahren. Als dann sind nach den in Art. 177 (S. 264) gemachten Angaben die Abmessungen der Widerlagsstärken bei diesen Klostergewölben am besten ohne Herabminderung gleich solchen bei Kappengewölben zu wählen.

### 3) Ausführung der Klostergewölbe.

Die Gestaltung der Klostergewölbe weist schon darauf hin, dass dieselben, als vorzugsweise in ihren Wangen von Tonnengewölben herrührend, auch in ihrer Ausführung sich nach derjenigen der Tonnengewölbe zu richten haben. Sämtliche Hauptregeln, welche in dieser Beziehung in Kap. 9 (unter c) für das Tonnengewölbe gegeben sind, behalten auch für das Klostergewölbe ihre Geltung. Aus-

213.  
Empirische  
Regeln  
für die  
Gewölbstärke.

214.  
Empirische  
Regeln  
für die  
Widerlags-  
stärke.

215.  
Allgemeines.

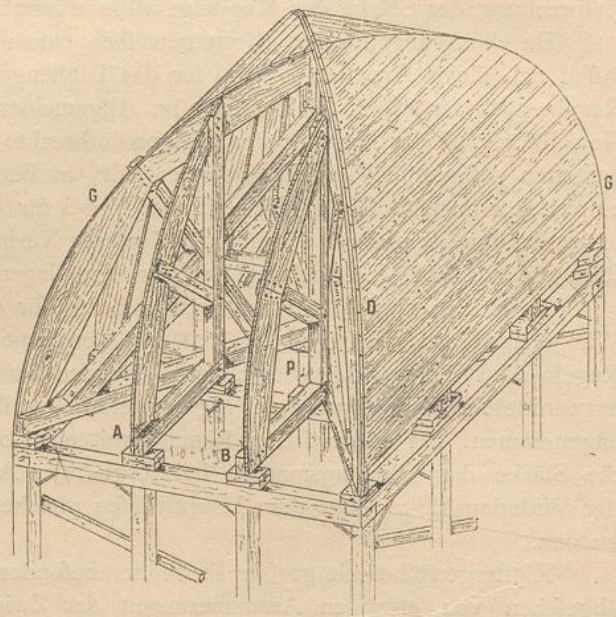
nahmen hiervon treten nur bei den in die Klostergewölbkörper eingefügten Kugelhappen ein. Solche Kappen unterliegen im Allgemeinen der Ausführungsweise von Kuppelgewölben, worüber später entsprechende Mittheilungen gemacht werden sollen.

Die Hauptbaustoffe für Klostergewölbe sind wiederum Backstein, Quader oder dünn-schichtige, lagerhafte Bruchsteine, guter Kalkmörtel, verlängerter Cementmörtel oder Cementmörtel allein, und das hierüber beim Tonnengewölbe in Art. 150 (S. 218) Gefagte ist bei Klostergewölben gleichfalls zu beachten.

216.  
Lehrgerüste.

Das gewöhnliche Klostergewölbe wird auf einer Unterschalung, welche auf dem Lehrgerüste ruht, ausgeführt. Die Lehrbogen dieses Gerüsts sind jedoch in Rücksicht auf die in den Graten zusammentreffenden Gewölbwangen in anderer Weise aufzustellen, als beim geraden Tonnengewölbe. Nach Fig. 403 sind die fog. Gratbogen oder Diagonalbogen *G*, bezw. *D* von den fog. Schiff- oder Wangenbogen *A*, *B* zu unterscheiden. Die Gratbogen treten im Scheitellothe des Gewölbes kreuzförmig zusammen. Liegen die Gratlinien des Gewölbes in einer und derselben lothrechten Ebene, so folgt ein ganzer, für sich bestehender Diagonalbogen *D* dieser Ebene, während die übrigen Gratbogen *G*, ihrer Durchkreuzung mit dem Hauptlehrbogen halber, aus zwei Hälften des Hauptlehrbogens bestehen. Der Kreuzungspunkt dieser Lehrbogen ist durch einen kräftigen Pfosten oder Mäkler *P* zu unterstützen; auch ist für eine Sicherung der Mittelpfosten der eigentlichen Lehrbogen gegen Ausweichen oder Drehen durch Eisenklammern, fog. Stichklammern, zu sorgen, welche nach der Ausführung des Gewölbes wieder leicht beseitigt werden können.

Fig. 403.



Die Schiffbogen *A*, bezw. *B* legen sich vom Gewölbkämpfer aus gegen die Gratlehrbogen; ihre obere Begrenzungslinie ist nach der Ursprungs-Leitlinie, welche der Gestaltung des Klostergewölbes zu Grunde gelegt war, leicht fest zu legen. Für jede Wange ist die Zahl dieser Schiffbogen so zu bestimmen, daß die freie Länge der darüber angebrachten Schalbretter 1,0 bis 1,5 m beträgt. Die Auflagerung der sämtlichen Lehrbogen an den Endpunkten ihrer Sohle oder Schwelle erfolgt in gleicher Weise, wie bei den Ausrüstungsvorrichtungen der Tonnengewölbe (siehe Art. 155, S. 224). In der Zeichnung sind Doppelkeile als Lagerungen angenommen.

Die Schalung besteht meistens aus einem Bretterbelag von 3 bis 5 cm Stärke; die einzelnen Bretter treten über den Gratbogen, nach der Gratlinie gefugt, stumpf zusammen. Ueber den Grat- und Schiffbogen findet ein Heften der Bretter mit

Die Schalung besteht meistens aus einem Bretterbelag von 3 bis 5 cm Stärke; die einzelnen Bretter treten über den Gratbogen, nach der Gratlinie gefugt, stumpf zusammen. Ueber den Grat- und Schiffbogen findet ein Heften der Bretter mit

Drahtstiften statt, um auch hierdurch die unverrückbare Stellung der betreffenden Bogen in gewissem Grade mit zu sichern.

Für flache Klostergewölbe benutzt man zu den Gratbogen und Schiffbogen einfache Wölbseiben, wie solche bei Kappengewölben gebräuchlich sind.

Klostergewölbe mit Kugelkappen erhalten nur eine Schalung der Lehrgerüste, so weit die eigentlichen Gewölbwangen in Frage kommen. Die Kugelkappen werden dazwischen aus freier Hand eingewölbt unter etwaiger Benutzung einer Lehre oder einzelner dünner Wölbseiben, deren obere Begrenzung der Kugelfläche entsprechend geschnitten ist.

Abgestumpfte oder offene Klostergewölbe, deren Wangen, wie in Art. 209 (S. 315) gezeigt ist, cylindrische Laibungsflächen besitzen, erhalten zweckmäßig eine geschlossene Unterschalung.

Wird für die aus Backsteinen auszuführenden Klostergewölbe der Verband auf »Kuf« gewählt, so laufen die Lagerfugenkanten der Lage der erzeugenden Geraden der cylindrischen Wölbflächen gemäß parallel mit den Kämpferlinien, so daß die gesammte Anordnung mit derjenigen eines Tonnengewölbes übereinstimmt. Läßt man die Gewölbwangen über den Gratlinien oder Kehlen stumpf zusammentreten, so zeigt sich die Kehllinie als Fuge. Soll diese durchlaufende Fuge vermieden werden, so läßt man die einzelnen Schichten über der Gratlinie im Verbandswechsel wechselformig übergreifen. Hierdurch entsteht allerdings der Uebelstand, daß die übergreifenden Ecktheile der Backsteine, welche zwei sich durchdringenden Cylinderchalen angehören, zur Aufnahme der Kehllinie etwas zugehauen werden müssen, wenn nicht bei Gewölben, die keinen Putzüberzug erhalten sollen, bei reichlicher Ausführung besondere Formsteine für die übergreifenden Stücke genommen werden. Müssen über den gewöhnlichen Klostergewölben Balkenlagen hergerichtet werden, welche innerhalb ihrer freien Länge noch einer Unterstützung durch Balkenträger bedürfen, so ist, da diese Träger niemals auf dem Mauerwerk der Gewölbwangen ruhen sollen, für diese Gewölbe die Ausführung selbständiger, genügend starker Grate als Gratbogen erforderlich, welche dann in geeigneter Weise durch Ausmauerung ihrer Zwickel oder durch Aufmauerung einzelner Pfeiler eine Stütze, bzw. eine Auflagerung für die erwähnte Balkenlage oder deren Träger gewähren können. Diese Gratbogen sind als für sich bestehende Tonnengewölbe regelrecht auszuführen. Die Gewölbwangen setzen sich unmittelbar stumpf gegen diese Grate.

217.  
Kloster-  
gewölbe  
aus  
Backsteinen.

Bei der Einwölbung der Wangen auf »Schwalbenschwanz-Verband« werden die bei diesem Verbands in Art. 200 (S. 298) gegebenen allgemeinen Regeln befolgt. Zweckmäßig wird jedoch im Besonderen den einzelnen Wölbstreifen eine solche Richtung gegeben, daß die Lagerflächen derselben in Normalebene zu den Kehllinien des Gewölbes liegen, gleichgiltig, ob besondere Gratbogen zur Ausführung kommen oder nicht.

In Fig. 404 sind in  $tmk$  und  $unk$  die wagrechten Projectionen der inneren Lagerfugenkanten der in  $k$  zusammentretenden Wölbstreifen für eine beliebige Normalebene  $N$  der Kehllinie  $bf$  bestimmt. Der Grundriß des mit einem Klostergewölbe zu überspannenden Raumes  $A$  ist hier der Einfachheit wegen quadratisch gewählt. Die Ursprungsleitlinie oder der Grundbogen des Gewölbes ist als ein um  $s$ , beschriebener Viertelkreis  $cd$  fest gesetzt. Die Kehllinie wird demnach eine Viertelellipse mit den Halbachsen  $eb$ ,  $ef$  und den Brennpunkten  $F$ ,  $F$ . Dieselbe ist in einer zur Gratebene parallelen lothrechten Ebene  $B$  gezeichnet. Durch einen beliebigen Punkt  $k$  des Gratbogens ist eine Normalebene  $N$  mit den Spuren  $kq$  und  $qy$  geführt.

Diese Normalebene schneidet die lothrechte Projection  $gf$  des Grundbogens  $cd$  im Punkte  $r$ , also in einem Grenzpunkte der nach  $k$  führenden Lagerkante eines Wölbstreifens. Die wagrechte Projection

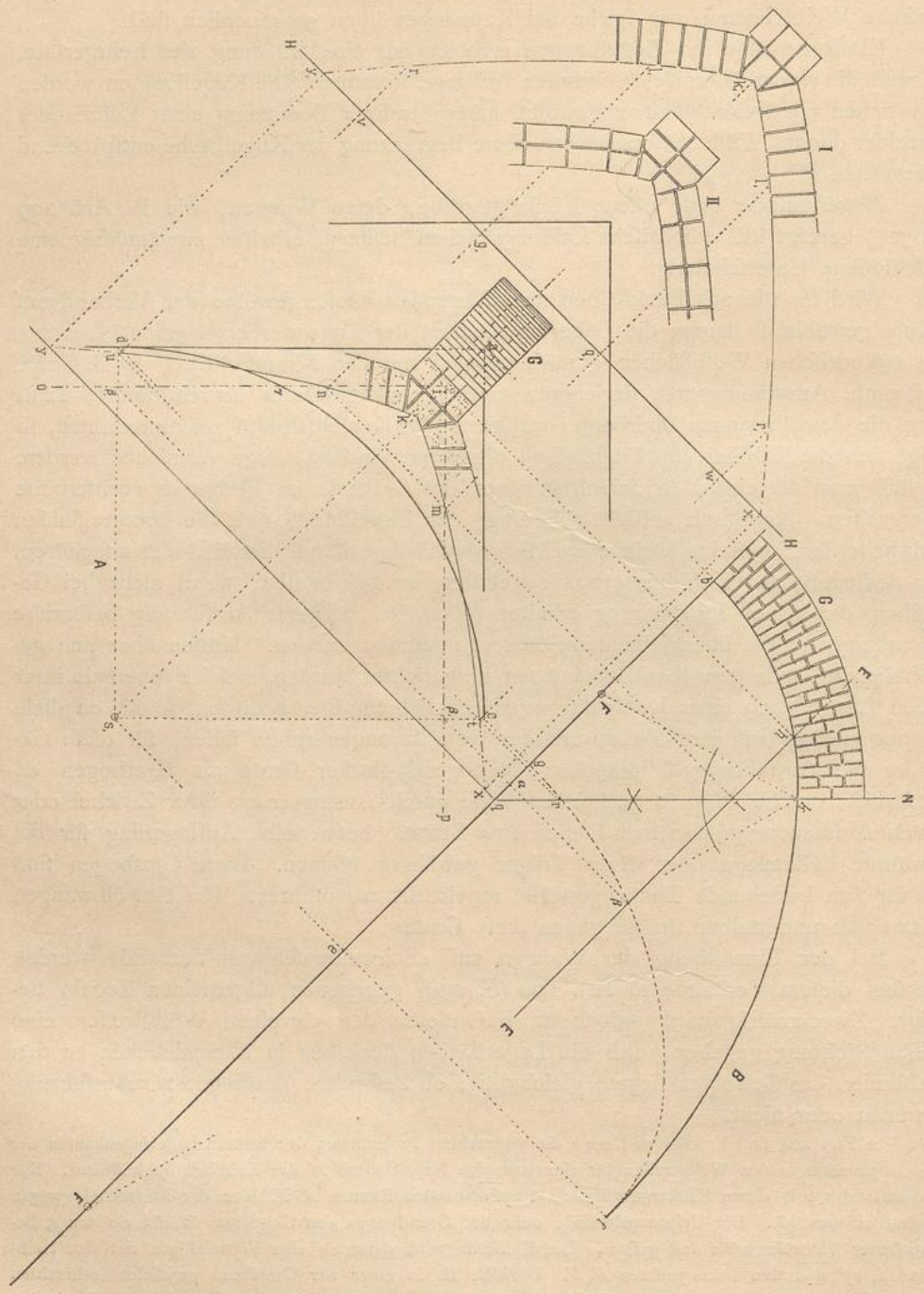


Fig. 404.

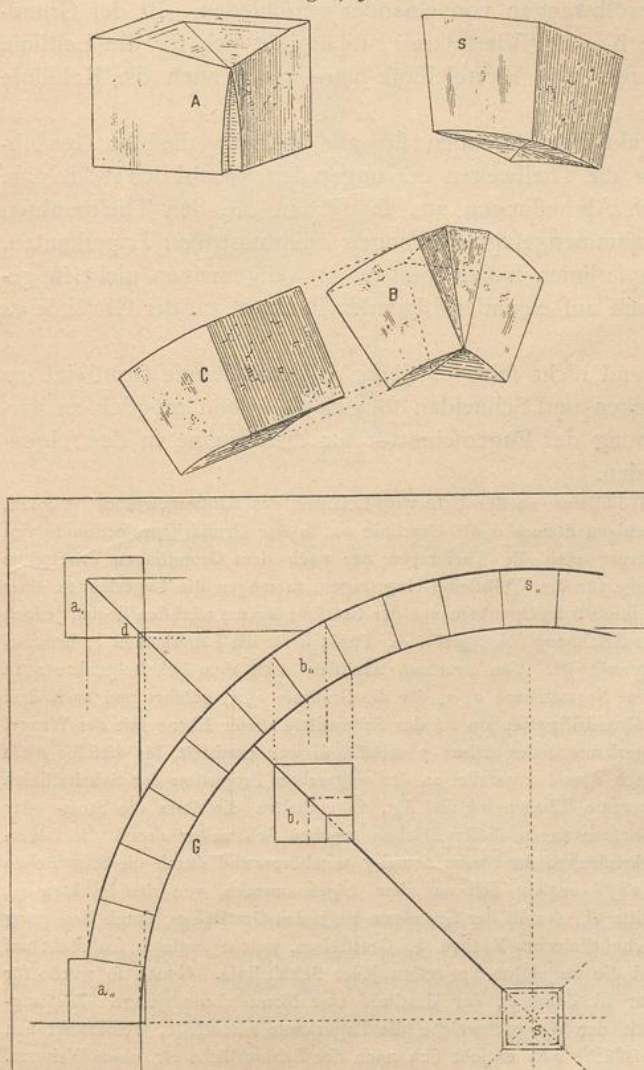
dieses Punktes ist der auf der Grundrissprojection  $s, c$  der Leitlinie  $cd$  gelegene Punkt  $t$ . Führt man durch die Ebene  $B$  und rechtwinkelig hierzu eine beliebige, zwischen den Grenzpunkten  $r$  und  $k$  gelegene wagrechte Ebene  $EE$ , so schneidet dieselbe die Normalebene in dem durch  $l$  gehenden Lothe auf der Ebene  $B$  und die Gewölbwangen in geraden Erzeugenden derselben, welche, wie aus der Zeichnung zu entnehmen, als  $ip$ , bezw.  $io$  mittels der Punkte  $\beta$ , in ihrer Grundrissprojection leicht angegeben werden können.

Die wagrechten Projectionen  $m$  und  $n$  der Durchstoßpunkte des in  $l$  befindlichen Lothes auf  $B$  mit den Gewölbwangen liegen auf diesen Erzeugenden und ergeben sich somit wiederum als Punkte der gefuchten wagrechten Projection der Lagerkante, welche dem Normalschnitte  $N$  angehört.

Vervollständigt man nach diesen Anleitungen die Linienzüge  $tmk$ , bezw.  $unk$ , so erhält man die gefuchten Lagerfugenkanten eines Wölbstreifens für eine Normalebene  $N$ . Wird dieses Verfahren wiederholt für alle Wangen in Anwendung gebracht, so ergibt sich die Anordnung der Wölbstreifen für den Schwalbenschwanz-Verband.

Nachdem die Projectionen der Lagerkanten der inneren Wölbfläche für eine Schicht ermittelt sind, läßt sich nach der Darstellung  $I$  die wirkliche Gestalt  $x, k, y$ , derselben finden, wobei z. B.  $q, l_1$ , bezw.  $g, l$ , gleich  $ql$  sein muß. Sollen Gratbogen eingeführt werden, so zeigen die beiden Schichtenanordnungen  $I$  und  $II$  den anzuwendenden Backsteinverband. Die Wölbstreifen setzen sich hierbei mit senkrecht zu  $k, l$ , gerichteten Fugen an.

Fig. 405.



Dienen Bruchsteine als Wölbmaterial für Klostergewölbe, so ist unter Beobachtung des Verbandes auf »Kuf« wie bei Backsteinmaterial zu wölben. Im Uebrigen ist das in Art. 169 (S. 245) für Tonnengewölbe aus Bruchsteinen Vorgetragene auch hier zu berücksichtigen.

218.  
Kloster-  
gewölbe  
aus  
Bruchsteinen.

Bei Klostergewölben aus Quadern wird der Fugenschnitt für die Lager- und Stosfugenflächen der einzelnen Wölbsteine dem Verbands auf »Kuf« zugeordnet. Die Wölbquadern der Wangen sind einfache Tonnengewölbsteine. Besondere Gestaltung erfordern die Anfänger an den Ecken des Gewölbes, die Gratsteine und der Schlussstein desselben.

219.  
Kloster-  
gewölbe  
aus  
Quadern.

In Fig. 405 ist für eine quadratische Grundfläche der Steinfugenschnitt für ein Klostergewölbe mit einem Viertelkreis  $G$  als Grundbogen gegeben. Die Ermittlungen der Begrenzungsflächen der einzelnen angeführten Steine lassen sich



durch einfache Anwendungen der darstellenden Geometrie bewirken. Dieselben gehen aus der Zeichnung genügend hervor.

$A$ , gebildet nach feinen Projectionen  $a, a''$ , ist der Anfänger;  $B$ , ermittelt nach den Projectionen  $b, b''$ , ist ein Gratstein. Bei demselben sind fortlaufende Anfätze, welche noch weiter in die Gewölbkappe reichen würden, absichtlich fortgelassen und dieserhalb die Stosfugenflächen einfach entsprechend den Lagerfugenflächen abgegrenzt, wie solche bei  $b''$  durch die Theilung der Gewölbwangen entstehen. Etwa weiter in die Wangen fortgeführte Anfätze liefern einen hakenförmigen Stein von meistens bedeutenden Abmessungen. Bei der Bearbeitung dieser Werkstücke muß zur Bildung des Hakens ein erheblicher Theil des Materials als überflüssig fortgenommen werden, was bei dem hier gegebenen Fugenschnitt vermieden wird.  $C$  ist ein gewöhnlicher Wölbstein der Wange und  $S$  endlich der Schlußstein, dessen Projectionen in  $s$ , und  $s''$ , vorhanden sind.

Für ein Klostergewölbe aus Schnittsteinen über einem rechteckigen Raume gelten in den Hauptzügen dieselben Anordnungen für den Fugenschnitt, wie bei dem vorhin behandelten Gewölbe. Die Gratsteine bedürfen jedoch einer besonderen Aufmerksamkeit.

Bei einem rechteckigen Raume (Fig. 406) sind die Leitlinien der unmittelbar neben einander stehenden Gewölbwangen von einander verschieden. Ist der Grundbogen der schmaleren Wange hier ein Viertelkreis, so ergibt sich für die Leitlinie der antretenden breiteren Wange eine Viertelellipse und weiter auch die Kehllinie als die Viertelellipse  $o, s''$ .

Nimmt man nun aus praktischen Gründen für alle Wangen dieselbe Gewölbstärke und außerdem auch für die Theilweiten der ungeraden Anzahl der Wölbsteine jeder Wange möglichst gleiche Abmessungen an, so werden die den Theilpunkten der Wölblinie von je zwei zusammengefügteten Wangen zukommenden Lagerkanten, welche parallel mit den Kämpferlinien laufen müssen, im Allgemeinen nicht in gemeinschaftlichen, der Reihe nach auf einander folgenden Punkten auf der Gratlinie  $os$  zusammentreffen.

Um dennoch geeignete und nicht sehr schwierig zu bearbeitende Gratsteine zu erhalten, an welchen spitze Ecken und Schneiden so viel als irgend möglich zu vermeiden sind, kann die Anordnung des Fugenschnittes für diese Steine in der folgenden Weise vorgenommen werden.

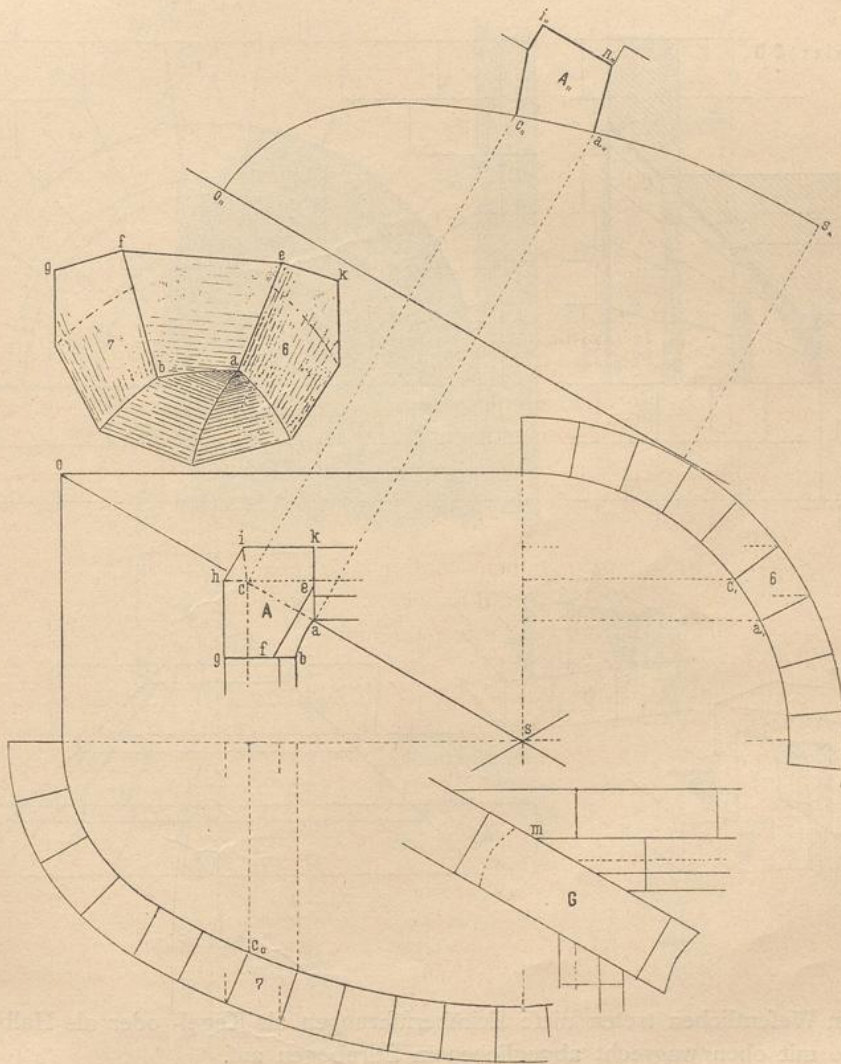
Sind die Theilungen für die Wölbsteine an der Ursprungs-Leitlinie des Klostergewölbes bestimmt, so mögen die Lagerkanten eines beliebigen Steines  $\delta$  die Gratlinie  $os$  in der Grundrissprojection in den Punkten  $a$  und  $c$  schneiden. Sind ferner auch die Theilungen der nach dem Grundbogen ermittelten Wölblinie der antretenden Gewölbwange für die Wölbsteine eingetragen, so mögen die Lagerkanten eines Steines  $\gamma$  denjenigen des Steines  $\delta$  in ihren Schnittpunkten auf der Gratlinie  $os$  am nächsten liegen, jedoch ganz abgesehen davon, daß, wie in der Zeichnung sich ergibt, der Punkt  $c$  für die Lagerkanten  $c$ , bzw.  $c_0$  bereits ein gemeinschaftlicher Schnittpunkt ist. Von dem am nächsten nach dem Scheitelpunkte  $s$  zu liegenden Schnittpunkte  $a$  aus wird eine Normalebene  $a, n''$  für die Gratlinie  $o, s''$  geführt und nach dem bei Fig. 404 gezeigten Verfahren die Grundrissprojection  $ab$  der Schnittlinie dieser Ebene mit der Wange, welche die nach  $o$  zurückliegende Lagerkante  $b$  des Steines  $\gamma$  enthält, so weit ermittelt, bis dieselbe diese Lagerkante in  $b$  trifft. Führt man durch  $a$  und  $b$  parallel zu der wagrechten Projection der Scheitellinien der zusammentreffenden Wangen lothrechte Ebenen  $ak$  und  $bg$ , so enthalten dieselben die Stos- oder Stirnflächen des Gratsteines  $A$ . Die Begrenzungen dieser Flächen ergeben sich weiter durch die Lagerkanten  $ki$ , bzw.  $gh$ , welche den Rückenflächen der Steine  $\delta$  und  $\gamma$  angehören und durch die Stirnflächen dieser Steine selbst. Die Stosfläche  $abfe$  ergibt sich aus dem angenommenen, von den Punkten  $a, n''$ , bzw.  $c, n''$  abhängigen lothrechten Schnitte  $A, n''$  des in der Gratebene liegenden Gratsteines, durch Benutzung der durch  $n, n''$  gehenden wagrechten Schnittlinie am Rücken des Gratsteines, welche zugleich senkrecht auf der Gratebene steht. Die Linie  $ef$  ist die wagrechte Projection jener Schnittlinie. Genau so würde für den Punkt  $c$  vorzugehen sein. Hierfür ist durch  $c, n''$  der Gratlinie eine Normalebene gelegt. Die wagrechte Projection ihrer Schnittlinie mit der Wange, welche die Lagerkante  $c_0$  enthält, beschränkt sich hier nur auf einen Punkt  $c$ . Die Stosfläche  $ch_i$  ergibt sich nach der Schnittfläche  $A, n''$  ohne Weiteres.

Hätte der Schnittpunkt der Lagerkante von  $c_0$  mit der Gratlinie  $os$  eine nähere Lage nach  $s$  zu aufgewiesen, als der Schnittpunkt  $c$  der Lagerkante  $c_1$ , so würde die wagrechte Projection der Schnittlinie der Normalebene, welche nun dem Gratpunkt, der von  $c_0$  geliefert wäre, angehören müßte, für die Bestimmung des betreffenden Fugenschnittes maßgebend geworden sein.

Im Bilde ist die Form des Gratsteines  $A$  noch weiter verdeutlicht; auch sind in demselben die Stoßflächen der Wölbchichten  $b$  und  $7$  angegeben. Ein Fugenschnitt, wie bei  $m$  und  $G$  ist zu verwerfen.

Tritt der Fall ein, daß gegen einen und denselben Gratstein von einer Seite allein oder gar von zwei Seiten zwei Wölbchichten geführt werden müssen, so werden

Fig. 406.



dadurch die grundlegenden Bestimmungen für den Fugenschnitt nicht geändert. Die gekennzeichneten Normalschnitte sind alsdann nur jedesmal für die beiden äußersten Lagerkanten der antretenden Wölbchichten in Anwendung zu bringen.

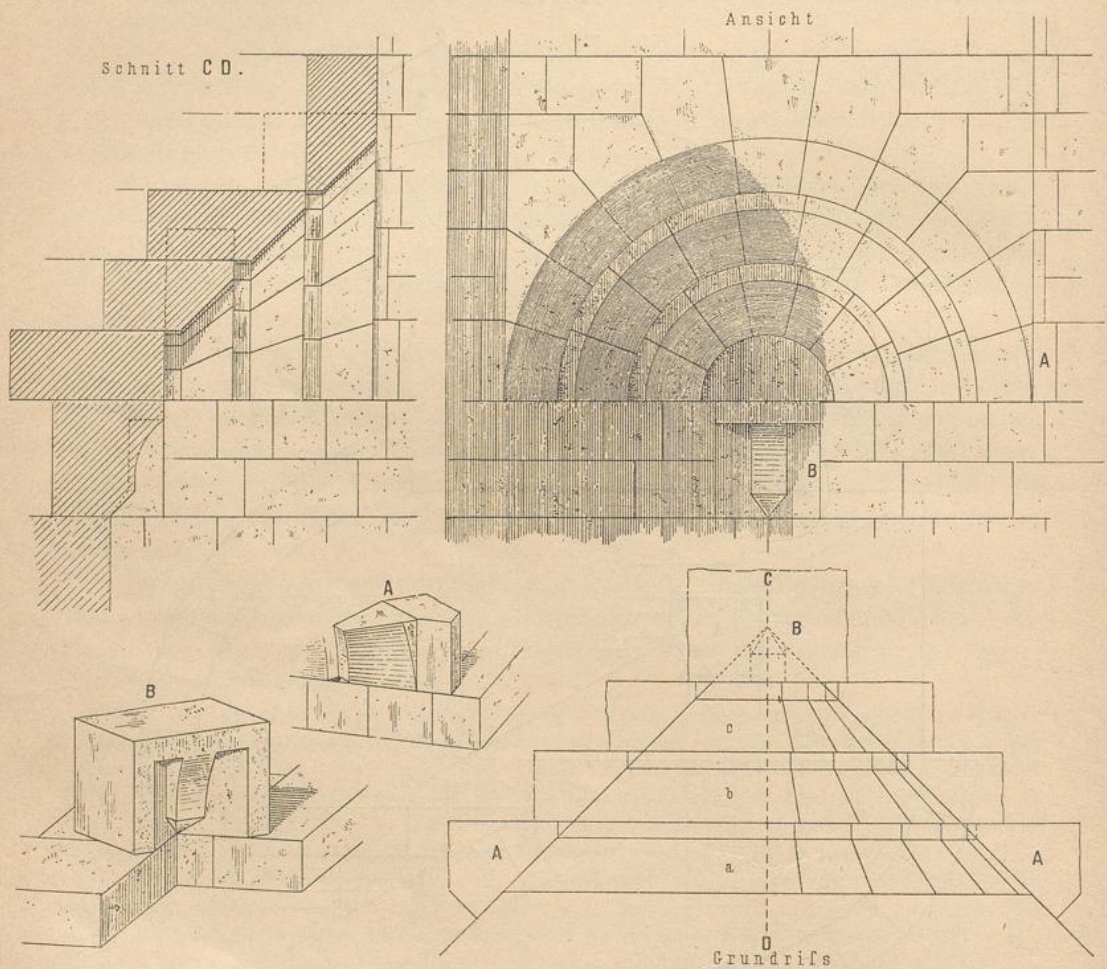
Für das Versetzen der Quader, die Mörtelung und die sonstigen Handhabungen, welche sich dabei geltend machen, kann auf Art. 170 (S. 246) verwiesen werden.

220.  
Eck-  
überführungen.

Sind für einzelne Wangen eines Klostergewölbes die in Art. 210 (S. 318) erwähnten Ecküberführungen notwendig, so werden dieselben außer der in Fig. 400 (S. 318) angegebenen Anordnung aus über einander lagernden kräftigen Tragsteinen oft weit zweckmäßiger durch besondere Eck- oder Nischengewölbe gebildet.

Am zweckmäßigsten wird für diese Gewölbe Quadermaterial unter Anwendung eines geeigneten Fugenschnittes benutzt.

Fig. 407.

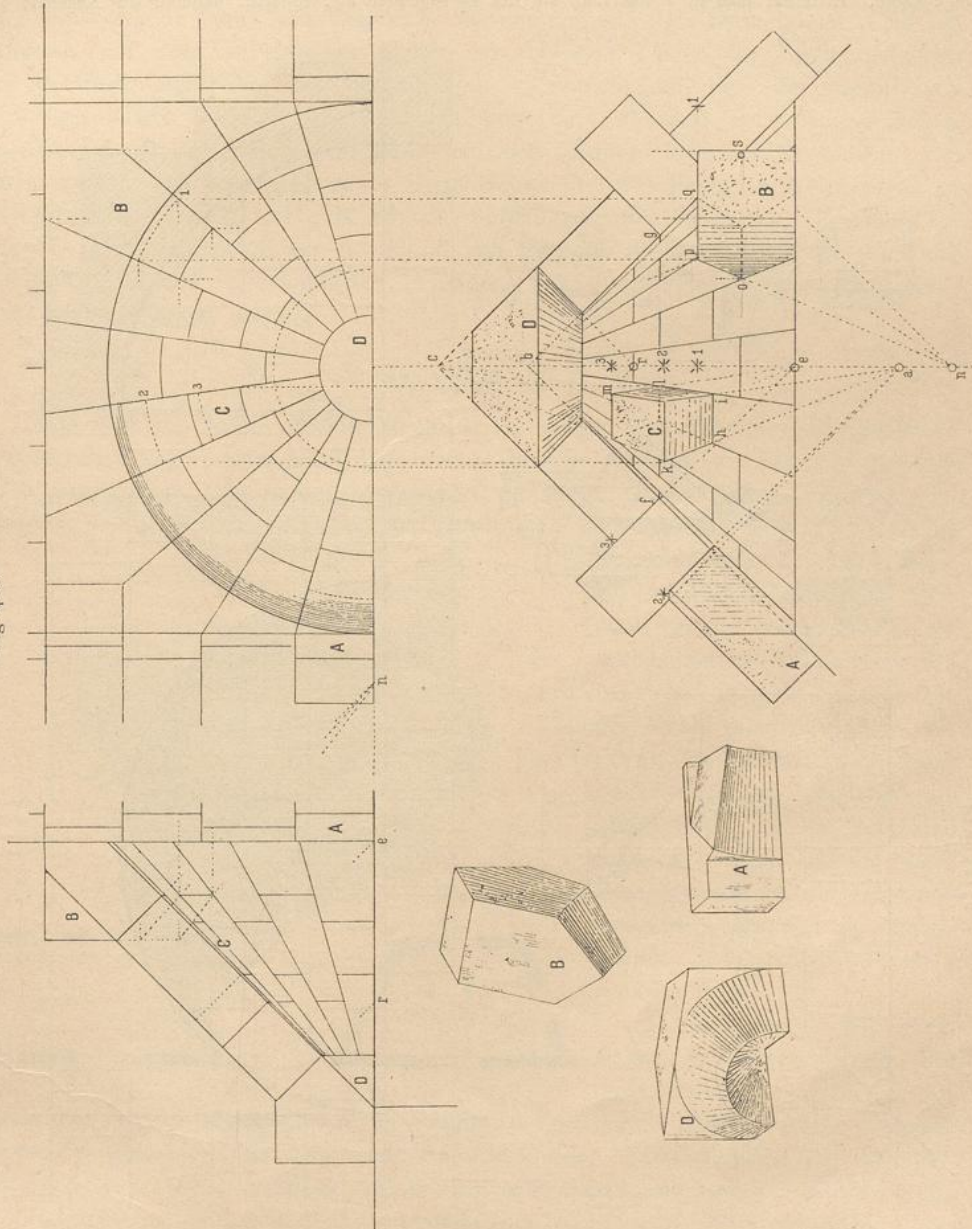


Im Wesentlichen treten diese Ecküberführungen als Kegel- oder als Halbkugelgewölbe mit oben wagrecht abgeglichenem Stirnbogen auf.

Das aus einzelnen Gewölbzonen oder Quarten hergerichtete einfache kegelförmige Nischengewölbe ist in Fig. 407 dargestellt und hieraus in feiner Anlage und in seinem Fugenschnitte deutlich zu erkennen. Von Wichtigkeit ist eine geeignete Durchbildung des Anfängers oder des fog. Auges *B*, von welchem aus die Ecküberführung zu beginnen hat. Für dieses Auge wird stets ein hinlänglich großes Werkstück benutzt.

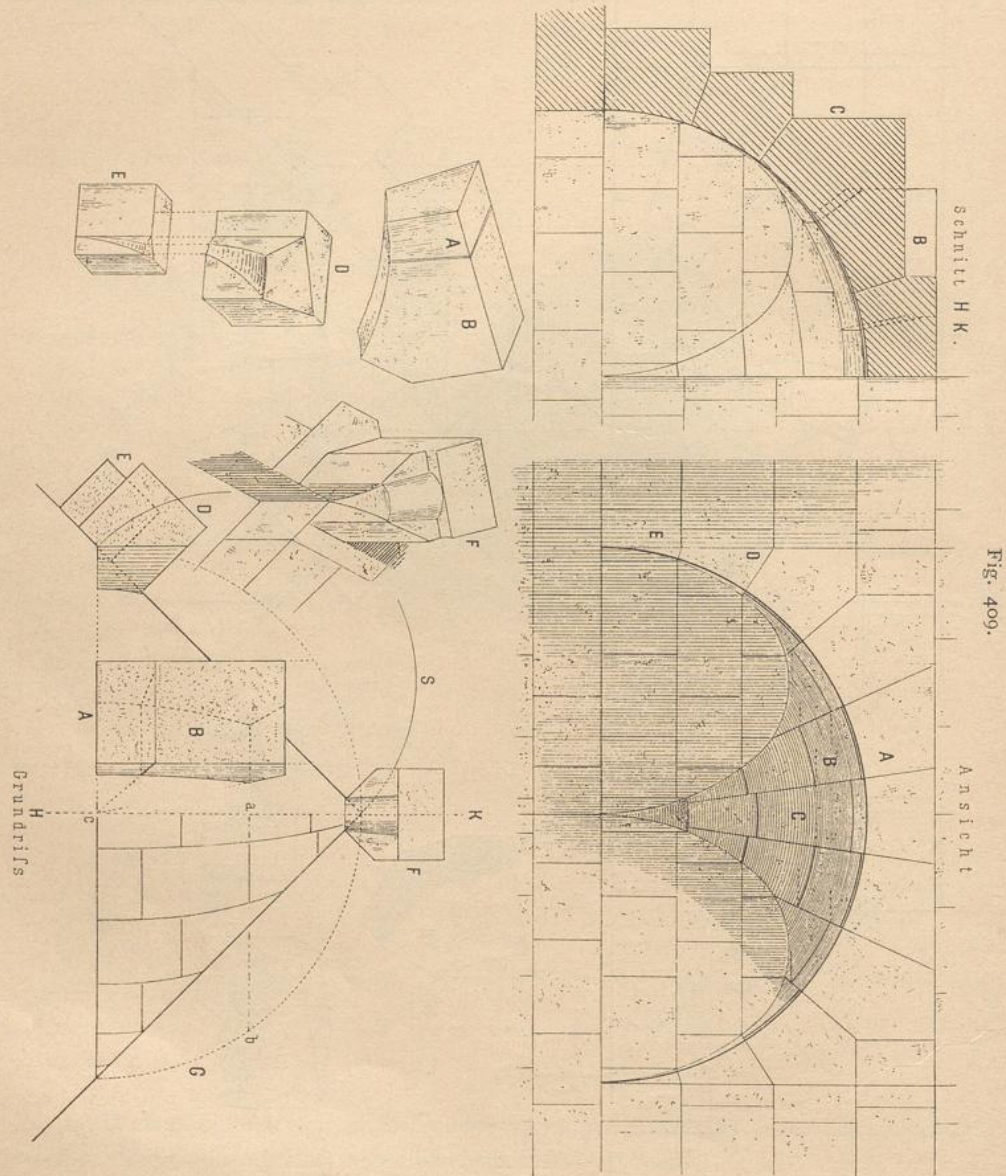
Das an sich weniger einfache, vollständige Kegengewölbe ist als Nischengewölbe in feinem Steinverbande nach Fig. 408 anzuordnen. Die Lagerfugenflächen, welche von der Theilung des Stirnbogens abhängig gemacht werden, laufen gegen das Auge *D*. Sie gehören Ebenen an, welche erweitert sich fämmtlich auf der Kegel-

Fig. 408.



axe schneiden. Die Stosfugenflächen dagegen gehören besonderen Kegelflächen an, deren Leitlinien Schnittlinien sind, welche durch Ebenen, parallel zur Stirnlinie des Nischengewölbes geführt, auf der Laibungsfläche dieses Gewölbes hervorgerufen werden und deren Erzeugende gerade Linien sein sollen, welche senkrecht zur Kegelfläche des Nischengewölbes stehen.

Besitzt das Gewölbe eine gleichmäßige Stärke und sind  $b$  und  $c$  die Spitzen der Kegelflächen der inneren Laibung und des Rückens, so sind  $bs$  und  $cs$  parallele Erzeugende in der Kämpferebene des Kegelgewölbes. Der Abstand  $st$  dieser Erzeugenden ist der Gewölbstärke gleich. Soll nun z. B. die Stosfugenfläche  $opq$  für die durch  $o$  ziehende Stosfugenkante bestimmt werden, so führt man durch  $o$  parallel zur Stirnebene in der Richtung  $os$  einen lothrechten Schnitt; alsdann enthält dieser die Stosfugenkante. Errichtet man in  $s$  das Loth auf der Erzeugenden  $bs$ , so trifft dasselbe die Kegelaxe im



Punkte  $n$ . Erweitert man  $ns$  bis  $I$  der Erzeugenden  $cs$  der Rückenfläche, legt man durch  $I$  wieder eine parallele Ebene zur Stirnebene  $t$  des Gewölbes, so giebt  $II$  die Lage der Stosfugenkante auf der Rückenfläche in der Grundrissprojection an. Da der Punkt  $q$  mit Hilfe des Kreisbogens vom Halbmesser  $II$  und der Aufrissprojection entsprechend zu finden ist, so bleibt nur noch übrig, durch  $n$  und  $o$ , bzw. durch  $n$  und  $q$  gerade Linien zu ziehen, um die Grundrissprojection der Stosfugenfläche  $opq$  zu erhalten. Aufriss und Seitenprojection ergeben sich auf dem aus der Zeichnung ersichtlichen Wege. Nach dem-

felben Verfahren sind die Punkte  $a$  für die Stoßfugenfläche  $hik$ ,  $e$  für die Stoßfugenfläche  $lm$  des Steines  $C$  und endlich  $r$  für die kegelförmige Stoßfugenfläche des Auges  $D$  ermittelt. Die im Bilde vorgeführten Steine  $A$ ,  $B$  und  $D$  lassen die ihnen zu gebende Form noch näher erkennen.

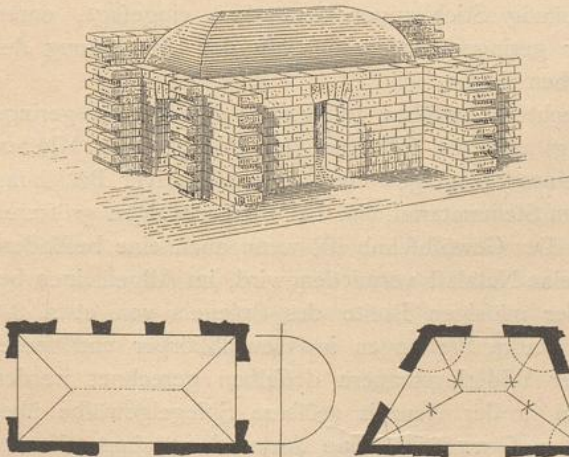
Das halbkugelförmige Nischengewölbe mit abgeschnittenen Seiten ist in Fig. 409 vorgeführt. Bei demselben ist  $G$  der größte Kreis einer Kugelfläche, welcher das Nischengewölbe in seiner Laibungsfläche entnommen ist. Der Seitenbogen  $S$  ist ein Halbkreis mit dem Durchmesser gleich der schrägen Länge der Eckübertragung. Der Steinfugenschnitt hat den Bedingungen zu entsprechen, daß die sämtlichen Lagerfugenflächen Meridianschnitte der Halbkugel sind, während die Stoßfugenflächen Kegelflächen werden sollen, die sämtlich den Mittelpunkt  $c$  der Kugelfläche zur Spitze haben. Die Leitlinien dieser Kegelflächen sind Parallelkreise, welche, wie in der Grundrissprojection z. B. als  $ab$ , die Stoßfugenkanten enthalten. Nach diesen einfachen Forderungen ist an der Hand von Fig. 409 die Gestaltung der einzelnen Wölbsteine, wovon die wichtigsten besonders noch perspectivisch gezeichnet sind, ohne Schwierigkeiten möglich.

### b) Muldengewölbe.

Das Muldengewölbe ist ein längeres Tonnengewölbe mit an den Stirnseiten vorgelegten Wangen eines Kloftergewölbes. Dasselbe entsteht, wie Fig. 410 angiebt, durch eine einfache Verbindung der beiden genannten Gewölbformen. Ein gemeinschaftlicher Anfallpunkt der beiden Stirnwangen oder Walme fehlt. Statt eines

221.  
Gestalt.

Fig. 410.



Scheitelpunktes, wie beim Kloftergewölbe, tritt eine mehr oder weniger lange Scheitellinie des eigentlichen Tonnengewölbes auf. Die Anschließpunkte der Kehl- oder Gratlinien der Stirnwalme sind stets die Endpunkte dieser Scheitellinie, gleichgiltig, ob die schmalen Stirnseiten rechtwinkelig oder schiefwinkelig zu den längeren, einander parallelen Umfangsmauern des zu überwölbenden Raumes stehen.

Je nach der für die Stirnwalme gewählten Weite sind diese Anschließpunkte fest zu

legen. Die Grundrissprojectionen der Kehllinien sind gerade Linien, welche von den Ecken der Kämpferlinien nach den Anschluß- oder Anfallpunkten der Scheitellinie gezogen werden. Meistens sind bei einem Rechteck und auch bei einem Trapez als Grundriss die wagrechten Projectionen der Kehllinien Halbirungsfstrahlen der Winkel an den Ecken des Raumes. Sämtliche Umfangsmauern treten als Widerlager auf.

Alles, was hinsichtlich der Ausmittelung der Leitlinie für die Gewölbwangen und für die Bestimmung der Kehllinien derselben beim einfachen Kloftergewölbe gefagt wurde, findet auch unmittelbar wieder Anwendung beim Muldengewölbe.

Dasselbe wird bei Festungsbauten zur Ueberwölbung von Casematten häufig benutzt. In Folge der hohen Erdüberschüttung, welche bei derartigen Bauwerken über dem Gewölbe angebracht wird, ist dasselbe meistens sehr stark herzurichten.

222.  
Ausführung.

Die Stabilitäts-Untersuchung im Allgemeinen und die Ausführung der Muldengewölbe im Besonderen erfolgt nach den für das Tonnengewölbe und das einfache Klostersgewölbe gemachten Mittheilungen.

In architektonischer Beziehung nimmt das Muldengewölbe, selbst wenn dasselbe in feinen Laibungsflächen durch Einfügen von Stichkappen bewegter gestaltet werden sollte, nur einen mehr untergeordneten Rang ein.

## 12. Kapitel.

### Spiegelgewölbe.

#### a) Gestaltung der Spiegelgewölbe.

223.  
Gestalt.

Das Spiegelgewölbe ist ein Klostersgewölbe, welches zwischen der Kämpfer-ebene und dem Scheitelpunkt durch eine wagrechte Ebene abgetrennt und in der dadurch gebildeten Oeffnung durch ein wagrechtes oder schiebaches Gewölbe wieder geschlossen wird. Die Laibungsfläche dieses wagrechten Gewölbes wird Spiegel genannt. Wird die Oeffnung zum Anbringen eines Deckenlichtes benutzt, so entsteht ein Spiegelgewölbe mit Deckenlicht.

Zur weiteren Gliederung des Gewölbes werden in die als Theile von Klostersgewölben auftretenden Wangen häufig Stichkappen (Lunetten) eingefügt, deren Spitzen oder Anfallpunkte in nur geringer Entfernung von der Umrahmung des Spiegels oder unmittelbar in derselben liegen.

Die Vereinigung eines schiebachten Gewölbes, selbst wenn dasselbe eine geringe Pfeilhöhe (Stich, Stechung, Bufung) erhalten soll, mit den Wangen des Klostersgewölbes ist für die Herstellung eines Spiegelgewölbes in constructiver Beziehung bei ausschließlicher Verwendung von Steinmaterial und bei einer etwaigen größeren Deckenbildung immerhin mislich. Der Gewölbschub ist, wenn auch eine besondere Beschwerung des Gewölbes durch eine Nutzlast vermieden wird, im Allgemeinen bei derartigen Gewölben schon bei der mäßigen Breite des Spiegels von etwa 3<sup>m</sup> ziemlich beträchtlich, so daß auf starke Pressungen im Gewölbkörper und ferner auch auf kräftige Durchbildung der Widerlagsmauern desselben gerechnet werden muß. Aus diesem Grunde werden in der Neuzeit größere Spiegelgewölbe über Vorhallen, Treppenhäusern, Sälen u. s. w. nicht ohne Anwendung eines eisernen Stütz- und Tragsystems ausgeführt, welches in seinem Gerippe die Gewölbtheile aufnimmt.

In architektonischer Beziehung hat das Spiegelgewölbe jedoch eine nicht zu unterschätzende Bedeutung. Erscheint dasselbe vermöge der durch Lunetten unterbrochenen, vom Widerlager aufsteigenden Hohlkehlen seiner Wangen schon als eine leicht sich erhebende, mit der Theilung der Umfangswände in harmonischer Uebereinstimmung stehende Deckenbildung, so kann die Wirkung der ganzen Anlage durch Ausschmückung der hierfür äußerst günstigen Gewölbfächen mit Ornamenten, Gemälden u. s. w. eine Steigerung erfahren, welche den höchsten Anforderungen zu entsprechen vermag, die an Reichthum und Pracht in der Ausstattung der Spiegel-