



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

## **Balkendecken**

**Barkhausen, Georg**

**Stuttgart, 1895**

1) Gestaltung der Klostergewölbe

---

[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

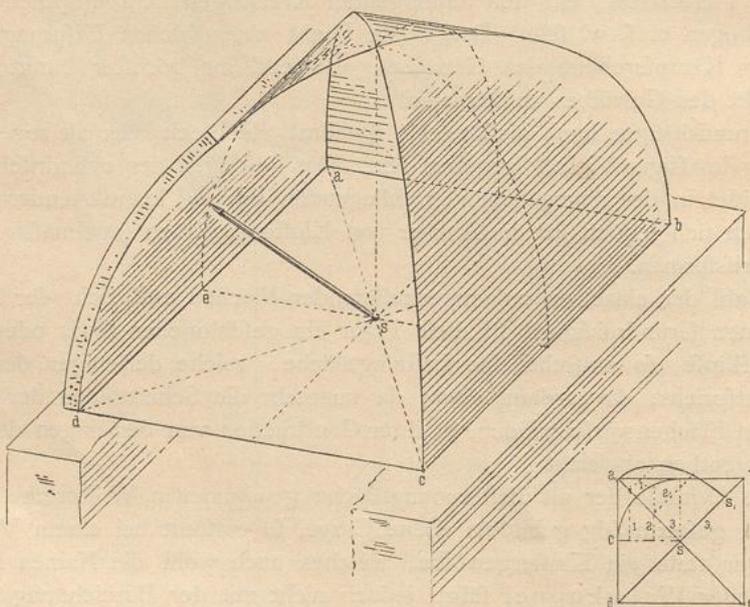
Höhe des Klostergewölbes. Dieselbe kann je nach den für die Durchbildung des Gewölbes zu stellenden künstlerischen, bezw. statischen Anforderungen entsprechend groß oder klein genommen werden.

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 seinen Gunsten zu bewirken ist, so daß sich die hier und da auftretende, oft stiefmütterlich erscheinende Behandlung des Klostergewölbes vermeiden läßt.

Fig. 384.



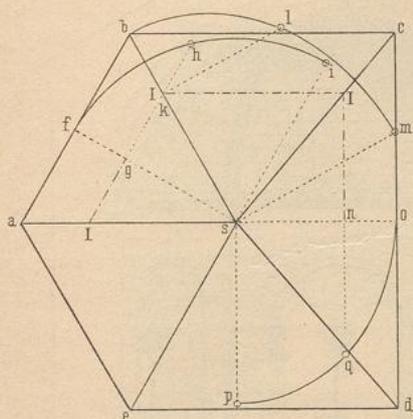
205  
Einfache  
Kloster-  
gewölbe.

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.

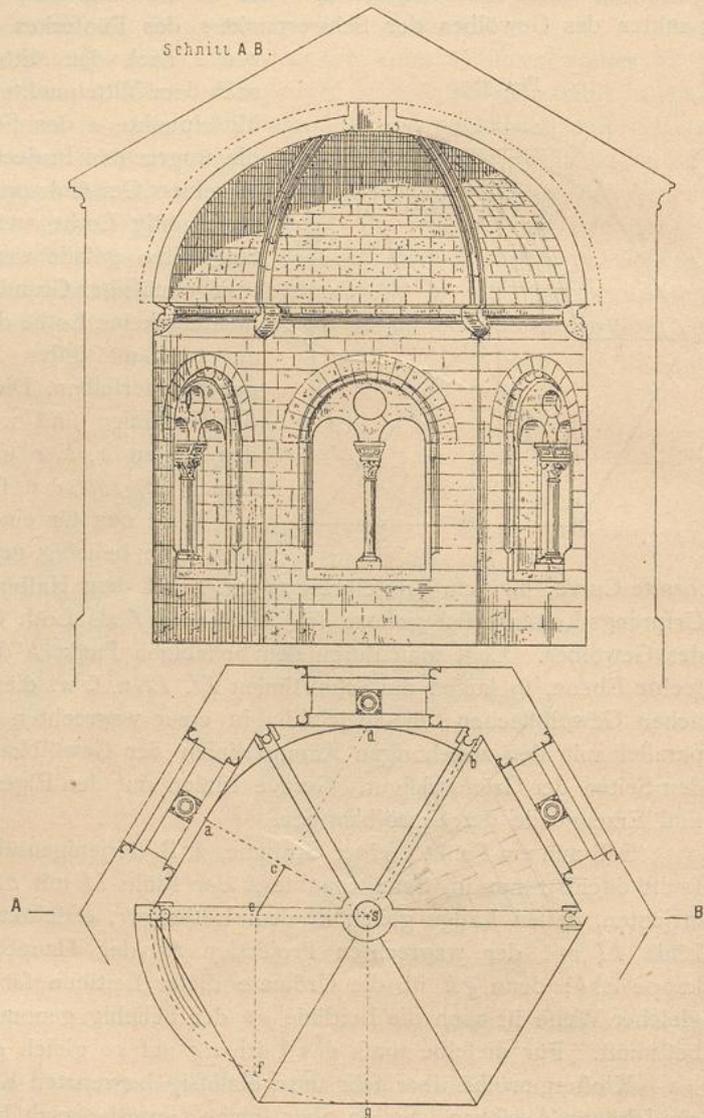
Betrachtet man die Gratlinien für sich wieder als Wölblinien schmalere Tonnengewölbe, so lassen sich diese als besondere Gewölbkörper zu fog. Gratbogen gestalten, gegen welche sich die einzelnen Wangen des Klostergewölbes legen. Diese Gratbogen, entsprechend mit Widerlagsflächen für die Kappen versehen, 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.

206.  
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

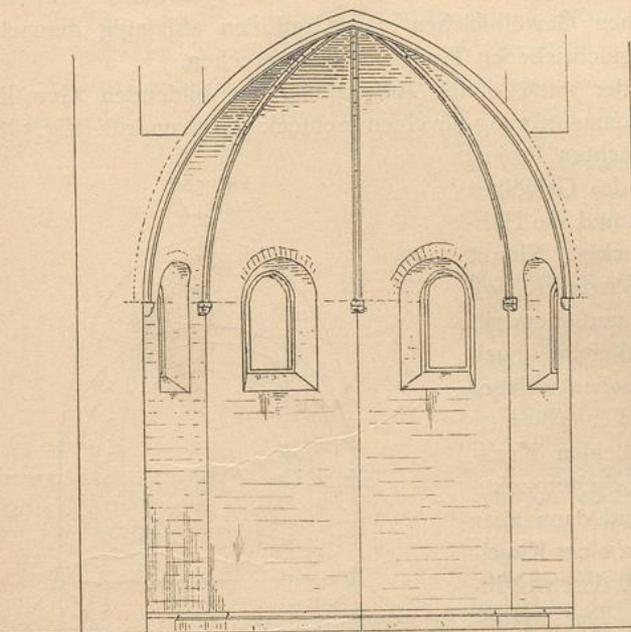
Fig. 386.



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.

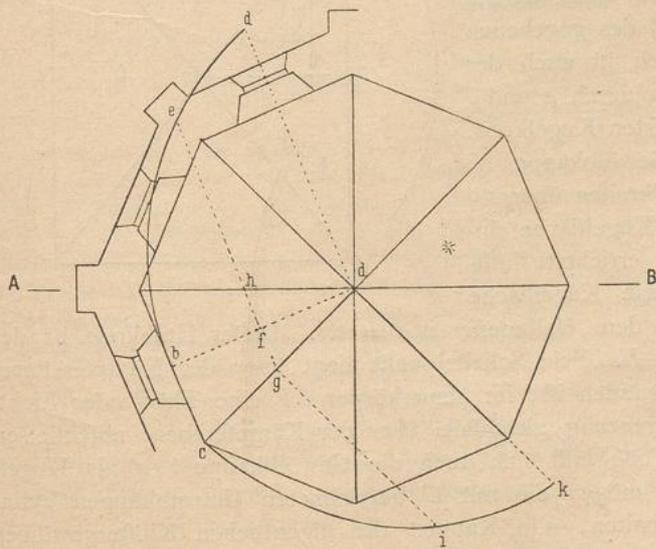
Schnitt A B.



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



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  $bsf$

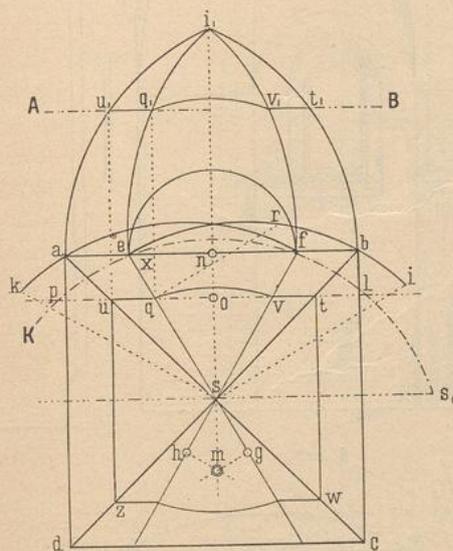
in geraden Linien, deren wagrechte Projectionen in  $uq$  und  $vt$ , deren lothrechte Projectionen in  $u, q$ , und  $v, t$ , erhalten werden. Die wagrechte Projection des Schnittes dieser Ebene mit der Kugelkappe  $esf$  würde die gerade Linie  $qv$  sein, während die lothrechte Projection desselben 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.



Schnittlinien 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.

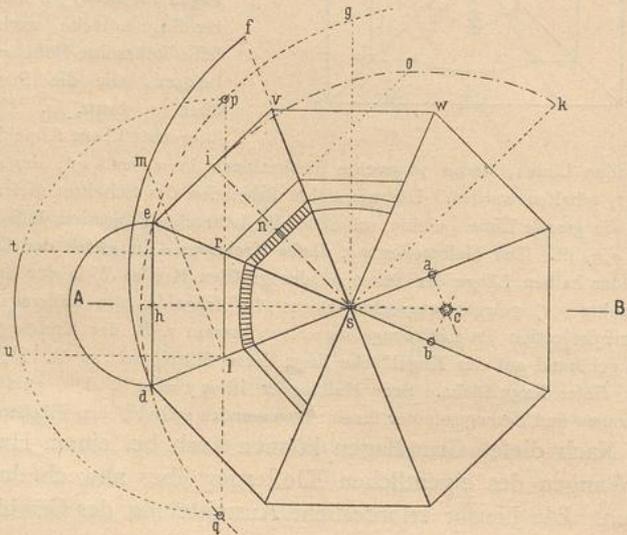
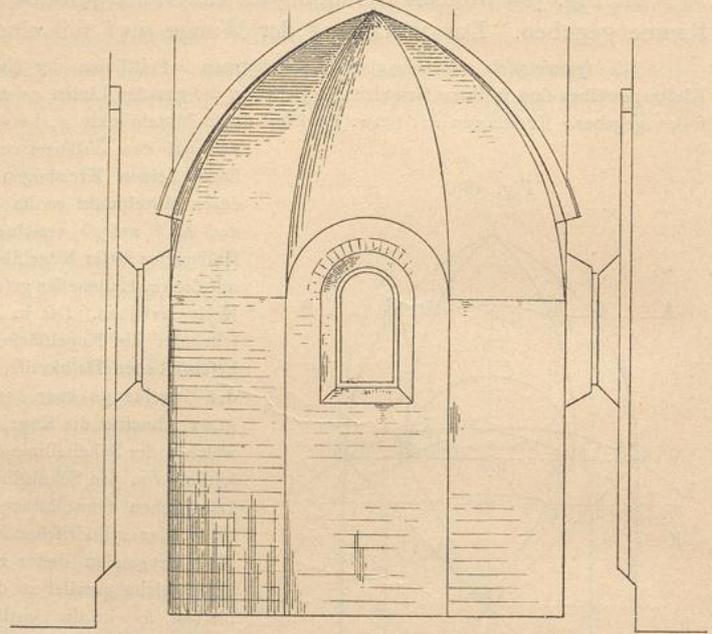
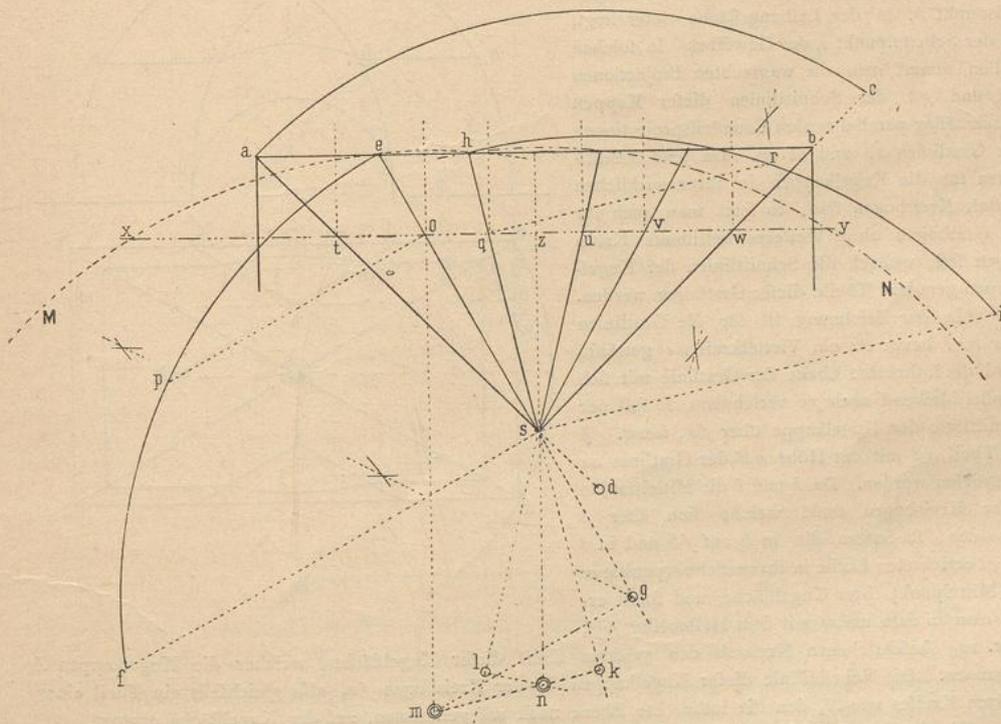
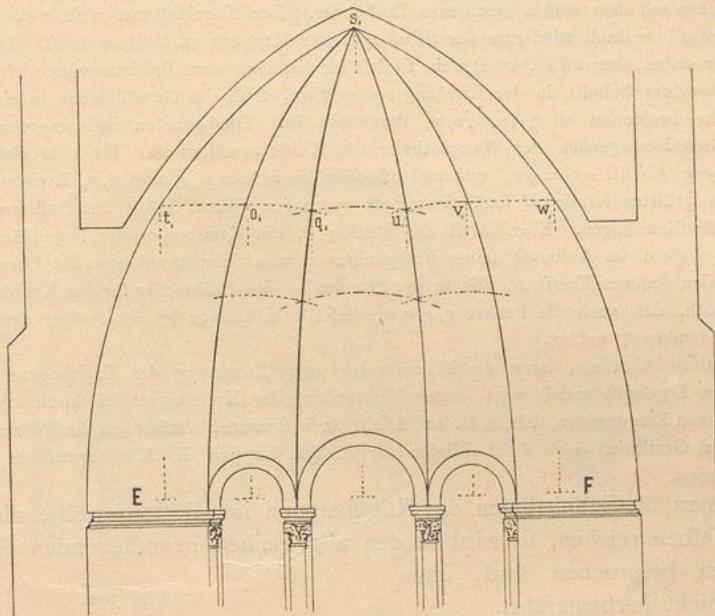


Fig. 391.



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.

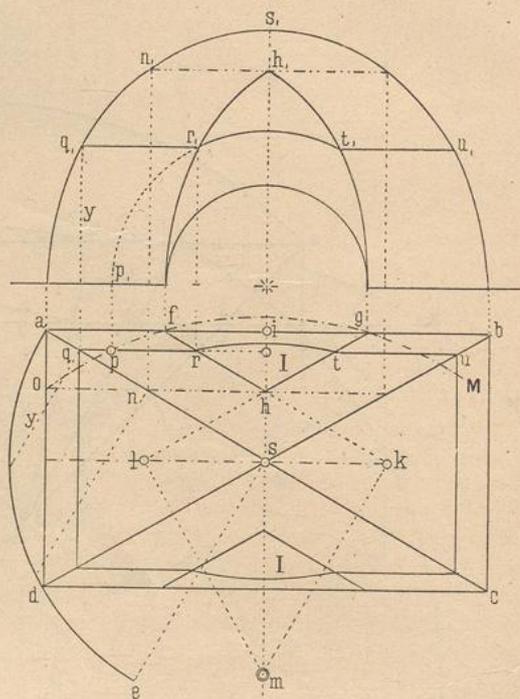
Läßt man die Schnittlinien der Kugelkappen im Klostergewölbe nicht bis zum Scheitel desselben reichen, so wird in den allgemeinen grundlegenden Gestaltungen, wie dieselben besprochen sind, eine Aenderung nicht herbeigeführt.

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

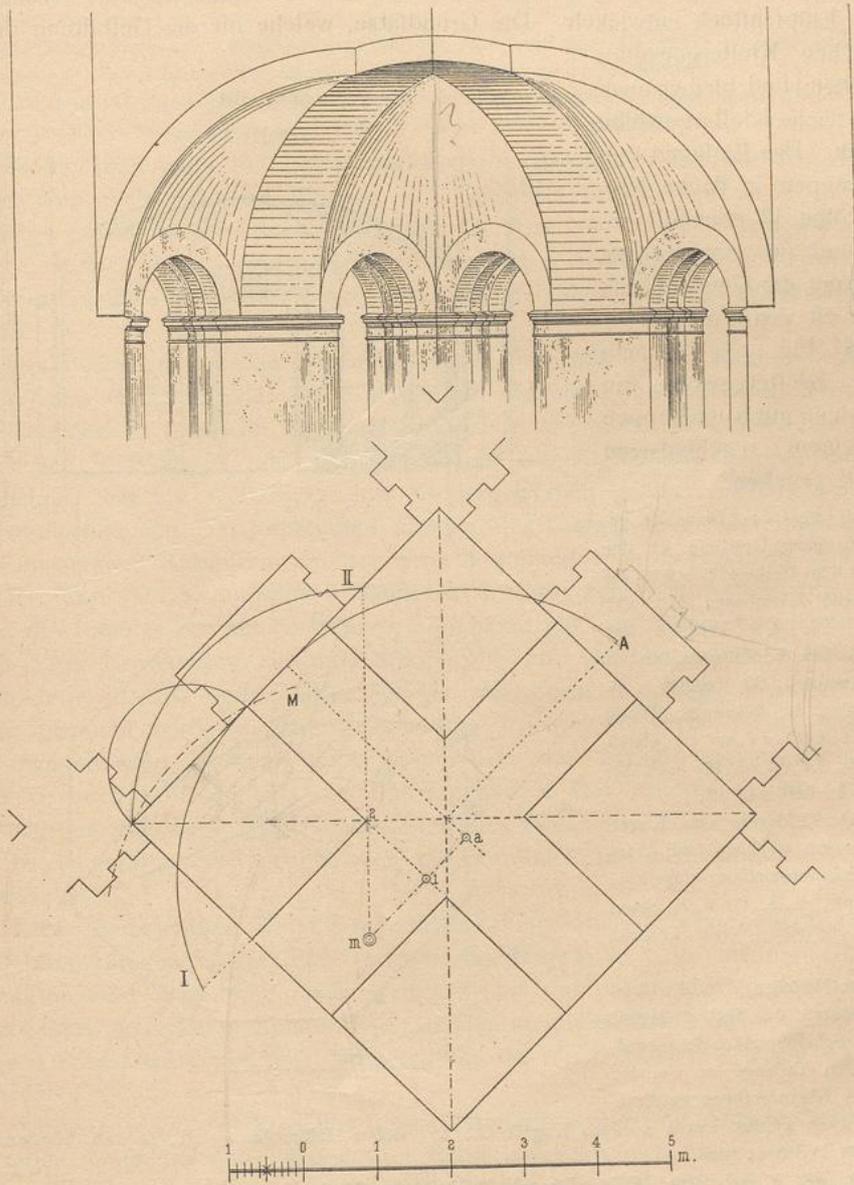
Fig. 392.



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.

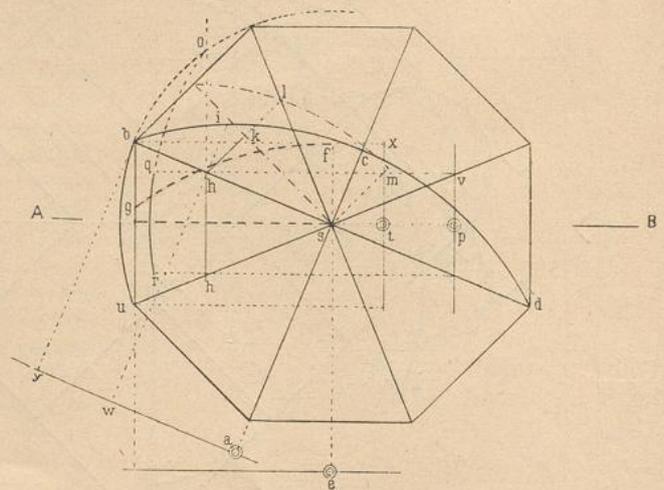
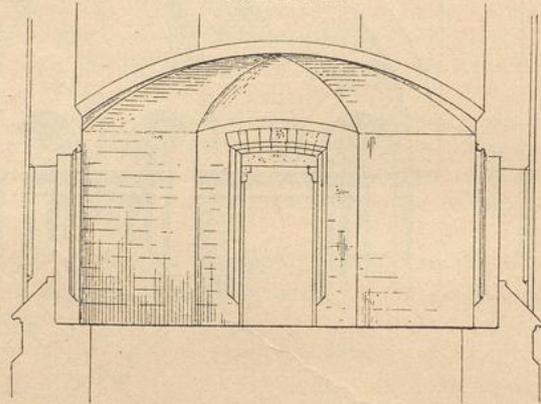
Diese Gratlinie gehört einem größten Kugelkreise an, dessen Halbmesser  $ac$  ist, so daß hierdurch die Kugel- fläche bestimmt wird.

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.

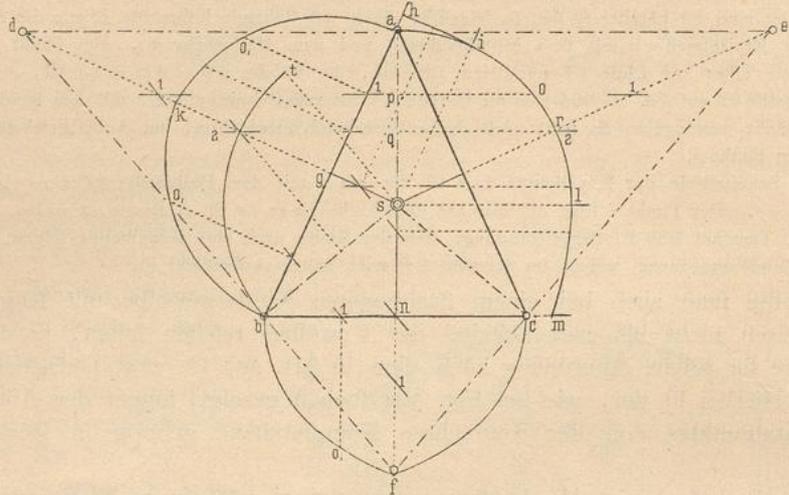
Unter Beibehaltung dieser Grundentwicklung lassen sich die »Klostergewölbe mit Abstumpfungen« oder die »offenen Klostergewölbe« in mannigfachster, in architektonischer Beziehung auch günstiger und ansprechender Weise ausbilden. Ueber einem dreieckigen Raume ist z. B. eine zu dieser Gruppe von Gewölben 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.

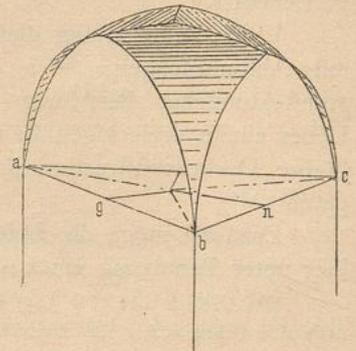
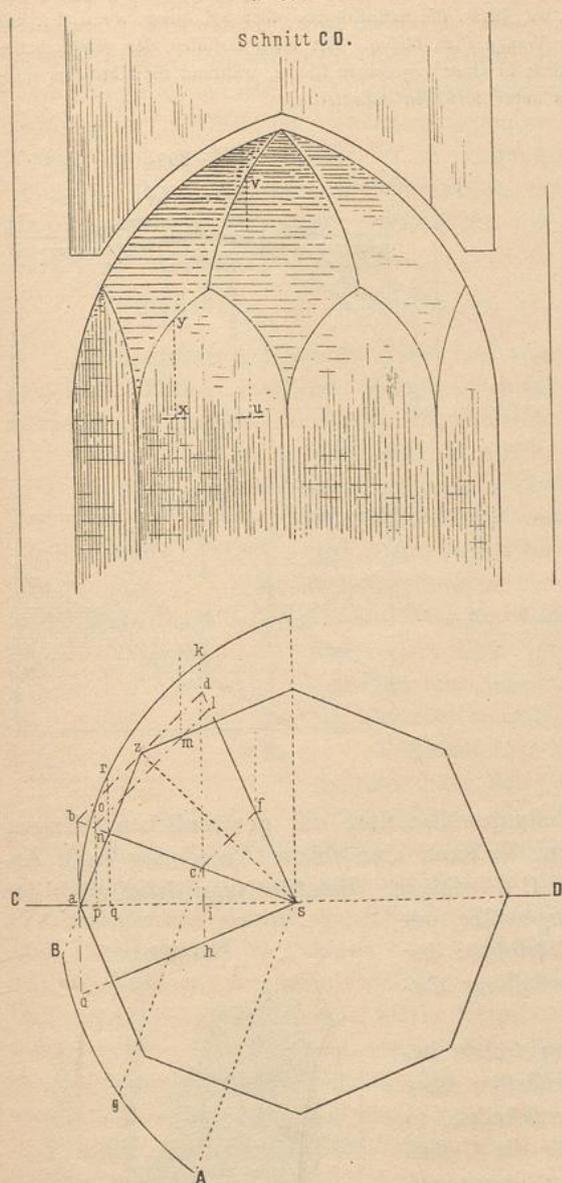


Fig. 397.



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.

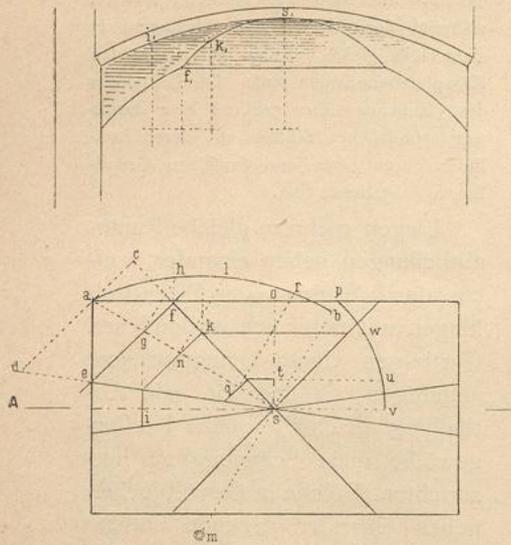
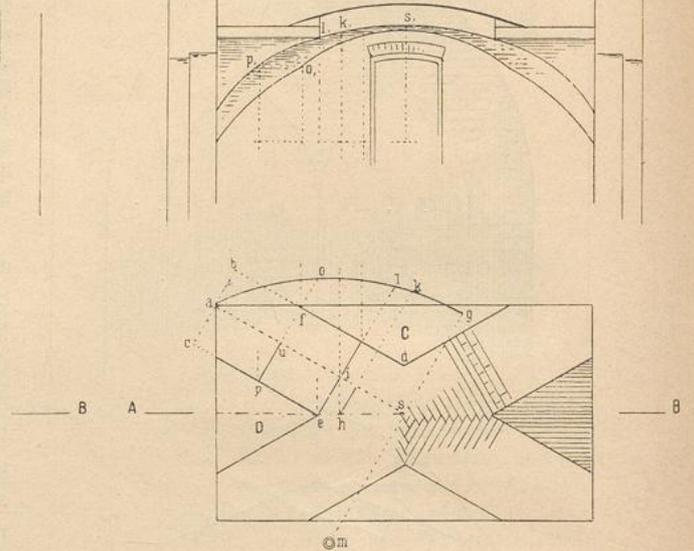


Fig. 399.

Schnitt A B.



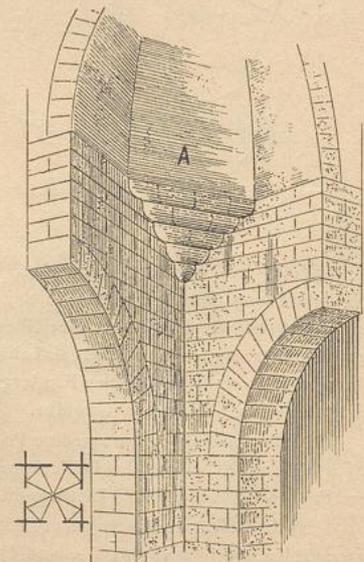
Wünscht man abgestumpfte Klostergewölbe statt mit gewöhnlichen Wangentheilen mit Stichkappen zu verbinden, so kann eine solche Anordnung nach Anleitung von Fig. 399 wie bei  $C, D$  u. f. f. erfolgen. Beachtet man dabei noch das in Art. 133 (S. 164) für das Tonnengewölbe mit Stichkappen Gefagte, so geht 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 Grundriss 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 Grundriffsform ein regelmäfsiges Vieleck von  $n$  Seiten und soll für dieselbe ein Klostergewölbe mit  $2n$ -Wangen angelegt werden, so ist

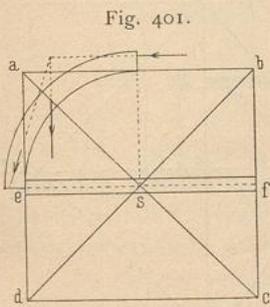
Fig. 400.



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.