

Wölbung ohne Einführung von Kranzschichten mit wagrechten Lagerkanten gestattet, so entspricht diese Anordnung hinsichtlich der Ausmittlung des Fugenschnittes im Allgemeinen dem in Art. 220 (S. 328) Vorgetragenen.

Sollen Chorgewölbe caffettenartig gegliedert werden, so ist das in Art. 382 (S. 529) Gefagte gleichfalls zu befolgen.

Eben so entsprechen ihre Stabilitäts-Untersuchung und die Bestimmung ihrer Gewölbstärke den hierüber beim eigentlichen Kuppelgewölbe gemachten Angaben.

## 17. Kapitel.

### Böhmische Kappengewölbe.

#### a) Gestaltung der böhmischen Kappengewölbe.

Die Laibungsfläche des böhmischen Kappengewölbes entspricht derjenigen einer flachen Stütz- oder Hängekuppel. Im Gegensatz zum preussischen Kappengewölbe, dessen Wölbfläche einem Cylindermantel angehört, besitzt das böhmische Kappengewölbe eine sphärische oder sphäroidische Laibungsfläche.

Das böhmische Kappengewölbe, auch böhmische Kappe, in Oesterreich Platzelgewölbe genannt, kann über regel- oder unregelmäßig gestalteten Grundrissen in Anwendung kommen. Regelmäßige Grundrisse haben aber die einfachere und schönere Entwicklung der Form dieser Gewölbe im Gefolge.

Das böhmische Kappengewölbe ist zur Herichtung einer massiven Decke mit geringer Pfeilhöhe und mäfsiger Stärke vorzüglich geeignet. In

der Regel wird jedoch, um die Gewölbstärke nicht über  $\frac{1}{2}$  Backsteinlänge zu steigern, die größte Gewölbeweite selten über 5 m genommen. Die Pfeilhöhe wird zu  $\frac{1}{8}$  bis  $\frac{1}{12}$ , meistens zu  $\frac{1}{10}$  der Länge der größten Diagonale der Grundrisfigur des zu überwölbenden Raumes gewählt.

Die Stirnbogen, also die an allen Umfangsmauern des Raumes auftretenden Kämpferlinien des böhmischen Kappengewölbes (Fig. 577) sind Flachbogen.

Hierdurch wird die Anlage von größeren Thür- oder Lichtöffnungen in den Widerlagsmauern erleichtert oder auch nach Fig. 578 bei mehrfach an einander gereihten Gewölben die Auflösung der Widerlagsmauern in Eckpfeiler mit dazwischen gespannten Gurtbogen, deren Wöblinien den Stirnbogen *a*, *b* zweckmäßig angepaßt werden, in einfacher Weise möglich.

Für die Darstellung der Laibungsfläche des böhmischen Kappengewölbes ist, abge-

390.  
Form.

Fig. 577.

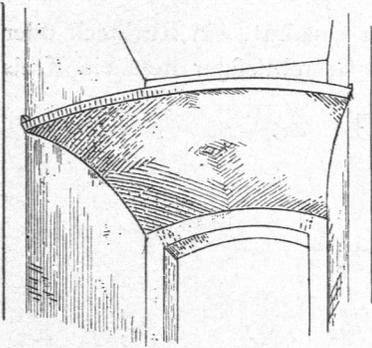
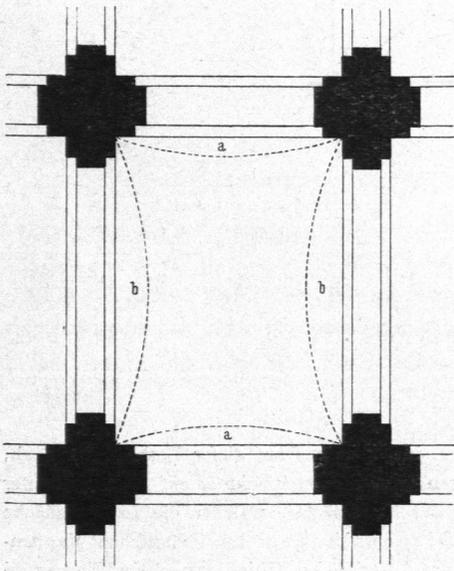


Fig. 578.



391.  
Darstellung.

fehen davon, ob ein Theil einer reinen Kugelfläche oder einer kugelförmigen Fläche als Wölbfläche eingeführt werden soll, die gegenseitige Höhenlage der tiefsten Punkte der Kämpferlinien, also der Kämpfer- oder Fußpunkte des Gewölbes vorzuschreiben. Hierfür gelten folgende Annahmen: die sämtlichen Kämpferpunkte liegen in einer einzigen wagrechten Ebene, der eigentlichen Kämpferebene, oder die Kämpferpunkte liegen in verschiedenen wagrechten Ebenen. Sollen sämtliche Kämpferpunkte in einer schiefen Ebene liegen, so entsteht das steigende böhmische Kappengewölbe. Diesen Annahmen folgend soll die Gestaltung der Laibungsflächen des böhmischen Kappengewölbes näher besprochen werden.

a) Sämtliche Kämpferpunkte liegen in einer wagrechten Ebene.

Die Laibungsfläche soll einem Theile einer Kugelfläche angehören.

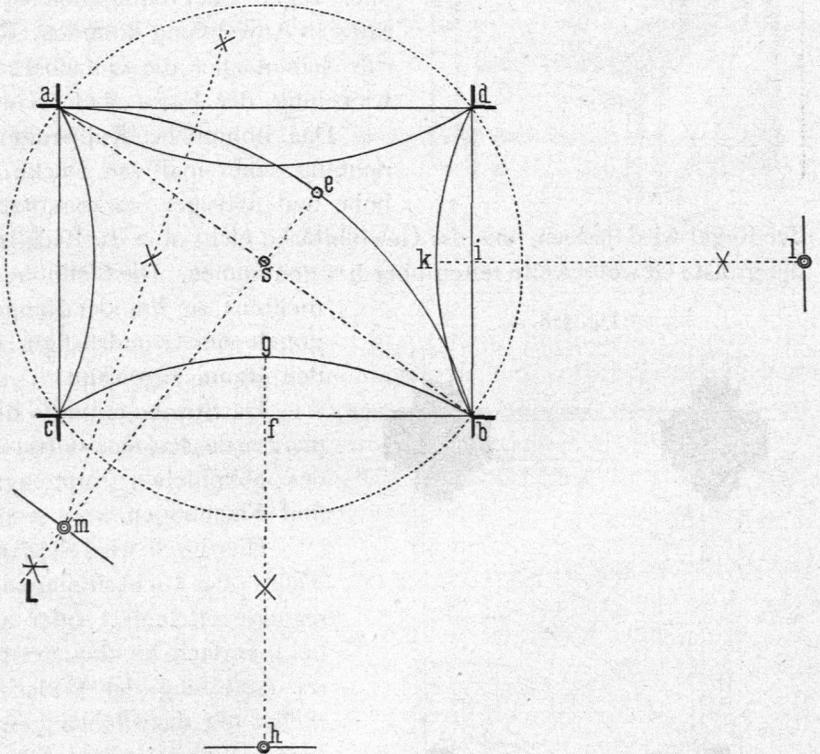
Läßt sich durch die sämtlichen Ecken der Grundrissfigur des zu überwölbenden Raumes ein Kreis legen, welcher als Parallelkreis der ihrem Halbmesser nach noch näher zu bestimmenden Kugelfläche zu gelten hat, so gehört dieser Parallelkreis der wagrechten Kämpferebene des Gewölbes an, und sämtliche Fußpunkte der Kämpferlinien sind Punkte dieses Parallelkreises.

Ist der Grundriss des Gewölbes ein Dreieck, ein Quadrat, ein Rechteck oder ein regelmäßiges Vieleck, so ist durch die Ecken der Grundrissfigur stets ein Kreis zu beschreiben.

Fig. 579.

In Fig. 579 ist das Rechteck  $abcd$  der Grundriss des Gewölbefeldes und  $s$  der Mittelpunkt des durch die Ecken  $a, b, c$  und  $d$  gehenden Parallelkreises. Die beliebig durch  $s$  geführte, hier mit der Diagonalen  $ab$  sich deckende Gerade  $ab$  ist der Durchmesser dieses Parallelkreises irgend einer Kugelfläche.

Der Mittelpunkt dieser Kugelfläche liegt auf einer in  $s$  lothrecht auf der Ebene des Parallelkreises stehenden Geraden  $L$ . Trägt man die frei gewählte Pfeilhöhe  $se$  des Gewölbes auf dieser Lothrechten  $L$  ab, so hat man durch die 3 Punkte  $a, e, b$  einen Kreis zu legen, dessen Mittelpunkt  $m$  auf  $L$  in bekannter Weise zu ermitteln ist. Der Punkt  $m$  ist der Mittelpunkt der Kugelfläche, welcher die Laibungsfläche des Gewölbes angehört. Der Kreisbogen  $aeb$ , der sog. Diagonalbogen des böhmischen Kappengewölbes, ist ein Theil des größten Kreises der ermittelten Kugelfläche. Die lothrechten Ebenen  $eb$



Der Mittelpunkt dieser Kugelfläche liegt auf einer in  $s$  lothrecht auf der Ebene des Parallelkreises stehenden Geraden  $L$ . Trägt man die frei gewählte Pfeilhöhe  $se$  des Gewölbes auf dieser Lothrechten  $L$  ab, so hat man durch die 3 Punkte  $a, e, b$  einen Kreis zu legen, dessen Mittelpunkt  $m$  auf  $L$  in bekannter Weise zu ermitteln ist. Der Punkt  $m$  ist der Mittelpunkt der Kugelfläche, welcher die Laibungsfläche des Gewölbes angehört. Der Kreisbogen  $aeb$ , der sog. Diagonalbogen des böhmischen Kappengewölbes, ist ein Theil des größten Kreises der ermittelten Kugelfläche. Die lothrechten Ebenen  $eb$

392.  
Kugelfläche.

393.  
Rechteckiger  
Grundriss.



wird  $sh$  als gewählte Pfeilhöhe abgetragen und hiernach der Mittelpunkt  $m$  auf  $L$  für den durch die 3 Punkte  $f$ ,  $h$  und  $g$  gehende Kreis bestimmt. Alsdann ist  $mh$  der Halbmesser der für die weitere Gestaltung des Gewölbes maßgebenden Kugelfläche.

Für den Stirnbogen der Seite  $ab$  ist das im Halbierungspunkte  $i$  auf  $ab$  errichtete Loth  $il$  gleich dem Abstände  $sm$  zu nehmen. Der um  $l$  mit dem Halbmesser  $la$  beschriebene Kreisbogen  $akb$  ist sofort der gefuchte Stirnbogen mit der Pfeilhöhe  $ik$ . Der Stirnbogen  $boc$  mit der Pfeilhöhe  $no$  hat den Mittelpunkt  $p$ . Die Länge des in  $n$  auf  $bc$  errichteten Lothes  $np$  ist wiederum gleich  $sm = il$ .

In gleicher Weise sind die Stirnbogen sämtlicher Seiten des Gewölbes auszutragen. Für irgend einen, z. B. von  $s$  nach der Ecke  $b$  ziehenden Wölbbogen ist auf dem in  $s$  auf  $bs$  errichteten Lothe die Strecke  $sq = sm$  zu nehmen, um diesen Wölbbogen in dem mit dem Halbmesser  $qb$  um  $q$  beschriebenen Kreisbogen  $bt$ , dessen Pfeilhöhe  $st$  offenbar gleich  $sh$  werden muß, zu erhalten.

Läßt sich durch die Ecken der vieleckigen Grundrifs-Projection des böhmischen Kappengewölbes kein Kreis legen, sollen aber dennoch die sämtlichen Fußpunkte der Stirnlinien des Gewölbes in feiner wagrechten Kämpferebene bleiben; so ist die Gewölbelaubung wesentlich nur als kugelförmige Fläche zu gestalten.

In Fig. 581 sind die Grundzüge für das Austragen der Stirnbogen, bzw. der vom Scheitel nach den Ecken des Gewölbes ziehenden Wölbbogen bei dem als unregelmäßiges Viereck  $abcd$  angenommenen Grundriffe enthalten.

Zunächst wird die wagrechte Projection  $s$  des Scheitelpunktes des Gewölbes bestimmt. In der Regel wählt man hierfür den Schwerpunkt der Grundrifsfläche. Nimmt derselbe jedoch eine Lage an, welche für die von ihm nach den Ecken  $a, b, c, d$  gezogenen Strahlen von einander sehr stark abweichende Längen ergeben würde, so verlegt man den Punkt  $s$  zur Ausgleichung dieser Längenunterschiede in entsprechender Weise.

Sodann legt man die Stirnlinien des Gewölbes auf folgendem Wege fest. Sämtliche Stirnlinien sind flache Kreisbogen. Ihre Pfeilhöhen stehen im geraden Verhältnisse zu ihren Sehnenlängen. Man wählt für irgend eine Seite, z. B.  $ad$ , einen flachen Kreisbogen mit der Pfeilhöhe  $re$ . In einem Hilfsplane wird unter Benutzung der Schenkel eines beliebigen, hier rechten Winkels  $404'$  ein Stück  $o1$  gleich der halben Länge  $a1$  der Seite  $ad$  auf dem einen Schenkel  $o4$ , die Strecke  $o1'$  gleich der Pfeilhöhe  $re$  der Stirnlinie der Seite  $ad$  dagegen auf dem anderen Schenkel  $o4$  abgetragen und die gerade Linie  $11'$  gezogen. Zur Bestimmung der Pfeilhöhe  $2f$  der Stirnlinie der Seite  $ab$  wird dieselbe im Punkte  $2$  halbiert, die Länge  $a2$  von  $o2$  auf dem Schenkel  $o4$  abgetragen und durch den Endpunkt  $2$  dieser Strecke eine Parallele  $22'$  zu  $11'$  geführt. Der Abschnitt  $o2'$  des Schenkels  $o4'$  giebt die gefuchte Pfeilhöhe  $2f$  der Stirnlinie der Seite  $ab$ . Diese Stirnlinie ist der durch die 3 Punkte  $a, f$  und  $b$  gelegte Kreisbogen.

Die Stirnlinien der übrigen Seiten  $bc$  und  $cd$  sind nach demselben Verfahren zu zeichnen.

Von weiterer besonderer Bedeutung für die Gestaltung der Laubungsfläche des Gewölbes ist die passende Wahl der durch den höchsten Punkt irgend einer Stirnlinie und den Gewölbefcheitel gehenden Wöblinie. Zweckmäßig wird hierfür ein Kreisbogen gewählt; seine Pfeilhöhe ist größer zu nehmen, als die bereits bestimmte Pfeilhöhe des weitesten Stirnbogens anzeigt.

Je nachdem nun von vornherein eine bestimmte Pfeilhöhe für das Gewölbe vorgeschrieben ist oder nicht, können folgende Bestimmungen für die durch den Gewölbefcheitel gehende Wöblinie getroffen werden.

Bleibt der Gewölbepfeil noch willkürlich, so legt man der Richtung der längsten Seite der Grundrifsfigur, z. B.  $cd$ , entsprechend, eine Gerade  $A$  durch  $s$  und durch den Halbierungspunkt  $r$  oder  $3$  der mit dieser längsten Seite zusammentreffenden Seiten  $da$  oder  $cb$ . In der Zeichnung ist der Punkt  $r$  angenommen. Die Gerade  $A$  soll in der wagrechten Kämpferebene liegen und als Spur einer lothrechten Ebene angesehen werden, welche in ihrem Schnitte mit der Gewölbfläche die vorhin erwähnte Wöblinie als Kreisbogen liefern soll.

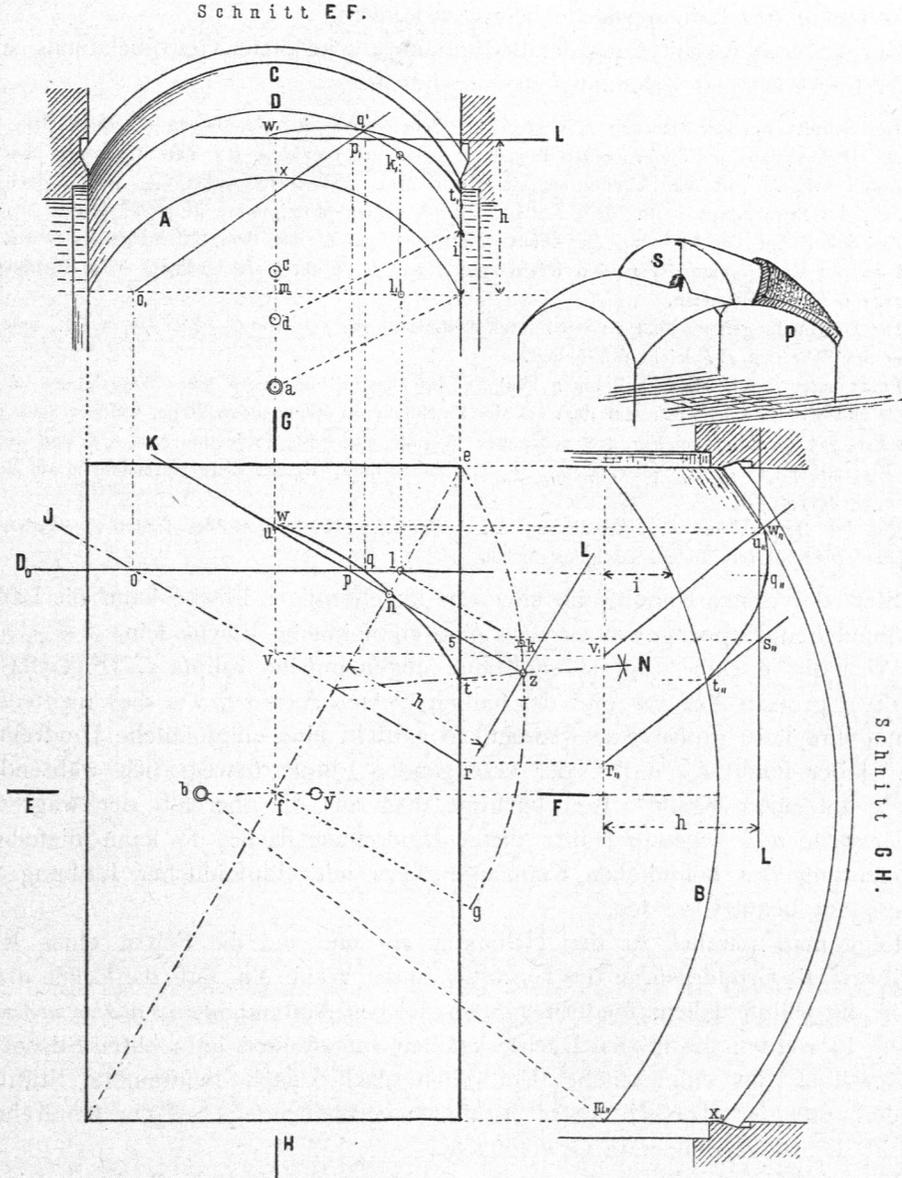
Die Ebene schneidet den Stirnbogen der Seite  $ad$  in  $e$  und den Stirnbogen der Seite  $bc$  in  $x$ . Errichtet man in  $r$  und  $3$  Lothe auf  $A$ , nimmt man  $rm = re$  und  $kl = kx$ , so sind  $m$  und  $l$  zwei feste Punkte der gefuchten, bis zur Kämpferebene niedergedrehten Wöblinie. Projicirt man parallel zur





kann man durch die 3 Punkte  $i, l, v$  einen Kreisbogen  $E$  mit dem Mittelpunkte  $e$  legen, welcher als Erzeugende der kugelförmigen Laibung des Gewölbes für die Ebene  $I$  auftritt. Genau so find für verschiedene, parallel zur schmalen Rechtecksseite aufgestellte lothrechte Ebenen die zugehörigen Wöblinien oder Erzeugenden der Wöblfläche zu bestimmen. Für das Austragen des Diagonalbogens  $rx$  über  $qx$  ist sofort  $qr = ks$  und  $dp = on$ , wie aus der Zeichnung zu ersehen, zu verwenden.

Fig. 583.



Eine zweite Art der Gestaltung kugelförmiger Gewölbelaibung für böhmische Kappengewölbe, deren Stirnbogen gleich große Pfeilhöhen erhalten sollen, kann bei rechteckigem Grundrisse in vorteilhafter Weise nach Fig. 583 zur Anwendung kommen.

Die Stirnbogen der Rechtecksseiten sind als flache Kreisbogen  $A$ , bzw.  $B$  mit gleicher Pfeilhöhe  $mx$  gewählt. Läßt man den Stirnbogen  $A$ , stets in einer loth-

397.  
Anordnung  
II.

rechten Ebene parallel mit der schmalen Rechtecksseite bleibend, auf den Stirnbogen  $B$  der langen Seiten stetig vorrücken, wie der Plan  $P$  mit der Scheibe  $S$ , deren obere Begrenzung dem Stirnbogen  $A$  entsprechen würde, näher angeht, so entsteht eine besondere Gewölbelaibung, deren Eigenschaften für die Ausführung des böhmischen Kappengewölbes nicht ungünstig sind.

Eben so hätte man auch umgekehrt den Stirnbogen der langen Rechtecksseite zur Erzeugung der Laibungsfläche benutzen können.

Zur weiteren Ausmittlung der Bestimmungstücke dieser Gewölbelaibung ist das Nöthige sofort aus der Zeichnung zu entnehmen.

Der Schnitt in der Richtung  $EF$  giebt als Scheitellinie den Kreisbogen  $C$  gleich dem Kreisbogen  $A$ . Der Abstand  $ac$  dieser beiden Bogen ist gleich der Pfeilhöhe  $mx$  der Stirnbogen überhaupt. Im Schnitte nach  $GH$  ist die Scheitellinie ein Kreisbogen, dessen Halbmesser  $yx$ , gleich dem Halbmesser  $bm$ , des Stirnbogens  $B$  ist. Der Abstand  $by$  der beiden Mittelpunkte ist gleich  $mx = m, x$ .

Ein Schnitt in der Richtung  $D_0$  liefert den Kreisbogen  $D$  mit dem Halbmesser  $di = ax$ . Der Abstand  $ad$  der Mittelpunkte der beiden Kreisbogen  $A$  und  $D$  ist durch die Ordinate  $i$  des Stirnbogens  $B$  im Schnitte  $GH$  zu bestimmen.

Der Diagonalbogen  $ge$  über  $fe$  wird durch Ordinaten, wie  $fg = mC$ ,  $lk = l, k$ , u. f. f., unter Verwerthung des Schnittes  $EF$  leicht fest gelegt.

Führt man durch einen beliebigen Punkt  $z$  des Diagonalbogens  $ge$  eine Normalebene mit den Spuren  $N$  und  $\mathcal{F}r$ , so erhält man auf dem aus der Zeichnung zu erkennenden Wege, welcher auch bereits z. B. in Art. 305 (S. 444) bei Fig. 508 angegeben ist, die wagrechte Projection  $t, n, q, w$  und die lothrechten Projectionen  $t, q, w$ , bezw.  $t, q, w$ , der Schnittlinie, welche diese Normalebene auf der Gewölbelaibung hervorruft.

Bei der Besprechung der Ausführung des böhmischen Kappengewölbes (unter c) werden diese Schnittlinien noch weitere Berücksichtigung finden.

Statt der reinen Kugelfläche oder der kugelförmigen Fläche kann die Laibung des böhmischen Kappengewölbes auch eine ellipsoidische Fläche sein.

Wird die in einer wagrechten Ebene angenommene Ellipse  $G$  (Fig. 584) mit der halben großen Axe  $mo$  und der halben kleinen Axe  $ml$ , wie dies meistens der Fall, um ihre feste große Axe gedreht, so entsteht eine ellipsoidische Umdrehungsfläche. Jeder Punkt  $l, I$  u. f. f. der erzeugenden Ellipse bewegt sich während der Drehung auf einem Kreise. Berücksichtigt man nur die oberhalb der wagrechten Meridianebene  $nE$  liegende Hälfte dieser Umdrehungsfläche, so kann dieselbe für die Gestaltung des böhmischen Kappengewölbes mit ellipsoidischer Laibung ohne Schwierigkeit benutzt werden.

Legt man parallel zu den Halbachsen  $mo$  und  $ml$  die Seiten eines Rechteckes  $abcd$  als Grundrissfigur des Gewölbes in der Weise ein, daß die Ecken  $a, b, c, d$  nicht in die Ellipse fallen, sondern von  $m$  gleichen Abstand  $ma = mb = mc = md$  erhalten, so werden die in den Rechtecksseiten aufgestellten lothrechten Stirnebenen des Gewölbes die ellipsoidische Umdrehungsfläche nach bestimmten Stirnlinien schneiden, und der oberhalb dieser Stirnlinien verbleibende Theil der Umdrehungsfläche ist die zu verwendende Gewölbfläche.

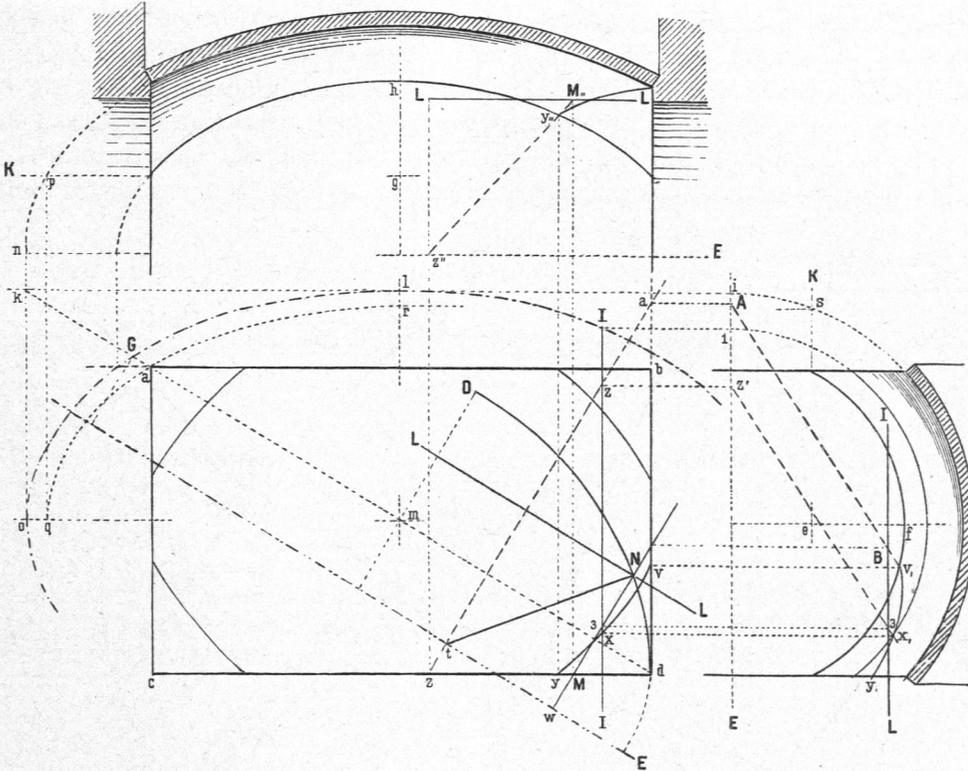
Ist  $abcd$  das gegebene Rechteck, so sei für die schmale Rechtecksseite  $bd$ , bezw.  $ac$  ein flacher Kreisbogen mit der Pfeilhöhe  $ef$  in Rücksicht auf die Kämpferebene gewählt. Die Scheitellinie in der lothrechten Ebene  $ml$  ist als ein zum Stirnbogen concentrischer Kreisbogen zu nehmen. Gehörig erweitert, trifft diese Scheitellinie die Kämpferebene  $K$  in  $s$  und die wagrechte Meridian- oder jetzt die Grundebene in  $i$ . Erweitert man in der Grundebene die Diagonale  $da$  des gegebenen Rechteckes, zieht man durch  $i$  die Gerade  $ik$  parallel zu  $ab$  und hierauf  $ko$  parallel zu  $ac$ ,

so erhält man in  $ml$  die halbe kleine Axe und in  $mo$  die halbe große Axe der erzeugenden Ellipse  $G$ , welche hiernach in der Meridianebene der Umdrehungsfläche gezeichnet werden kann. Nunmehr sind alle Stücke gegeben, um die ellipsoidische Laibung des Gewölbes zu bilden.

Der Stirnbogen der Seite  $ab$  ist ein leicht darzustellendes Ellipfenstück mit der Pfeilhöhe  $gh = ef$ . Die Scheitellinie in der Richtung  $mo$  entspricht der erzeugenden Ellipse. Aus der Zeichnung ist hierfür das Nähere sofort ersichtlich.

Auch der Diagonalbogen  $D$  gehört einem Ellipfenstücke an. Die halbe große Axe für die erforderliche Ellipse des Diagonalbogens ist gleich  $mG$ , und die halbe kleine Axe ist wiederum gleich  $ml$ .

Fig. 584.



Der für den Diagonalbogen  $D$  gezeichnete Normalschnitt der Normalebene mit den Spuren  $Nt$  und  $ta$  liefert auf der Gewölbfläche die Curve, deren wagrechte Projection  $vxy$  und deren lothrechte Projection  $v, x, y$ , in bekannter Weise mit Hilfe der lothrechten Schnitte nach  $bd$ ,  $II$  und  $ab$ , so wie der wagrechten Geraden  $L$ , wie aus der Zeichnung hervorgeht, zu finden ist.

Bemerkt sei noch, dass in der Kämpferebene durch die Ecken  $a, b, c, d$  eine Ellipse gelegt werden kann, deren halbe große Axe in  $mq$ , deren halbe kleine Axe in  $mr$  erhalten wird.

β) Die Kämpferpunkte liegen in verschiedenen wagrechten Ebenen.

Böhmische Kappengewölbe mit ungleich hoch gelegenen Fußpunkten der Stirnlinien zeigen meistens kein schönes Aussehen. Ist man genöthigt, über unregelmäßigen Grundrissen mehr untergeordneter Räume das böhmische Kappengewölbe als Raumdecke zu verwenden, so ist es angezeigt, einen Theil der reinen Kugelfläche als Laibungsfläche des Gewölbes zu benutzen und von der ellipsoidischen Fläche ganz abzuftelen.



Um den Stirnbogen der Seite  $ae$  auszutragen, erweitert man  $ae$ , bis der größte Kreis  $G$  in  $f$  und  $g$  geschnitten wird. Der um  $t$  beschriebene Halbkreis  $ghif$  ergibt in  $hi$  die gefuchte Stirnlinie. Der Punkt  $t$  ist bekanntlich auch der Fußpunkt des von  $s$  auf  $ae$  gefällten Lothes.

Auf demselben Wege sind die sämtlichen Stirnlinien zu ermitteln. Die Seiten  $ae$ ,  $em$  u. f. f. können für die einzelnen Stirnlinien ohne Weiteres als in der Grundebene  $G$  liegend betrachtet werden, so daß  $ah = ad = ak$ ,  $ei = el$ ,  $mn = mo$ ,  $pr = pq$  gefunden und hiernach die gegenfeitige Höhenlage der Fußpunkte der an den Ecken des Gewölbes zusammentretenden Stirnlinien bestimmt wird. Die Wölblinien über  $se$  und  $sm$  sind gleichfalls mit Hilfe des größten Kreises  $G$  auf dem beschriebenen Wege zu erhalten.

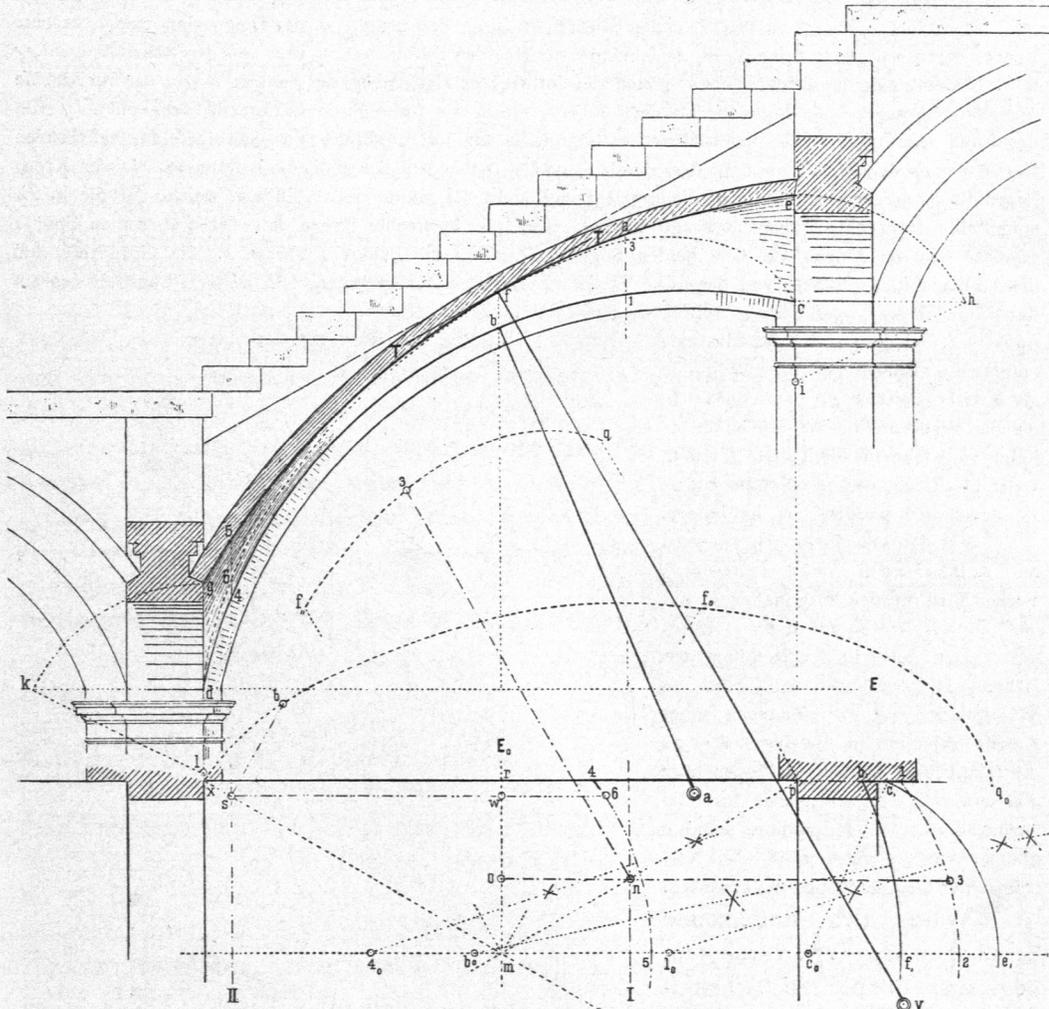
γ) Die Kämpferpunkte liegen in einer schiefen Ebene.

Bei ansteigenden böhmischen Kappengewölben, welche meistens nur über rechteckigem oder quadratischem Gewölbefelde ausgeführt werden, liegen die Fußpunkte der beiden ansteigenden Stirnbogen in einer schiefen Ebene, während die Fußpunkte der anderen beiden Stirnbogen je für sich in einer wagrechten Ebene enthalten sind. Die Laibungsflächen dieser Gewölbe werden kugelförmig gestaltet.

Entsprechend der für die Hauptfcheitellinie  $ge$  fest gelegten Tangente  $TT$ , deren Richtung einer vorweg bestimmten Steigungslinie, z. B. derjenigen eines

400.  
Steigende  
böhmische  
Kappen:  
Anordnung  
I.

Fig. 586.



Treppenlaufes in Fig. 586, zugewiesen ist, wird auf dem in  $f$  auf  $TT$  errichteten Lothe  $fv$  der Punkt  $v$  aufgefucht, welcher als Mittelpunkt für den durch den festen Punkt  $g$  und den Berührungspunkt  $f$  gehenden Kreisbogen  $gfe$  gilt. Der Punkt  $f$  ist vorweg als lothrechte Projection des Schnittes  $m$  der Diagonalen des rechteckigen Gewölbefeldes auf  $TT$  zu bestimmen. Der Punkt  $g$  ist seiner Lage nach durch den gewählten Stirnbogen  $gk$  mit dem Halbmesser  $lk$  und der Pfeilhöhe  $dg$  bekannt.

Der Scheitelbogen  $gfe$  trifft die Stirnseite  $ie$  in  $e$ . Dieser Punkt ist Scheitelpunkt des Stirnbogens an der oberen schmalen Rechtecksseite. Dieser Stirnbogen besitzt, wie der Bogen  $gk$ , die Pfeilhöhe  $ec = dg$  und den Halbmesser  $ih = lk$ . Durch die Punkte  $d$  und  $c$  sind die Fußpunkte der ansteigenden Stirnlinie des Gewölbes nunmehr gegeben. Wählt man auf der Lothrechten  $mf$  die an sich sonst beliebige Höhe  $bf$  derart, daß  $b$  mächtig tiefer als  $c$  fällt, so ist durch die 3 Punkte  $c, b, d$  der als ansteigende Stirnlinie auftretende Kreisbogen zu legen. In der Zeichnung ist  $a$  sein Mittelpunkt.

Hierdurch sind alle für die Gestaltung des ansteigenden böhmischen Kappengewölbes mit kugelförmiger Laibung erforderlichen Grundlagen geschaffen. Von Wichtigkeit ist das Austragen der Wölblinien oder Diagonalbogen über  $xm$  und  $pm$ .

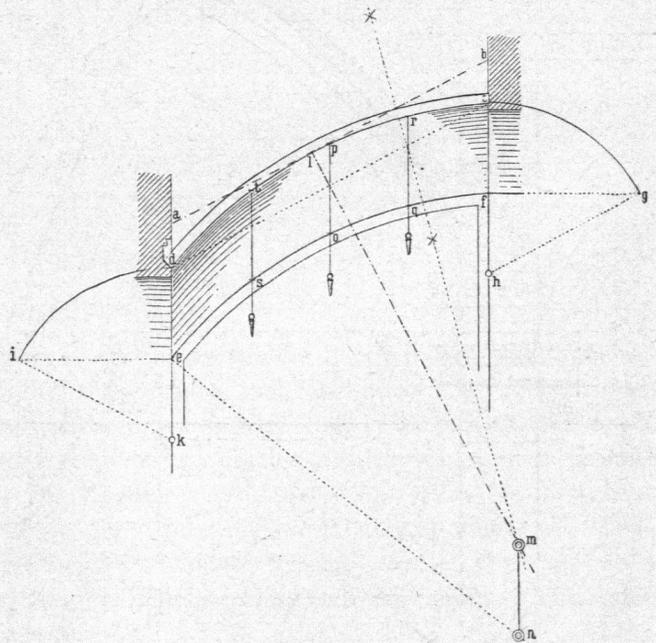
Legt man parallel zu den schmalen Stirnseiten durch den Schnitt  $m$  der Diagonalen eine lothrechte Ebene, deren wagrechte Spur  $E_0$  ist, so schneidet dieselbe den Stirnbogen  $cd$  in  $b$  und den Scheitelbogen  $ge$  in  $f$ . Nimmt man im Grundrisse  $rb$ , gleich der lothrechten Entfernung des Punktes  $b$  von der im Aufrisse gezeichneten wagrechten Linie  $E$  und eben so  $mf$ , gleich der lothrechten Entfernung des Punktes  $f$  von der Linie  $E$ , so kann man unmittelbar im Grundrisse auf der die Breite des Gewölbefeldes halbirenden Geraden  $mf$ , den Mittelpunkt  $b_0$  des durch  $b$ , und  $f$ , gehenden Kreisbogens bestimmen. Dieser Kreisbogen ist in die wagrechte Ebene niedergelegt und giebt die Hälfte der Wölblinie, welche für die in  $E_0$  aufgestellte lothrechte Ebene in Frage kommt. Für die lothrechte Ebene mit der wagrechten Spur  $I$  ergeben sich im Aufrisse auf den beiden Bogen  $cd$  und  $eg$  die Punkte  $1$ , bezw.  $2$ . Im Grundrisse sind die Abstände dieser Punkte von der Linie  $E$  als  $r1$ , bezw.  $m2$  abgetragen, und weiter ist mittels des auf der Geraden  $mf$ , gefundenen Mittelpunktes  $b_0$  wiederum die für die in  $I$  aufgestellte Ebene geltende Wölblinie als Kreisbogenstück  $12$  gezeichnet. In gleicher Weise sind die Wölblinien für beliebig viele schneidende Ebenen  $II$  u. f. f., welche lothrecht und parallel zur Ebene  $E_0$  genommen werden, zu bestimmen.

Für den Diagonalbogen  $xm$  wird nun z. B.  $sb = wb$  und  $mf_0 = mf$ . Ferner wird für den Diagonalbogen  $pm$   $mf_{11} = mf$ ,  $n3 = o3$  und  $pq = rc$ .

Der ganze in der Richtung  $xm$  ziehende Diagonalbogen ist hiernach als Wölblinie  $xbf_0g_0$  zu bestimmen. In der Aufriss-Projection ist die Curve  $dbf_3c$  die Darstellung der Diagonalbogen über  $xm$  und  $mp$ . Je zahlreicher man die vorhin erwähnten lothrechten Schnitte nimmt, um so genauer ist das Austragen der Diagonalbogen zu bewirken.

Wäre der ansteigende Stirnbogen  $dbc$  von vornherein gegeben, so ist die Scheitel-

Fig. 587.



linie *ge* in passender Weise zu wählen. Hierdurch tritt aber im Festlegen der Wölbfläche an sich keine wesentliche Aenderung der beschriebenen Mafnahmen ein.

Eine andere Gestaltung der Laibungsfläche des ansteigenden böhmischen Kappengewölbes ist in Fig. 587 veranschaulicht. Dieselbe entspricht vollständig den in Art. 397 (S. 539) gegebenen Anordnungen. Der Stirnbogen der schmalen Rechtecksseite wird, wie dort erklärt, einfach stets sich parallel bleibend und lothrecht stehend an den beiden aufsteigenden Stirnbogen der langen Rechtecksseiten fortgeführt. Derart gestaltete Laibungsflächen sind für die Ausführung der ansteigenden böhmischen Kappengewölbe zu empfehlen, weil dieselben unter Benutzung von Rutfchbogen, welche bereits in Art. 160 (S. 230) Erwähnung gefunden haben, gewölbt werden können.

401.  
Anordnung  
II.

### b) Stärke der böhmischen Kappengewölbe und ihrer Widerlager.

Das böhmische Kappengewölbe gehört der Gruppe der Kuppelgewölbe an. Die Gesichtspunkte, welche bei der Ermittlung der Stärke dieser Gewölbe nebst ihren Widerlagern zu beobachten sind, bleiben auch beim böhmischen Kappengewölbe bestehen, gleichgiltig ob die Laibungsfläche als reine Kugelfläche oder als kugelförmige Fläche ausgebildet ist.

402.  
Stabilität  
der  
Kappen.

Die Stärke der böhmischen Kappen ist bei den üblichen in Wohnräumen vorkommenden Belastungen und ihren an sich mäßigen Spannweiten selten größer als  $\frac{1}{2}$  Backsteinlänge. Bei besonders großen Spannweiten, bzw. bei erheblich starken Belastungen ist die Vornahme der statischen Unterfuchung der Kappen und die darauf gestützte Berechnung der Gewölbstärke zu empfehlen.

Diese Unterfuchung und Bestimmung der Gewölbstärke ist ganz nach den Angaben auszuführen, welche in Art. 322 bis 325 (S. 469 bis 476) für die bußigen Gewölbkappen gothischer Kreuzgewölbe enthalten sind.

Mögen Gurtbogenstellungen oder geschlossene Umfangsmauern als Widerlagskörper des böhmischen Kappengewölbes in Anwendung gebracht werden, so richtet sich die Stabilitätsunterfuchung dieser Stützkörper wiederum zunächst nach den in Art. 328 (S. 479) gegebenen Erörterungen. Die hierdurch bekannt gewordenen äußeren angreifenden Kräfte, welche vom Gewölbe auf die Widerlager übertragen werden, sind sodann im Sinne des in Art. 256 bis 258 (S. 378 bis 381) bei der Prüfung der Standfähigkeit der Stützkörper Vorgeführten in Betracht zu ziehen.

403.  
Stabilität  
der  
Widerlager.

In den meisten Fällen der praktischen Ausführung des böhmischen Kappengewölbes können die durch Erfahrung fest gestellten Abmessungen der Gewölbstärke und der Stärke der Widerlager beibehalten werden.

404.  
Empirische  
Regeln:  
Stärke  
der  
Kappen.

Wird die Pfeilhöhe des böhmischen Kappengewölbes nahezu gleich  $\frac{1}{10}$  der Diagonale der Grundriffsfigur genommen, so ist die Gewölbstärke bis 5 m Spannweite gewöhnlich gleich  $\frac{1}{2}$  Backstein. Bei größerer Spannweite, welche aber 7 m selten überschreitet, wird die Pfeilhöhe zweckmäßig zu  $\frac{1}{7}$  bis  $\frac{1}{8}$  der Diagonale fest gesetzt und die Gewölbstärke am Scheitel zu  $\frac{1}{2}$  Backstein, am Widerlager bis zu 1 Backstein angenommen. Dabei ist eine Ausmauerung der Gewölbzwickel anzurathen.

Die Stärke der Widerlager beträgt bei der üblichen Höhe derselben etwa  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{5}$  der größten Spannweite des Gewölbes, nie aber unter  $2\frac{1}{2}$  Stein. Treten mehrere, durch Gurtbogen von einander geschiedene, vollständig gleichartig gestaltete böhmische Kappengewölbe in Reihen neben einander auf, so genügen meistens 1  $\frac{1}{2}$  Stein breite und 1  $\frac{1}{2}$  bis 2 Stein starke Gurtbogen.

405.  
Widerlags-  
stärke.

## c) Ausführung der böhmischen Kappengewölbe.

406.  
Material.

Als Wölbmaterial für das böhmische Kappengewölbe werden fast ausschließlich Backsteine und gut bindender Mörtel benutzt.

407.  
Einrüstung.

Das Einwölben erfolgt freihändig. Beim Wölben dienen als Lehre nur aus leichten Brettern angefertigte Wölfscheiben, welche vom Scheitel nach den Ecken des Gewölbes aufgestellt, als fog. Diagonalbogen die allgemeine Gestaltung der Gewölbfläche anzeigen. An den Widerlagskörpern werden die Stirnlinien oft nur mit Kohle oder Kreide genau vorgezeichnet und die Widerlagsflächen hier mäfsig eingearbeitet, so daß dieses System der Stirnlinien in Gemeinschaft mit den Diagonalbogen, bezw. Wölfscheiben hinreichende Mittel zur richtigen Ausführung der Wölbung gewährt. Nur in besonderen Fällen werden auch aufer den Diagonalbogen noch leichte Wölfscheiben, vom Scheitel aus rechtwinkelig nach den Widerlagern gerichtet, aufgestellt.

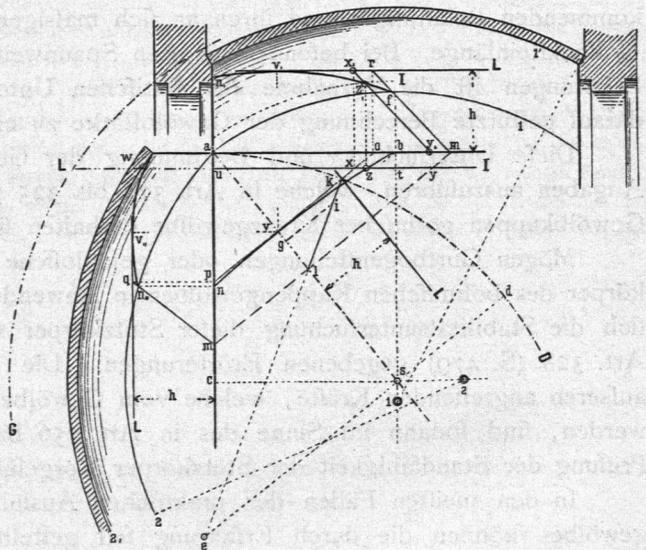
Das Einwölben erfolgt aus allen Gewölbeecken gleichzeitig nach Art des Schwalbenschwanz-Verbandes in einzelnen von den Stirnlinien des Gewölbes freihändig über die Diagonalbogen hinweggeführten Schichten mit Backsteindicke und  $\frac{1}{2}$  Stein, bezw. 1 Stein Höhe. Gut bindender Mörtel bedingt die möglichst innige Verkitung der sorgfältig beim Vermauern angehöften Steine. Zuletzt bleibt eine nahezu quadratische Oeffnung für das Einsetzen des Schlusssteins.

Genau genommen sollen die Lagerkanten der einzelnen Wölfschichten stets in Normalen zu den Diagonalbogen liegen. In Fig. 588 ist für das böhmische Kappengewölbe über rechteckigem Grundrifs mit den Stirnlinien  $Ia$ ,  $2a$  und dem Diagonalbogen  $D$  für die Normalebene mit den Spuren  $xl$  und  $mm$  nach der in Art. 305

(S. 444) gegebenen Anleitung und auf dem aus der Zeichnung deutlich zu entnehmenden Wege die Darstellung der wagrechten Projection  $nvzb$  und der lothrechten Projectionen  $fz, v, n$ , bezw.  $n, v, w$  der zugehörigen Lagerkante vorgenommen. Würde für das Wölbgebiet  $absc$  eine Schaar solcher Lagerkanten bestimmt und diese Schaar in symmetrischer Anordnung auf die noch übrigen drei Wölbgebiete übertragen, so hätte man die Grundlage, um für das etwa im Rohbau mit farbigen Steinen in bestimmter Mufferung auszuführende Gewölbe eine streng richtige Bauzeichnung anfertigen zu können.

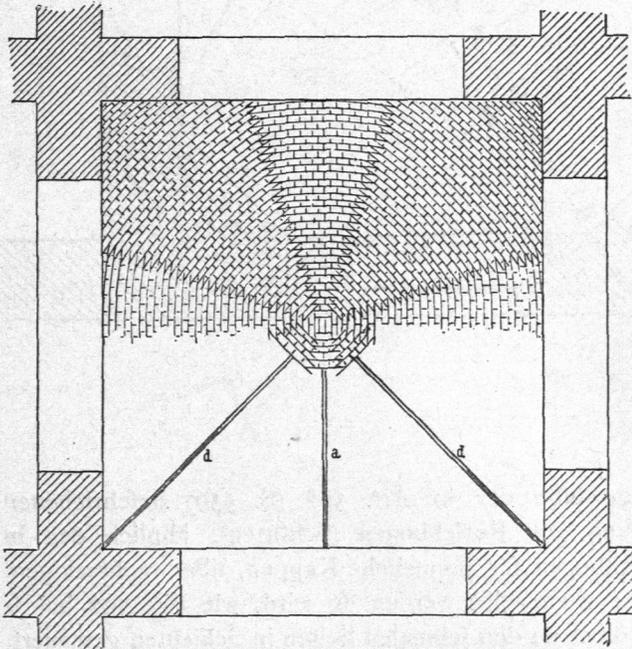
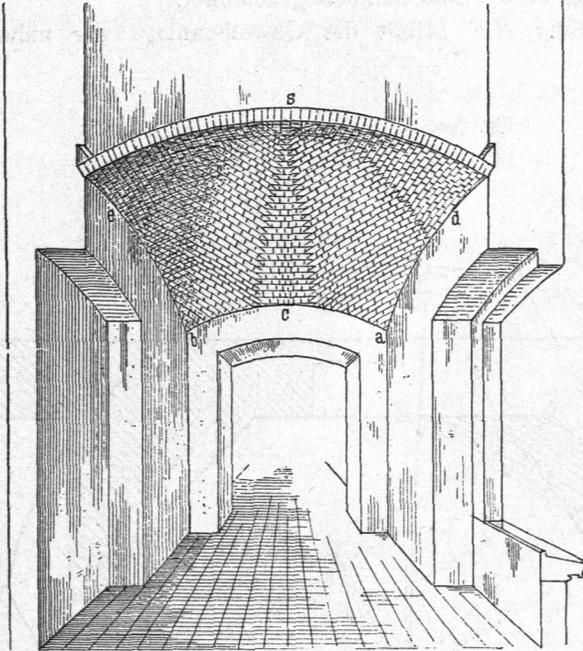
Werden die einzelnen auf Schwalbenschwanz-Verband zusammentretenden Schichten bei gröfsern Spannweiten reichlich lang, so erfolgt das Einwölben nach Fig. 589 von den Ecken  $a$ ,  $b$  u. f. f. aus nach dem Schwalbenschwanz-Verband, von

Fig. 588.



der Mitte der Widerlager nach dem Scheitel zu jedoch in dreieckigen Wölbgebieten *c, d, e* u. f. f. auf Kufverband. In diesem Falle sind außer den Wölb-scheiben *d* der Diagonalbogen noch Wölb-scheiben *a* für die auf Kuf zu wölbenden Zwischenstücke erforderlich.

Fig. 589.



Für einen regelmässig vieleckigen Raum ist das Einwölben auf Schwalbenschwanz-Verband nach Fig. 590 vorzunehmen. Die Lagerkanten sind wiederum Schnitte von Normalebene der Diagonalbogen mit der Gewölbfläche.

Das Austragen der Stirnlinien nach der Annahme des Diagonalbogens *ab* mit der Pfeilhöhe *sc* und dem hiervon abhängigen größten Kreise *G* der Kugelfläche, welcher die Gewölbfläche angehört, ist nach dem in Art. 399 (S. 541) Gefagten bewirkt. Eben so ist in der hinlänglich besprochenen Weise die Grundriss-Projection *gh* einer Lagerkante der Normalebene *N* des Diagonalbogens *ac* gezeichnet.

Bei größeren regelmässig vieleckigen Räumen lässt sich nach Fig. 591 eine wirkungsvolle Anlage böhmischer Kappengewölbe durch das Zusammentreten strahlenförmig von einer in der Mitte des Raumes aufgestellten Säule abzweigender Einzelgewölbe schaffen. Das Austragen der Schnittlinien der einzelnen Kappen, das Ausmitteln ihrer Stirnlinien nach der Annahme des durch die Kämpferpunkte *a, b, c, d* eines Gewölbefeldes gehenden Kreises *A* mit dem Mittel-

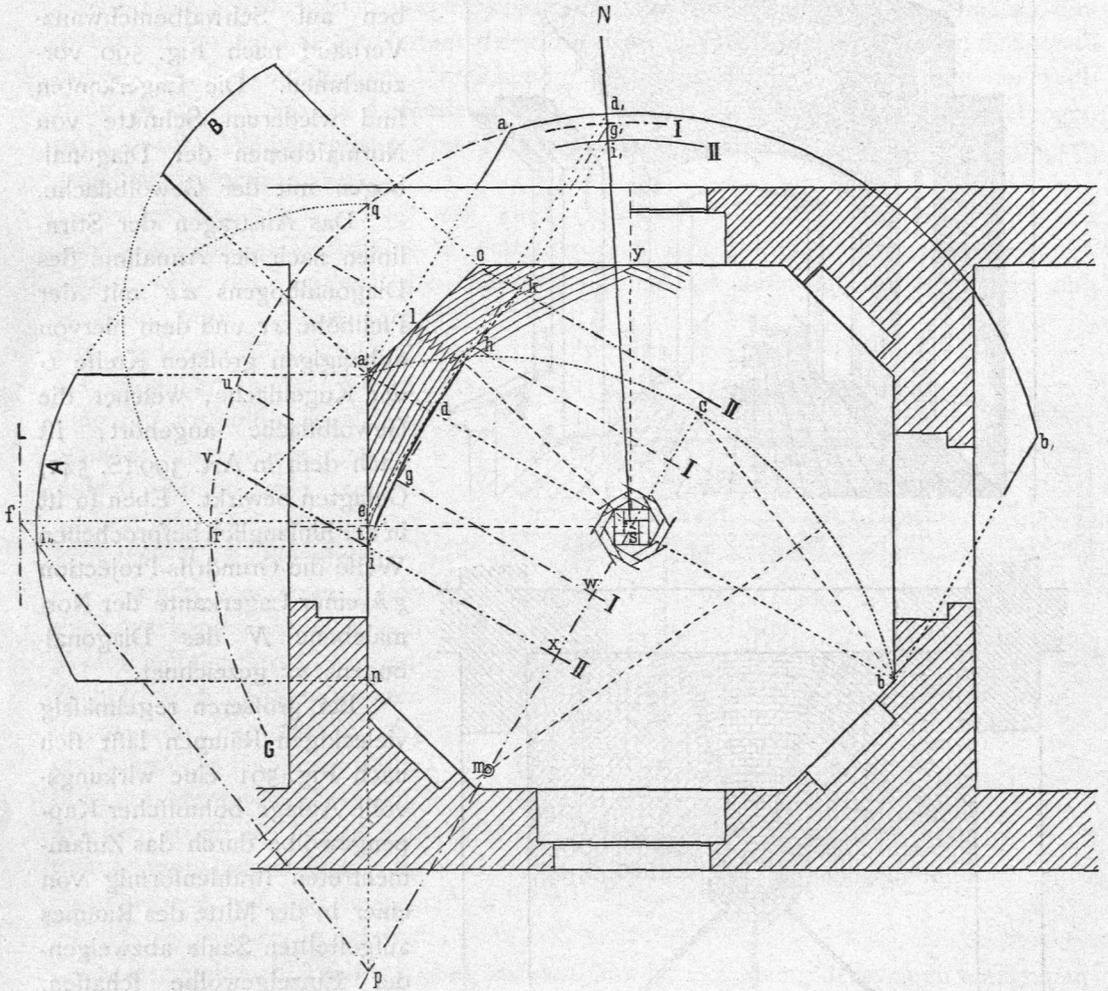
punkte *m* und nach dem Festsetzen der Pfeilhöhe *mh* bergen nach dem für die Gestaltung des böhmischen Kappengewölbes Vorgetragenen keine Schwierigkeit.

Bei der Ausführung des hier besprochenen Gewölbes werden in der Richtung

der Diagonalen  $ac$ ,  $bd$  u. f. f. Verstärkungsgrate gemauert, gegen welche sich die auf Schwalbenschwanz-Verband gewölbten, meistens nur  $\frac{1}{2}$  Backstein starken Kappen, wie bei  $r_1 o_1$  im Grundrisse angegeben ist, lagern. Hierzu ist bei  $r, q$ , noch ein besonderer Normalschnitt nach bekannten Mafnahmen gezeichnet.

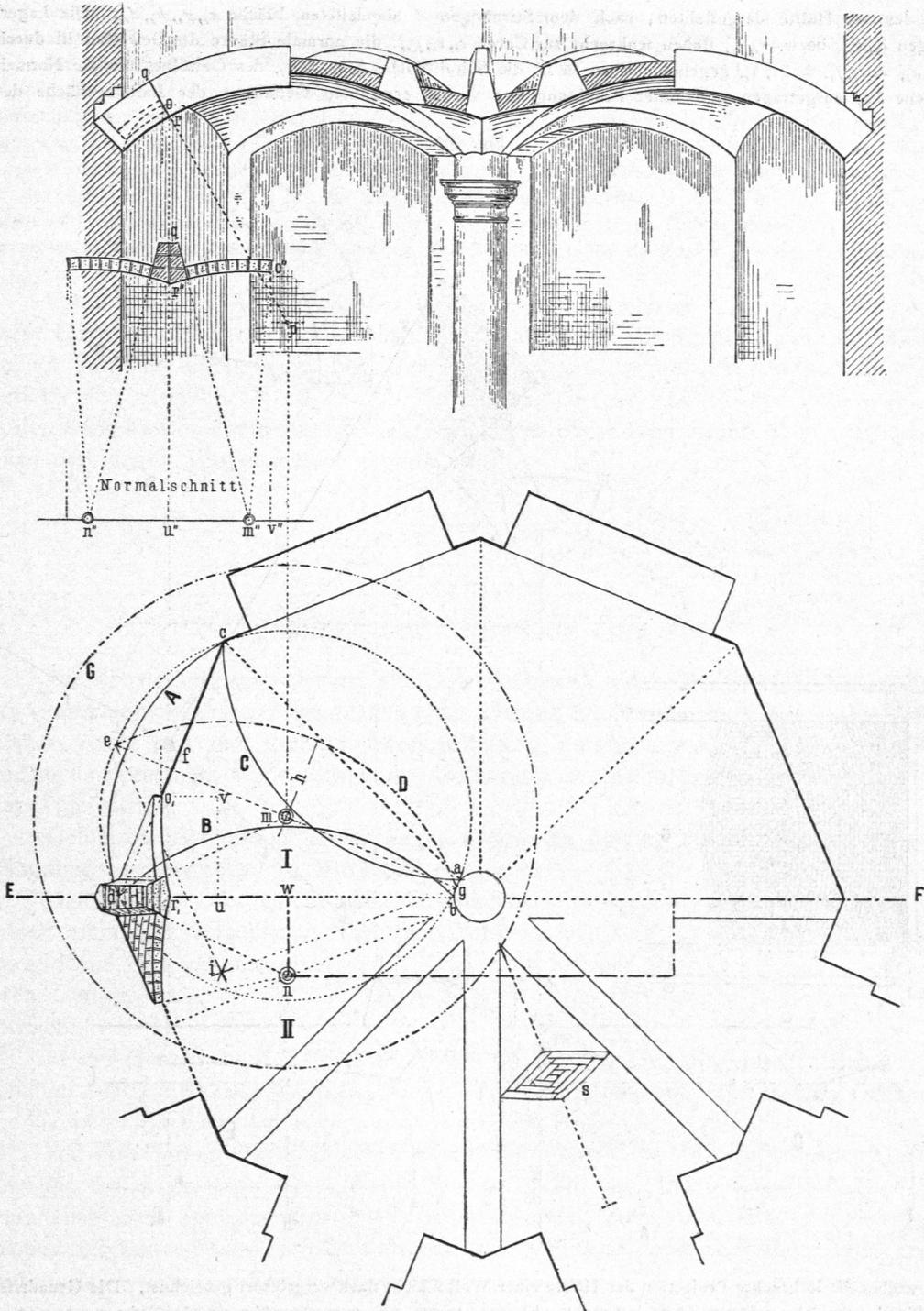
Der Schnitt in der Richtung  $EF$  bringt die Gewölbeanlage zur näheren Anschauung.

Fig. 590.



Sollen böhmische Kappengewölbe der in Art. 397 (S. 539) beschriebenen Gestaltung nach unter Anwendung von Rutschbogen (Schlitten), ähnlich den in Art. 160 (S. 230) erwähnten Rutschbogen für preussische Kappen, über rechteckigem Gewölbefelde von gröfserer Länge eingewölbt werden, so wird, wie Fig. 592 bei  $G$  zeigt, der gröfserer Theil des Gewölbes an den schmalen Seiten in Schichten gemauert, deren über das Gewölbe von Langseite zu Langseite ziehenden Stofs-fugenkanten in Normalebene  $bh$ , und  $bq$ , zur Stirnlinie  $B$  der anderen Seiten des Raumes liegen, während das in der Mitte des Gewölbes einzufügende Wölbgebiet auf Kuf ausgeführt wird, wobei hier die Lagerkanten Ebenen  $as$ , angehören, welche sich sämmtlich in

Fig. 591.



der geraden Verbindungslinie der Mittelpunkte der Stirnlinien der schmalen Rechteckseiten schneiden.

Hierdurch entstehen zwei Gruppen besonders gebildeter Wölbverbände. Ueber die Art dieser Verbände giebt die Zeichnung näheren Aufschluss.



Näherung der richtige Verlauf der Stofsugenkanten  $ceg, ilp$  u. f. f., wenn nur von vornherein in der Nähe der Fußpunkte des Gewölbes eine der Zeichnung entsprechende Richtung der Stofsugenkanten innegehalten wird.

Die Lagerfugenkanten des mittleren Gewölbegebietes  $E$  sind in den wagrechten Projectionen leicht aufzufinden. Für die Ebene  $as$ , ist  $ers$  ein Stück der wagrechten Projection einer Lagerkante. Die lothrechte Ebene mit der wagrechten Spur  $II$  schneidet die Gewölbelaubung nach dem Kreisbogen  $T$ , wofür  $vw, = vw$  des Stirnbogens  $B$  ist. Der Halbmesser  $w, t$  ist gleich dem Halbmesser  $va$  des Stirnbogens  $A$  der schmalen Rechtecksseite. Der Mittelpunkt  $t$  liegt, der Erzeugung der Wölbfläche entsprechend, auf der verlängerten Geraden  $ag$ . Die Ebene  $as$ , schneidet den Bogen  $T$  in  $r$ ; die auf  $II$  gelegene wagrechte Projection dieses Punktes ist also  $r$ , und folglich wird  $r$  ein Punkt der wagrechten Projection der gefuchten Lagerfugenkante. Nach gleichem Verfahren sind zahlreiche Punkte  $e, s$  dieser Lagerkante zu finden.

Bei sorgfältiger Ausführung der Wölbung auf Rutschbogen kann die Laibung dieser Gewölbe selbst ohne Putz bleiben. In ähnlicher Weise kann auch das Einwölben längerer ansteigender böhmischer Kappengewölbe bei der Anwendung von Rutschbogen ausgeführt werden. Als Leitschienen für die Rutschbogen dienen zwei an den Langseiten aufgestellte Wölbcheiben, deren obere Begrenzung nach den Stirnlinien der langen Umfangseiten abgerundet ist.

## 18. Kapitel.

### Gufsgewölbe und hängende Gewölbe.

Die Herstellung von Decken aus Gufsmauerwerk oder Grobmörtel, bestehend aus einem Gemenge von Steinabfällen oder kleinen Steintrümmern, Steinschlag, und Mörtel wurde von den Römern schon frühzeitig vorgenommen. Die Form dieser Decken entsprach im Wesentlichen der Gestaltung der Tonnengewölbe, Kreuz- und Kuppelgewölbe.

408.  
Gufsgewölbe.

Ueber die Ausführung dieser sog. Gufsgewölbe sind in Theil II, Band 2 dieses »Handbuches« eingehendere Mittheilungen enthalten.

Dem Gebiete des eigentlichen Gewölbebaues sind derartige Gufsmörteldecken jedoch nicht hinzuzurechnen. Nach dem Erhärten des Grobmörtels bildet die Gufsmörteldecke eine zusammenhängende, mehr oder weniger elastische Schale, welche ihrem Gefüge nach von der Anordnung der gewölbten Steindecken in hohem Grade abweicht.

In der Neuzeit ist die Herrichtung von Decken aus Gufsmörtel unter dem Beibehalten bestimmter Gewölbformen wieder sehr rege geworden. Sie werden vielfach und in mannigfachster Gestaltung und Größe zur Anwendung gebracht.

Die Ausführung der als Decken in der Form von Gewölben auftretenden Gufsgewölbe, wobei ein etwa aus 1 Theile Cement, 2 Theilen Sand und 3 bis 6 Theilen Steinschlag oder Schlacken Kies durch entsprechenden Zusatz von Wasser bereiteter Grobmörtel benutzt wird, erfolgt stets auf einer vollständig mit Schalung versehenen Einrüstung des zu überdeckenden Raumes.

Der Grobmörtel oder Beton wird auf die Schalung in dünnen, 10 bis 15 cm dicken Lagen gleichförmig ausgebreitet und hierauf in sorgfamer Weise fest gestampft. Unter stetem Annässen durch Wasser, welches mittels einer Gießkanne in dünnen Strahlen der unteren Lage zu Theil wird, erfolgt das Auftragen der nach und nach folgenden Betonschichten, bis die beabsichtigte Dicke der zu bildenden Decke

409.  
Rabitz-  
und  
Monier-  
Decken.

erreicht ist. Die Gewölbzwickel sind ebenfalls mit Gufsmörtel zu füllen. Hierbei sei auch auf Art. 68 (S. 75) des vorliegenden Heftes verwiesen.

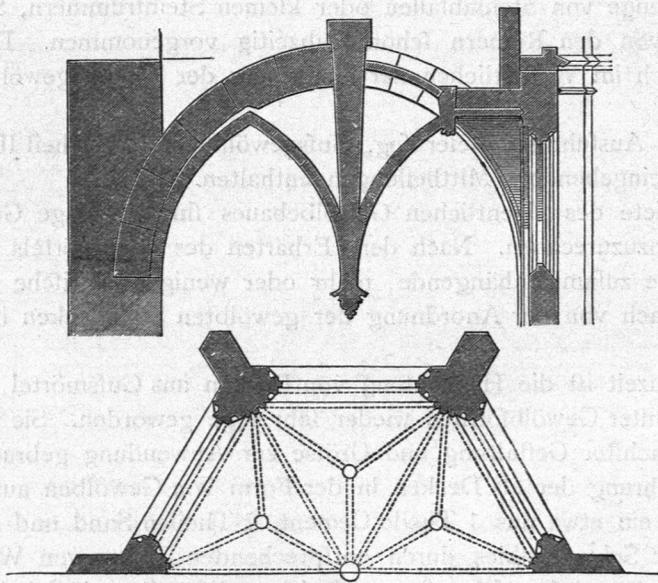
Bei den in Gewölbform hergerichteten *Rabitz*-Decken erhält die eigentliche Mörtelmasse, der sog. *Rabitz*-Putz (siehe Theil III, Band 2, Heft 1 dieses »Handbuches«, Art. 264 u. ff., S. 329 u. ff.), durch Einlage eines der Gestaltung der gewölbten Decke nachgeformten Drahtgewebes eine besondere Unterstützung und Haltbarkeit. Hierbei können einzelne stärkere Eifendrähte als Hauptträger des Drahtgewebes eingeführt werden.

Dieses Drahtsystem wird vollständig mit dem Mörtelputz überzogen, bis die gewünschte Form der Decke erzielt ist. Die Drahteinlage kann in der Mitte oder im unteren Viertel der Decke bleiben.

Bei den *Monier*-Decken wird die Gewölbform durch die Einlage eines aus starkem Eifendraht bestehenden Gerippes angebahnt. Dieses Gerippe wird aus 5 bis 25 mm im Durchmesser starken eisernen Längs- und Querstangen hergerichtet. An den Kreuzungsstellen der Stäbe wird durch Drahtumwindungen ihre Verbindung bewirkt. Dieses Tragsystem der Decke ist ein mit 10 bis 15 cm, unter Umständen mit 20 cm weiten Maschen versehenes, korbartig gebildetes Geflecht, welches zur Herstellung der geplanten Decke mit Cementmörtel überzogen wird (siehe im eben genannten Heft dieses »Handbuches« Art. 271, S. 334).

Im Allgemeinen können die *Rabitz*- und die *Monier*-Decken eine geringere Stärke, als die eigentlichen gewölbten Decken erhalten.

Fig. 593<sup>190)</sup>.



410.  
Hängende  
Gewölbe.

Werden bei einer gewölbten Decke einzelne Stützkörper, wie Pfeiler, Säulen u. f. w. fortgelassen und wird hierfür Ersatz durch eine oberhalb des Gewölbes in kräftiger Weise hergerichtete Trag-Construction geschaffen, an welche die zu stützenden Theile aufgehängt werden, so entsteht das sog. hängende Gewölbe (Fig. 593<sup>190)</sup>).

<sup>190)</sup> Facf.-Repr. nach: GOTTGRETU, R. Lehrbuch der Hochbau-Konstruktionen. Theil I. Berlin 1880. S. 190.

Der Hauptbestandtheil desselben wird also stets das mit größter Sicherheit zu construierende Tragwerk bleiben, möge dasselbe als Gurtbogenfytem aus Stein oder unter ausschließlicher Verwendung von Eisen hergerichtet werden. Im Allgemeinen müssen die hängenden Gewölbe als äußerst gekünstelte Deckenbildungen angesehen werden. Bei der Möglichkeit des leicht eintretenden Verschiebens oder Senkens ihrer aufgehängten Stützpunkte ist auch die nöthige Sicherheit ihrer Standfähigkeit nur durch das Aufwenden kostspieliger und zusammengesetzter Nebenconstruktionen zu erreichen. Ihre Anwendung kann aus diesen Gründen nicht empfohlen werden. Ein näheres Eingehen auf ihre Anordnung erscheint hier überflüssig.

Beispiele von hängenden Gewölben, namentlich aus der Zeit der Spätgothik, sind in großer Zahl bei den Kirchenbauten Englands zu finden.