

ansatz nach bestimmten Gefetzen zu bilden, welche mit Hilfe der folgenden Mittheilungen unmittelbar aus der Gestaltung der antretenden Kappen und vorzugsweise aus der Art ihrer Einwölbung abgeleitet werden können.

### 7) Einwölbung der Kappen.

Die Einwölbung der Kappen gothischer Kreuzgewölbe erfolgt hinsichtlich der allgemeinen Anordnung der Wölbflächen und der Bestimmung ihrer Lager- und Stosfugenflächen entsprechend der Gestaltung der Laibungsflächen, dem zu verwendenden Material und der Beachtung der sich in Rücksicht auf die Stabilität des Wölbkörpers geltend machenden Verhältnisse.

Sieht man vorläufig davon ab, ob Backstein-, Quader- oder geeignetes Bruchsteinmaterial zur Ausführung der Gewölbe benutzt wird; läßt man auch ferner die Prüfung der Stabilität der Wölbkappen noch nicht in den Vordergrund treten; bemerkt man vielmehr, daß bei den gothischen Kreuzgewölben weniger cylindrische Wölbflächen, sondern vorzugsweise Gewölbkappen mit Bufung, also reine Kugelflächen oder kugelförmige Flächen mit oder ohne Stelzung als Laibungsflächen in Anwendung kommen: so kann man die folgenden Arten der Einwölbung dieser Kappen in Betracht ziehen.

#### a) Bufige Kappen ohne Stelzung.

Sind die Laibungsflächen der Gewölbkappen bufige Flächen ohne Stelzung, so treten hinsichtlich der Richtungen der Wölbflächen, unter Berücksichtigung einer thunlichst freihändigen Mauerung dieser Kappen, vorwiegend vier von einander verschiedene Anordnungen auf, welche sowohl für Gewölbe mit wagrechter Kämpferebene, als auch für ansteigende Gewölbe volle Giltigkeit haben.

a) Die Wölbflächen sind concentrische Ringschichten. In diesem Falle sind die Laibungsflächen der Kappen zweckmäßig als reine Kugelflächen zu gestalten. Die Lagerfugenflächen der Wölbflächen sind alsdann Kegelflächen, deren gemeinschaftliche Spitze der Mittelpunkt der Kugelfläche der zugehörigen Kappe ist, während die Stosfugenflächen derselben in Meridianebenen dieser Kugel liegen.

In Fig. 499 sind die Fußflächen  $q$  und  $r$  der Kreuzrippen und der Fuß  $v$  der Scheiderippe, deren Axen hier unter ungleichen Winkeln und in verschiedenen Punkten in der Kämpferebene zusammentreten, in gegenseitiger Durchschneidung fest gelegt.

Die seitlichen lothrechten Begrenzungsflächen der Rippenkörper enthalten die Widerlagslinien der antretenden Gewölbkappen. Diese Schnittlinien der Laibungsflächen der Kappen mit den Seitenflächen der Rippen treffen sich je in einem gemeinschaftlichen Punkte, wovon  $e$ , bzw.  $g$  als wagrechte Projectionen erscheinen. Bei unregelmäßig zusammentretenden Rippenansätzen liegen diese Schnitte im Allgemeinen nicht in einer und derselben wagrechten Ebene. Um trotz ihrer von einander abweichenden Höhenlage für das Kappenstück  $ems$  mit der Scheitellinie  $ms$  und eben so für die Kappe  $goi$  mit der Scheitellinie  $oi$  im Hinblick auf eine einfache und gefetzmäßige Ausführung der Kappenwölbung reine Kugelflächen einzuführen, ist zunächst für die Widerlagslinie der Laibungsfläche der Kappe  $ems$  an der Seitenebene  $A_1$  der Kreuzrippe  $q$  der Kreisbogen  $A$  mit der gewählten Höhe  $st$  um den auf der Geraden  $es$  liegenden Mittelpunkt  $a$  geschlagen. Dieser Kreisbogen wird natürlich für die Begrenzungsflächen der Profile der Kreuzrippe ebenfalls berücksichtigt. Derselbe ist aber auch der grundlegende Bogen für die Widerlagslinien an den Seiten  $B_1, C_1$  der Scheiderippe  $v$  und an der Seite  $D_1$  der Kreuzrippe  $r$ . Die lothrechte Projection des Schnittpunktes der Widerlagslinie  $A$  und der näher zu bestimmenden Widerlagslinie an der Scheiderippe  $v$  ist der Punkt  $f$ , und somit wird in  $fe$  die Höhenlage dieses gemeinschaftlichen Schnitt-

301.  
Kappen.

302.  
Erste  
Anordnung  
der  
Wölbflächen.

Fig. 499.

punktes über der Kämpferebene erhalten. Errichtet man in  $e$  auf  $eb$  das Loth  $ef_1$  von der Länge  $ef$ , so ist  $f_1$  ein Punkt der Widerlagslinie an der Seite  $B$  der Scheiderippe zu ermittelnden Kreisbogens. Ein zweiter Punkt  $n$  dieser Widerlagslinie ist durch die Kappenhöhe  $mn$  an der Rippe  $v$  an sich gegeben oder besonders zu wählen. Hier ist  $mn$  etwas kleiner als  $st$  angenommen. Endlich muß zur Erzielung einer reinen Kugelfläche, welcher die Wölblinie  $A$  und der durch  $f_1$  und  $n$  gehende Kreisbogen angehört, der Kugelmittelpunkt in der Grund- oder Kämpferebene, worin der Mittelpunkt  $a$  des Kreisbogens  $A$  liegt, enthalten sein. Bestimmt man also den Mittelpunkt  $b$  auf der verlängerten Geraden  $em$  für den durch  $f_1$  und  $n$  gehenden Kreisbogen  $B$ , so ist hierdurch die Widerlagslinie der Kappenlaibung über  $ems$  an der Seite  $B_1$  der Scheiderippe gefunden. Die Lothe von  $a$  auf  $ea$  und von  $b$  auf  $eb$  liefern in ihrem Schnitte  $r$  den Mittelpunkt der Kugelfläche der Kappe  $ems$ . Ein um  $r$ , z. B. als  $r_1$ , beschriebener Kreisbogen ist die wagrechte Projection der Lagerkante einer Wölbfschicht; dabei aber auch die Projection eines auf die wagrechte Kämpferebene zu beziehenden Parallelkreises der Kugelfläche, so daß alle Punkte solcher Lagerkanten gleiche Höhenlage über der Kämpferebene besitzen.

Die Widerlagslinie an der Seite  $C_1$  der Scheiderippe  $v$  muß ein Bogen  $C$  sein, welcher sich mit dem Bogen  $B$  vollständig deckt. Die Höhe  $op$  desselben ist gleich der Höhe  $mn$ , und sein Mittelpunkt  $c$  liegt in  $C_1$  auf dem Lothe  $bc$  auf  $B$ . Schlägt man um  $c$  den Kreisbogen  $C = B$  und bestimmt man in dem Endpunkte  $h$  des Lothes  $gh$  auf  $cg$  die Höhenlage des Schnittpunktes der Widerlagslinien der Kappe  $goi$  an den Seiten  $C_1$  und  $D$  der begrenzenden Rippen, so ist nun weiter, unter Benutzung des Lothes  $gh_1$  auf  $gi$  mit der Länge  $gh$  und des Lothes  $ik$  auf  $gi$  mit der Länge  $st$ , also gleich der Höhe des Hauptbogens  $A$ , die Lage der beiden Punkte  $h$  und  $k$  gewonnen, welche dem Kreisbogen  $D$  der Widerlagslinie der Kappe  $goi$  an der Seite  $D_1$  der Kreuzrippe  $r$  angehören. Der zugehörige Mittelpunkt ist in  $d$  auf der Geraden  $D_1$  ohne Weiteres zu bestimmen. Nach bekannten Maßnahmen wird in  $z$  der Mittelpunkt der Kugelfläche für die Kappe  $goi$  gefunden. Der um  $z$  beschriebene Kreisbogen  $z_1$  ist wiederum die wagrechte Projection der Lagerfugenkante einer Wölbfschicht. Die Begrenzungslinien der Profile der Rippen  $v$  und  $r$  folgen den zugehörigen Bogenlinien  $B$ , bzw.  $D$ . Die Scheitellinie der Kappe  $ems$  ist der um  $u$  beschriebene Kreisbogen  $m s_1$ , wobei  $mm_1 = mn$  und  $ss_1 = st$  sein muß, während die Scheitellinie der Kappe  $goi$  der Kreisbogen  $o_1 i_1$  mit dem Mittelpunkte  $w$  und den Ordinaten  $oo_1 = mn = op$  und  $ii_1 = st = ik$  ist.

Den ermittelten Kugelflächen entsprechend, sind die Wölbfschichten in den zugehörigen Kappen als concentrische Ringschichten leicht fest zu legen, und danach sind auch die Widerlagsflächen an den Rippenkörpern ohne Schwierigkeiten zu bestimmen.

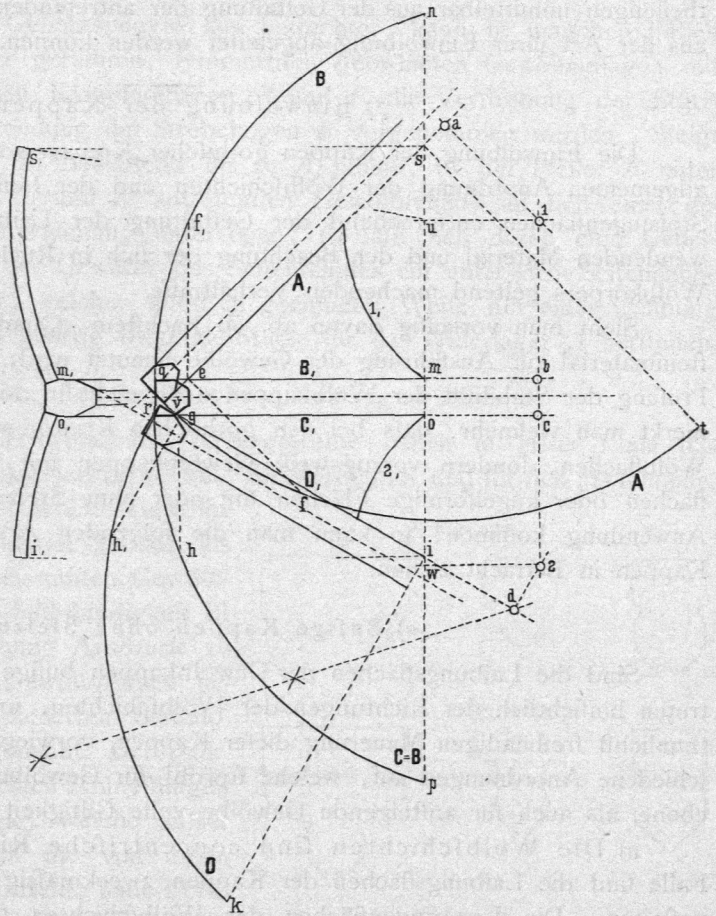
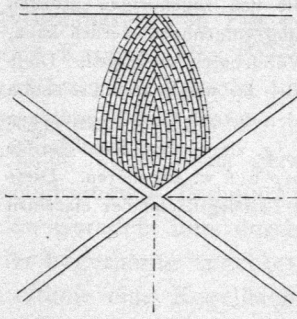




Fig. 500.

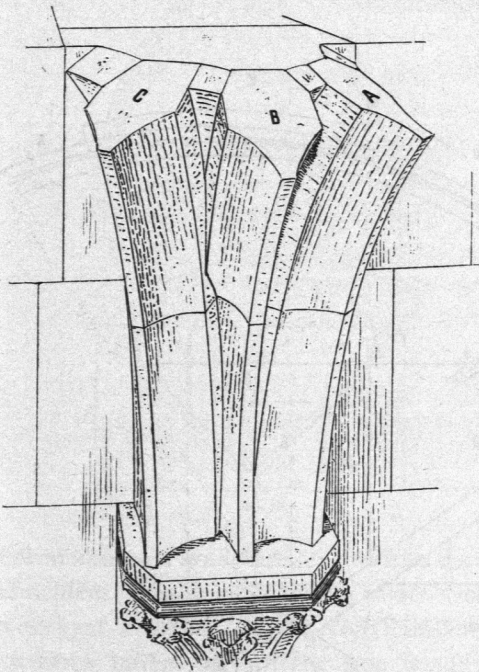


Bei der Anordnung der Wölbung nach concentrischen Ringschichten tritt über der Scheitellinie ein Zusammenschneiden der einzelnen Schichten nach Art des Schwalbenschwanz-Verbandes ein. Die Größe der Halbmesser der zugehörigen Kugelflächen und die Lage der Mittelpunkte derselben beeinflusst das Zusammenfügen der einzelnen Wölbcharen über den Scheitellinien oft in besonderer Weise.

So kann nach Fig. 500 leicht eine linsenförmige Lücke verbleiben, welche der Weiterführung auf Schwalbenschwanz vereiniger Schichten zuweilen wenig günstig ist. In solchen Fällen ist der verbleibende Spalt durch besonders hergerichtete Steine zu schliessen.

Wie beim Zusammenschneiden der Fußflächen der Scheiderippen mit den beiden Kreuzrippen der Rippenanatz unter Verwendung von Werkstücken gebildet werden kann, möge durch Fig. 501 angedeutet werden.

Fig. 501.



Um die scharfen Schneiden der Wölbchichten am Fusse der Kappen zu vermeiden, sind die Ansätze der Kappen zweckmäfsig am Anfänger der Rippen mit anzuarbeiten. Ueber den Flächen A, B, C des Rippenanatzes erheben sich ohne Weiteres die einzelnen Rippenstücke frei als selbständige Rippenkörper, wie die Bestandtheile schmäler Tonnengewölbe, so dafs zwischen denselben das Einfügen der einzelnen Wölbchichten nunmehr ohne Einengung vorgenommen werden kann.

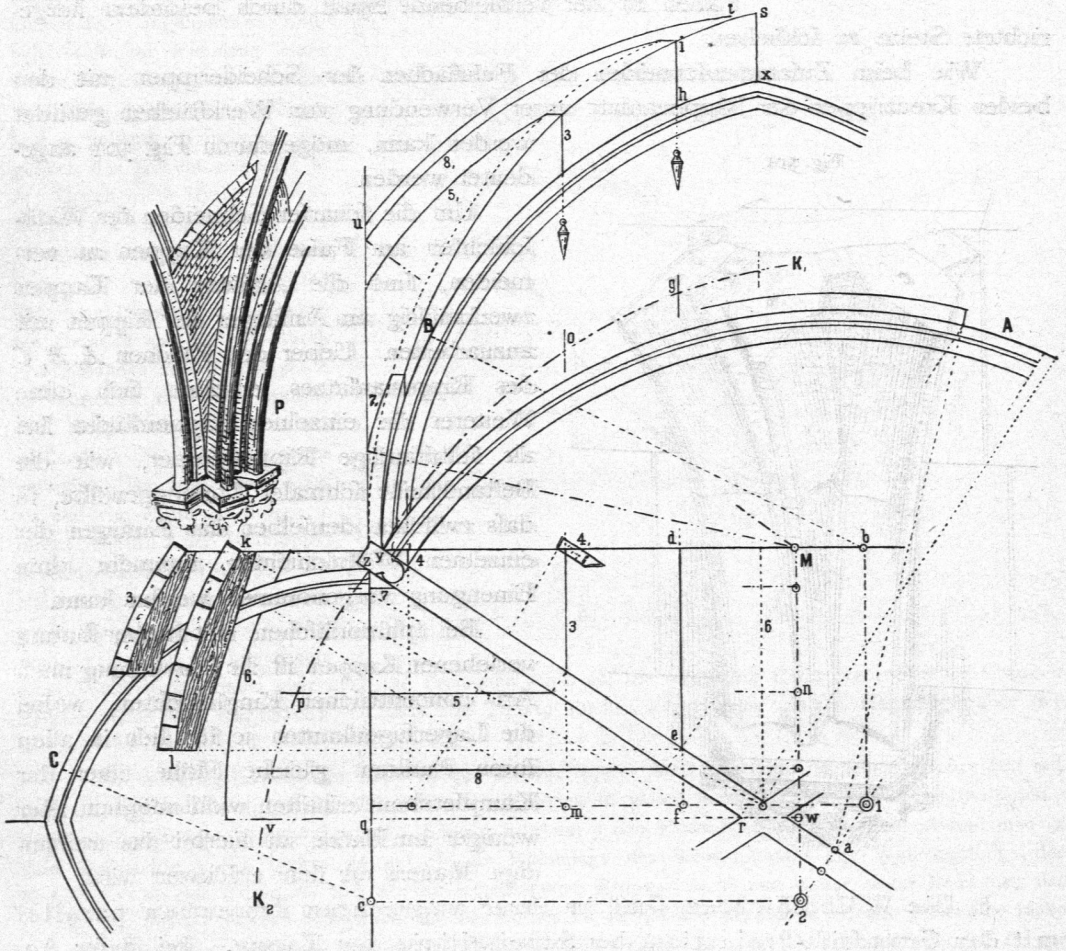
Bei sphäroidischen, mit starker Bufung versehenen Kappen ist die Einwölbung nach Art concentrischer Ringschichten, wobei die Lagerfugenkanten je für sich in allen ihren Punkten gleiche Höhe über der Kämpferebene erhalten, wohl möglich, aber weniger am Platze, da hierbei das freihändige Mauern oft sehr erschwert wird.

b) Die Wölbchichten sind in ihrer wagrechten Projection parallel mit der Grundrifs-Projection der Scheitellinie der Kappe. Bei dieser Anordnung entstehen streng genommen Wölbcharen, welche eine innige Verwandtschaft mit der Wölbung von cylindrischen Gewölben auf Kufverband aufweisen. Sind bei gothischen Kreuzgewölben die zwischen den Rippen liegenden Kappen cylindrisch gefaltet, so ist die erwähnte Art der Mauerung der Kappen unter Voraussetzung einer vorherigen Unterschaltung mit keinen besonderen Umständen verknüpft.

Bei der Bildung der bufigen Kappen und bei der Rücksichtnahme auf ihre freihändige Mauerung hat jedoch die Lage der Wölbchichten parallel zur Scheitellinie einen bemerkenswerthen Einfluss auf die Gestaltung der Lager- und Stofsflächen der Wölbsteine.

Ist nach Fig. 502 auf Grund der in Art. 237 (S. 348) gegebenen Mittheilungen für die Kappen die Bestimmung der Kugelflächen mit den Mittelpunkten  $1$  und  $2$  nebst den zugehörigen grössten Kreisen  $K_1$ , bezw.  $K_2$  getroffen, so lassen sich, wie sofort aus der Zeichnung entnommen werden kann, die unteren Lagerkanten der parallel zu den Scheitellinien gerichteten Wölbcharen austragen. Diese Lagerkanten gehören lothrechten Ebenen an, deren wagrechte Spuren parallel der wagrechten Projection der zugehörigen Scheitellinien sind. Die Schnittlinien dieser Ebenen mit den betreffenden Kugelflächen sind also Kreisbogen, welche als  $kl$  dem Parallelkreise mit dem Halbmesser  $fg$ , als  $\beta_1$  dem Parallelkreise mit dem Radius  $mo$ , weiter als  $\beta_2$  dem Parallelkreise mit dem Halbmesser  $np$  u. f. w. angehören. Diese Kreisbogen bestimmen die Form der Wöblinie in jeder Lagerkante an der Laibungsfläche der einzelnen neben einander liegenden Wölbchichten.

Fig. 502.



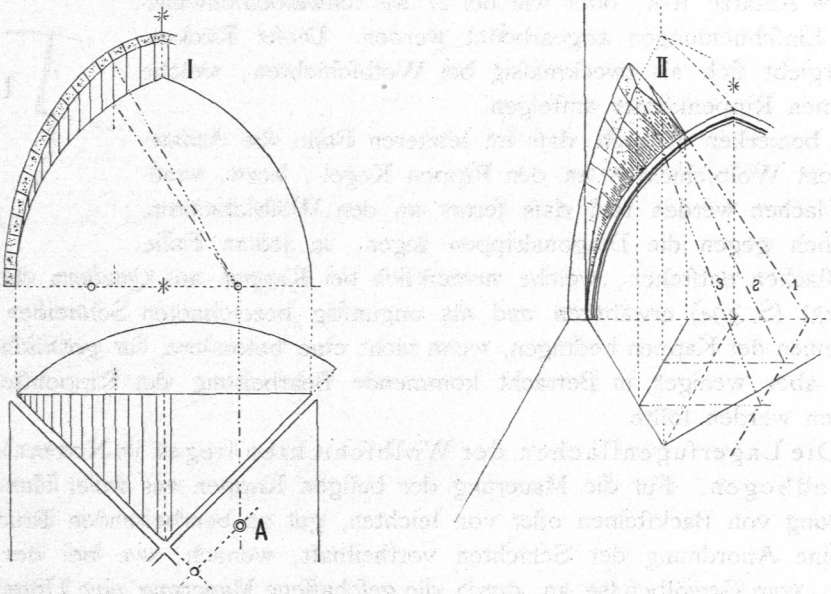
Vermöge der verhältnissmässig geringen Breite der Wölbcharen können dieselben in Rücksicht auf die Richtung ihrer Stofsflächen als schmale cylindrische Gewölbstreifen angesehen werden, so dass die Stofsflächen nicht als Kegelflächen, welche für alle Wölbcharen die gemeinschaftliche Spitze im zugehörigen Kugelmittelpunkte finden müssten, sondern als ebene Flächen eingeführt werden, welche, wie in  $kl$  und  $\beta_1$ , so wie beim Anfänger  $P$  angegeben ist, senkrecht zu der Wöblinie der vorderen oder hinteren unteren Lagerkante der einzelnen Wölbchichten stehen.



Anders gestaltet sich die Anordnung der Lagerfugenflächen der einzelnen Wölbcharen. In Fig. 503 ist in *I* die Theilung der Schichten am Randbogen für eine Kappenhälfte, deren Laibung die Kugelfläche mit dem Mittelpunkte *A* sei, ausgeführt und danach die Lage der Wölbchichten bestimmt. Die Kreisbogen der Lagerkanten sind die Leitlinien der Lagerfugenflächen. Die Erzeugenden dieser Fläche können als gerade Linien fest gesetzt werden, deren Lage gewissen vorgefriebenen Bedingungen unterworfen wird. Geht der Endpunkt dieser erzeugenden Geraden stets durch den Mittelpunkt der Kugelfläche, welcher der Kreisbogen der Lagerkante angehört, so entsteht bei ihrem Fortbewegen an der entsprechenden Leitlinie eine Kegelfläche als Lagerfugenfläche.

Legt man aber nach *II* (Fig. 503) durch die Kugelfläche der Kappe lothrechte Ebenen parallel zur Ebene des Randbogens, so entsteht eine zweite Schar von leicht

Fig. 503.



bestimmbaren Parallelkreisen, welche die unteren Lagerfugenkanten der Wölbchichten schneiden. Zieht man durch diese Schnitte und durch die Mittelpunkte der zugehörigen zweiten Gruppe von Parallelkreisen die erzeugenden Geraden, wie 1, 2, 3 erkennen lassen, so entsteht eine windschiefe Fläche als Lagerfugenfläche.

Im Allgemeinen kommen nur diese beiden Gestaltungen der Lagerfugenflächen in Betracht. Bei Backstein- und dünnem Bruchsteinmaterial tritt in den meisten Fällen keine besonders vorzunehmende Zurichtung der Lagerflächen in der einen oder anderen Weise ein, weil sich hierbei ein Ausgleich in der Flächenbildung durch eine entsprechende Stärke der Mörtelbänder in den Lagerfugen schaffen lässt. Bei Quadermaterial ist aber die Bearbeitung der Lagerflächen nach den gegebenen Erörterungen in strenger Weise zu veranlassen. Ob dabei Kegelflächen oder windschiefe Flächen maßgebend werden sollen, ist hinsichtlich der praktischen Zurichtung von ziemlich gleicher Bedeutung. Theoretisch genommen, verdienen die Kegelflächen bei einer Bufung der Kappen nach reinen Kugelflächen den Vorzug.

Bei einer in anderer Weise angenommenen Bufung, wovon noch unter *b* die Rede sein wird, tritt die Anordnung der windschiefen Lagerflächen ein.

Eine freihändige Ausführung der Kappen ist bei der beschriebenen Anordnung der Wölbchichten möglich. Als Hilfsmittel dienen dabei nur zur Lehre oder bei längeren Wölbstreifen auch zur Unterstützung derselben während ihrer Anfertigung, wie in Fig. 502 bei *kl* und  $\beta_1$  angedeutet ist, einfache und leichte, senkrecht unter die Wölbchichten ab und zu aufzustellende Wölbcheiben, deren obere Begrenzungslinien, wie die Lagerkanten selbst, Theile der vorhin näher bezeichneten Parallelkreise über *fg*, *mo*, *np* u. f. f. ihrer zugewiesenen Kugelflächen sind, mithin je für sich mit dem besonderen Halbmesser jener Parallelkreise beschrieben werden müssen.

Nach der Bildung der Wölbchichten lassen sich die Widerlagsflächen an den Rippenkörpern ohne Mühe fest legen. Diese Widerlagsflächen können nach Fig. 504 entweder wie bei *I* lothrechte Ansätze sein, oder wie bei *II* als schwalbenschwanzförmige Einschneidungen angearbeitet werden. Dieser Rückenansatz ergibt sich als zweckmässig bei Wölbchichten, welche gegen einen Rippenkörper ansteigen.

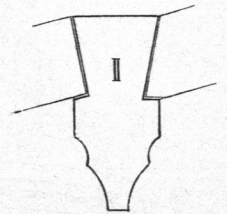
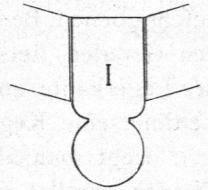
Zu bemerken ist noch, dass im letzteren Falle die Ansatzflächen der Wölbchichten an den Rippen Kegel-, bzw. windschiefe Flächen werden und dass ferner an den Wölbchichten, welche sich gegen die Diagonalrippen legen, in jedem Falle Schmiegeflächen entstehen, welche namentlich bei Kappen aus Quadern die bereits in Art. 271 (S. 394) erwähnten und als ungünstig bezeichneten Schneiden an den Ansatzsteinen der Kappen bedingen, wenn nicht eine besondere, für gothische Kreuzgewölbe aber weniger in Betracht kommende Bearbeitung der Rippensteine vorgenommen werden sollte.

c) Die Lagerfugenflächen der Wölbchichten liegen in Normalebene zum Randbogen. Für die Mauerung der bufigen Kappen aus freier Hand ist bei Verwendung von Backsteinen oder von leichten, gut zu bearbeitenden Bruchsteinen immer eine Anordnung der Schichten vortheilhaft, wonach, wie bei den Kugelgewölben, vom Gewölbefusse an, durch die geschaffene Mauerung eine Unterstützung der höher liegenden Schichten bereits geboten werden kann. Die unter *a* besprochenen concentrischen Ringchichten entsprechen dieser Forderung, während derselben bei der unter *b* mitgetheilten Schichtenlage weniger genügt wird. Ausserdem ist in Rücksicht auf die an sich vorhandenen ebenen Seitenflächen des Wölbmaterials auch die Beibehaltung ebener Lager- und Stofsflächen an sämtlichen Wölbchichten im ganzen Kappenkörper für eine einfache und leichte Ausführung der Maurerarbeit sehr erwünscht. Diese Gründe geben Veranlassung, die Wölbchichten in ihren Lagerflächen nach Normalebene zu ordnen, welche für irgend einen hauptsächlich als Träger eines Kappenstückes auftretenden Rippenkörper fest zu legen sind.

Bei den cylindrischen Kreuzgewölben ist schon in Art. 266 (S. 389) auf die Anordnung von Wölbchichten, geregelt durch Normalebene zum Gratbogen, hingewiesen. Ganz ähnliche Beziehungen ergeben sich auch bei den Wölbcharen der Kappen gothischer Kreuzgewölbe mit Buftung.

Liegen die Lagerflächen der Wölbchichten in Normalebene zum Rand-, Gurt- oder Scheidebogen eines Kreuzgewölbes, dessen Kappen nach einer reinen Kugelfläche gestaltet sind, so lassen sich die Lagerkanten der Schichten, welche alsdann

Fig. 504.

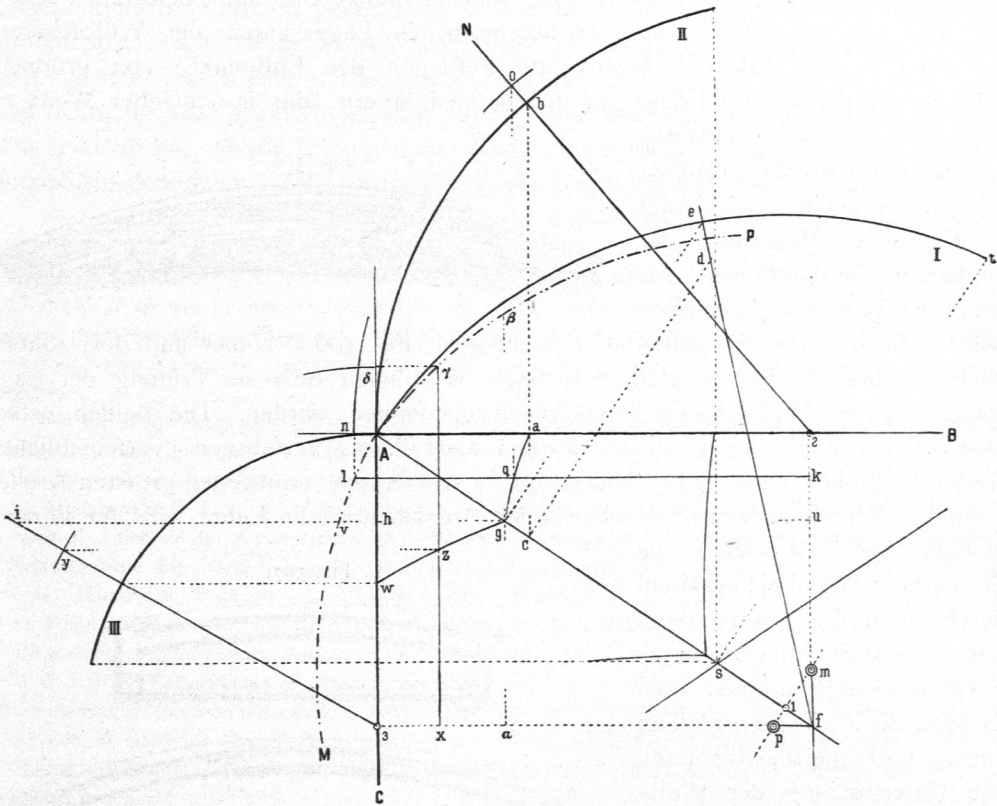




in ihrer wagrechten Projection Theile von Ellipsen werden, nach der in Fig. 505 gegebenen Darstellung leicht ermitteln.

Bei dem über einem rechteckigen Gewölbefelde angenommenen Kreuzgewölbe sei  $I$  der um  $r$  als Kreisbogen beschriebene Diagonalbogen,  $II$  der halbe Randbogen für  $AB$  mit dem Mittelpunkte  $z$  und  $III$  der halbe Randbogen für  $AC$  mit dem Mittelpunkte  $z$ . Führt man durch den beliebigen gewählten Punkt  $b$  des Randbogens  $II$ , welcher hier eben so wie die Kreisbogen  $I$  und  $III$  als Schnittlinie der Laibungsflächen der Kappen mit den Rippenkörpern angesehen werden soll, eine Normalebene  $N$  mit der Spur  $zN$  in der Ebene des Randbogens  $II$  und der Spur  $zf$ , senkrecht zu  $AB$ , in der wagrechten Kämpferebene, so ergeben sich die Schnittlinien dieser Normalebene zunächst mit der Ebene des Kreisbogens  $I$  als  $fe$ , wofür z. B. die Länge des Lothes  $cd$  auf  $Af$ , dessen Fußpunkt  $c$  in der lothrechten Ebene  $ab$  enthalten ist, gleich der Länge des Lothes  $ab$  genommen wurde, und sodann mit der Ebene des Kreisbogens  $III$  als  $zi$ , wofür z. B. das dem Punkte  $g$  entsprechende Loth  $hi$  auf  $AC$  gleich der

Fig. 505.



Strecke des Lothes  $ge$  auf  $Af$  abgetragen wurde. Die wagrechten Projectionen  $a, g, w$  der Schnitte der Spuren  $zN, fe, zi$  mit den zugehörigen Kreisbogen  $II, I, III$  sind Grenzpunkte der Grundrifs-Projectionen der für die Normalebene  $N$  entstehenden Wöblinien  $ag$  der Kappe  $sAB$  und  $gw$  der Kappe  $sAC$ .

Um ohne Festlegen der Axen der Ellipsen, welche bei den hier angenommenen Kugellaubungen der Kappen zum Zeichnen der Projectionen  $ag$  und  $gw$  benutzt werden könnten, Zwischenpunkte, wie  $q$  auf  $ag$  und  $z$  auf  $gw$ , zu bestimmen, sind die größten Kreise  $M$  mit dem Mittelpunkte  $m$  für die Kappe  $sAB$  und  $P$  mit dem Mittelpunkt  $p$  für die Kappe  $sAC$  unmittelbar verworther.

Die parallel zu  $AB$  senkrecht in  $kl$  aufgestellte Ebene schneidet die Kugelfläche  $sAB$  in einem Parallelkreise mit dem Halbmesser  $kl$ . Derselbe trifft, um  $z$  mit  $zn = kl$  beschrieben, die Spur  $zN$  im Punkte  $o$ . Die wagrechte Projection  $q$  auf  $kl$  dieses Durchganges  $o$  ist ein Zwischenpunkt auf  $ag$ .

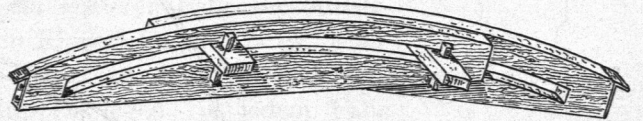
Eben so wird die Kugelfläche  $sAC$  von der nach  $x\gamma$  geführten lothrechten Ebene nach einem Parallelkreise mit dem Halbmesser  $z\delta = x\gamma$  geschnitten, welcher auf der Spur  $zi$  den Punkt  $y$  liefert, dessen wagrechte Projection  $z$  auf  $x\gamma$  einen Zwischenpunkt der Wöblinie  $gw$  ergibt.

Die Wölblinien, also die Lagerkanten der Wölbscharen der Kappen, sind stets Bestandtheile der größten Kreise ihrer Kugelflächen, weil dieselben in Ebenen liegen, welche durch den Mittelpunkt dieser zugehörigen Kugelflächen gehen. Außerdem haben sämtliche Normalebene die ihnen zukommenden, rechtwinkelig zu den Ebenen der Randbogen stehenden Kugelaxen als gemeinschaftliche Schnittlinie. Danach ist also die wirkliche Gestalt für die Lagerkante in der Normalebene  $N$  der Kappe  $sAB$  in dem Theile  $Av$  des zwischen den Parallelen  $zA$  und  $ug$ , bezw.  $uv$  gelegenen, zugehörigen größten Kreises  $M$  und für die antretende Lagerkante  $gw$  in dem von den Parallelen  $zA$  und  $\alpha\gamma$ , bezw.  $\alpha\beta$  begrenzten Stücke  $A\beta$  des zugehörigen größten Kreises  $P$  dargestellt.

Mit Hilfe dieser einfachen Beziehungen können die Ansatzflächen für die Kappen an den Rippenkörpern, nachdem die Eintheilung der Wölbscharen an den Randbogen vorgenommen ist, unter Berücksichtigung der normalen Stellung zu den Laibungsflächen der einzelnen Wölbscharen, welche für alle Stosfugenflächen, also auch für die Ansatzflächen unmittelbar durch die entsprechenden Meridianebenen der in Frage kommenden Kugelflächen erhalten wird, ohne besondere Umstände bestimmt werden.

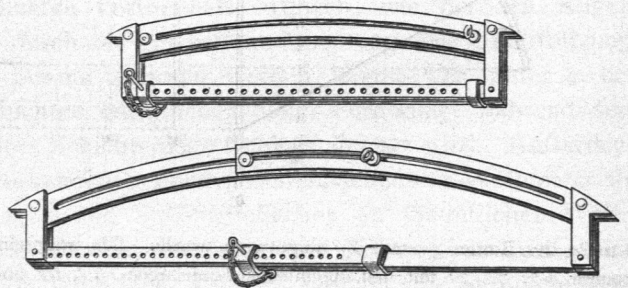
Die mit gleichem Halbmesser beschriebenen Lagerkanten der Wölbscharen, das ohne große Mühe zu bewirkende Festlegen der Endpunkte von gruppenweise zu nehmenden Wölblinien an den Rippenkörpern, die in einfacher Weise zu schaffende normale Richtung der Lager- und Stosfugenflächen ergeben für eine freihändig auszuführende Mauerung der Kappen große Vortheile. Als geeignetes Werkzeug kann beim

Fig. 506.



Wölben der Kappen ein verstellbarer Stichbogen (Fig. 506<sup>181</sup>), hier und dort »Säbelscheide« genannt, zum Innehalten richtiger Wölblinien oder zur Prüfung der Lage der gemauerten Wölbscharen in Gebrauch genommen werden. Die beiden neben einander liegenden, mit Nuth und Zapfen als Führung versehenen, verschieblichen Bretter sind oben nach einem Theile des für eine Kappe ermittelten größten Kreises gerundet. Durch Zusammenschieben oder Ausziehen dieser Lehre wird für kürzere oder längere Wölbscharen die erforderliche Wölblinie erhalten.

Fig. 507.



Durch die an den Stirnen dieses verstellbaren Stichbogens angebrachten kleinen eisernen Winkel kann die Auflagerung seiner Enden und gleichzeitig dann eine Unterstützung der Wölbscharen durch diese Wölblehre während der Ausführung erreicht werden. In neuerer Zeit werden diese verstellbaren Stichbogen nach Fig. 507<sup>182</sup>) auch aus Schmiedeeisen angefertigt.

Bei der beschriebenen Anordnung der Schichten tritt über der Scheitellinie der Kappen ein Zusammenschnitt der Wölbscharen nach Schwalbenschwanz-Verband ein. Hierbei zeigt sich aber meistens ein sehr flach gegen einander tretendes Schnäbeln der zusammentreffenden Steine. Um das dann in erhöhtem Maße er-

<sup>181</sup>) Siehe: VIOLLET-LE-DUC. *Dictionnaire raisonné de l'architecture française etc.* Band 4. Paris 1861. S. 106.

<sup>182</sup>) Von OSCAR SCHACH, Altenburg S.-A. Gebrauchsmuster Nr. 2885.



forderliche Verhauen dieser Schnabelsteine über der Scheitellinie zu vermeiden, kann, wie aus Fig. 505 bei  $s$  zu ersehen ist, die Grenze für die eigentliche Einwölbung der Kappen durch einen linienförmigen Spalt gebildet werden, welcher durch kleine Gewölbstreifen, die sich rechtwinkelig nach Art des *Moller'schen* Verbandes gegen die Seitenflächen der Linse setzen, leicht zu schliessen ist. Der geschilderte Fugenschnitt der Kappen kann auch selbst in feinen Grundlagen beibehalten werden, wenn durchaus Quader als Wölbmaterial Verwendung finden sollen.

b) Die Lagerfugenflächen der Wölb-schichten liegen in Normalebene zum Gratbogen. Um die Vortheile der unter  $c$  erklärten Anordnung der Wölb-schichten für die praktische Ausführung der Kappen vollständig auszunutzen und um außerdem noch einen zweckmäßigeren Zusammenstoß der über der Scheitellinie der Gewölbe zu vereinigenden Wölb-scharen in möglichst rechtwinkelig auf Schwalbenschwanz-Verband geordneten Wölbsteinen zu erzielen, ist die Anlage der Wölb-schichten nach Normalebene zum Grat- oder Diagonalbogen vorzugsweise geeignet. Diese Anordnung findet denn auch bei den gothischen Kreuzgewölben, deren Kappen aus Backsteinen oder geeigneten Bruchsteinen ausgeführt werden sollen, gleichgiltig, ob die Bufung dieser Kappe einer Kugelfläche oder einer anderen gesetzmäßig gebildeten Fläche entspricht, in der Regel die weit gehendste Anwendung.

Wird zunächst die Gewölbbildung mit Kappen, deren Laibungsflächen in bekannter Weise als Kugelflächen gestaltet sind, betrachtet, so mögen in Fig. 508 die Kreisbogen  $A$  mit dem Mittelpunkte  $a$ ,  $B$  mit dem Mittelpunkte  $b$  und  $C$  mit dem Mittelpunkte  $c$  die Schnittlinien der Laibungsflächen der Kappenstücke  $I$  und  $II$  an den Randbogen, bezw. an der Diagonalrippe sein. Für diese Diagonalrippe ist die Breite  $cc_1$  im Grundrisse angenommen. Der Mittelpunkt der Kugelfläche für die Kappe  $I$  wird in der wagrechten Kämpferebene in  $l$  erhalten; der größte Kreis dieser Kugel mit dem Halbmesser  $rl$  ist als  $ek_1$  angegeben.

Für die Kugelfläche der Kappe  $II$  ist  $z$  in der Kämpferebene der Mittelpunkt,  $zf$  der Halbmesser und  $fk_2$  ein Stück ihres größten Kreises. Irgend eine durch den Kreisbogen  $C$  gelegte Normalebene  $N$  mit der Spur  $cd$  in der Ebene der Anschlußlinie  $C$  an der Diagonalrippe und der rechtwinkelig in  $c$  auf  $ec$  stehenden Spur  $zcg$  in der wagrechten Kämpferebene, welche zugleich die Axe der Kugelflächen der Kappen  $I$  und  $II$  ist, durch welche die sämtlichen Normalebene des Bogens  $C$  gehen, schneidet als Meridianebene diese beiden Kugelflächen je für sich nach den schon bestimmten größten Kreisen  $k_1$ , bezw.  $k_2$ . Hierdurch ist bereits die wirkliche Gestalt der unteren Lagerkanten der Wölb-schichten erhalten, und in Folge hiervon kann, wie in  $E$  und  $D$  gezeigt ist, nach Angabe der Kappenstärke und der Breite der Diagonalrippe sofort unter Benutzung der zugehörigen Kugelmittelpunkte  $l$  und  $z$  der fog. Normal-schnitt in wahrer GröÙe unter Einführung des Rückenansatzes, so wie der Profilierung am Grat äußerst leicht ausgetragen werden. Sämtliche Stoßfugenflächen der Wölb-schichten gehören wiederum Meridian-ebenen der betreffenden Kugelflächen an. Hiermit ist eigentlich das Nothwendige für die praktische Ausführung der Wölbung der Kappen und für die Bestimmung der Ansatzflächen an den einzelnen Rippen vollständig gegeben.

Die Lagerflächen folgen stets den Normalebene zum Grat. Geübte Maurer sind im Stande, die richtige Stellung dieser Ebenen bei dem freihändigen Aufbau der Kappen inne zu halten. Wird zur Aufrechterhaltung der wirklichen kreisförmigen Lagerkanten als Hilfsmittel die in den Fig. 506 u. 507 gegebene verstellbare Lehre benutzt, so können bei einiger Sorgfalt unregelmäßige Gestaltungen in den Wölb-linien und damit in den einzelnen Kugelflächen durchaus vermieden werden.

Erscheint es erwünscht, für später unverputzte Kappenflächen einen streng richtigen Verband und einen regelrechten Verlauf der Lagerkanten der Wölb-schichten zu wahren, so sind die Projectionen der Lagerkanten für mehrere Normalebene zum Diagonalbogen durch Zeichnung zu ermitteln, um hierdurch die Lage ihrer Anschlußpunkte, wie  $i$  am Randbogen  $A$ , oder auch wie  $v$  an der Scheitellinie der

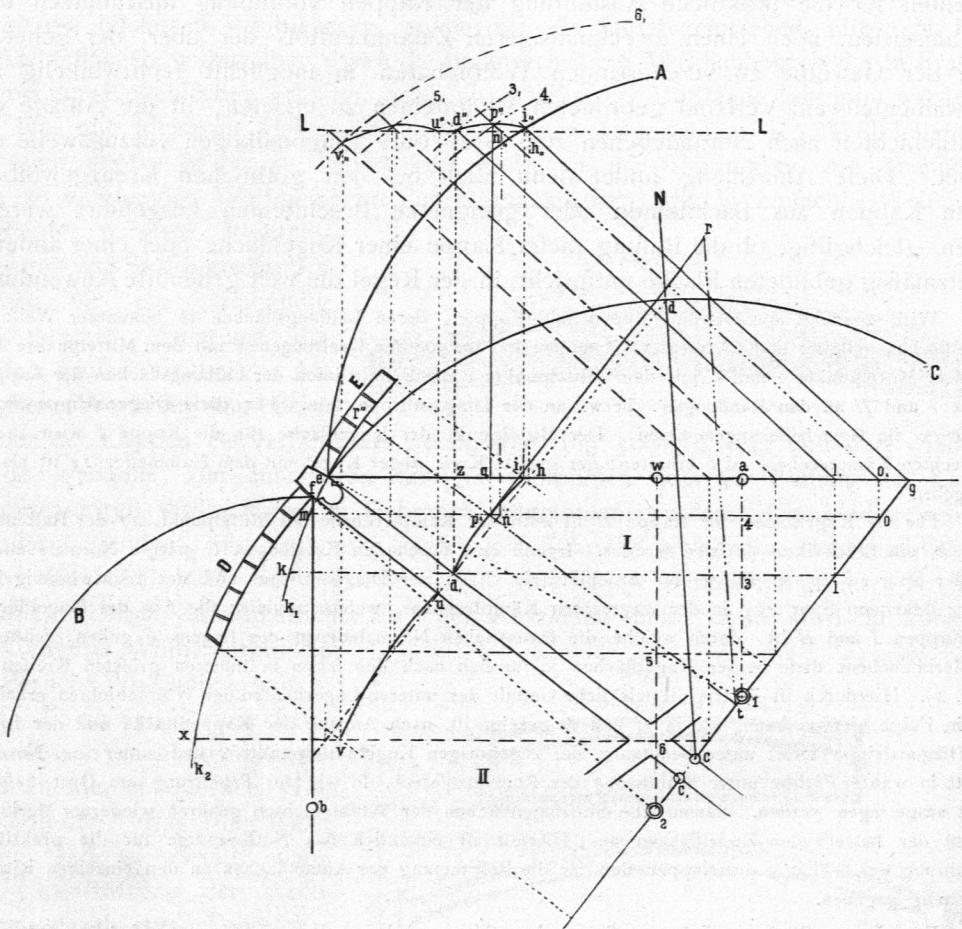
305.  
Vierte  
Anordnung  
der  
Wölb-schichten.

Kappe II angeben zu können. Namentlich ist das nach der Zeichnung vorgenommene wirkliche Uebertragen einer Gruppe von Anschlusspunkten auf die Randbogen für eine regelmässige Gestaltung der Kappenwölbung von Vortheil.

In Fig. 508 ist die wagrechte Projection  $d_1 i_1, uv$ , so wie die lothrechte Projection  $d_1 i_1, u_1 v_1$ , der Wöblinie gezeichnet, welche eine durch den beliebig genommenen Punkt  $d$  des Bogens  $C$  geführte Normalebene  $N$  auf den Kappenflächen hervorruft.

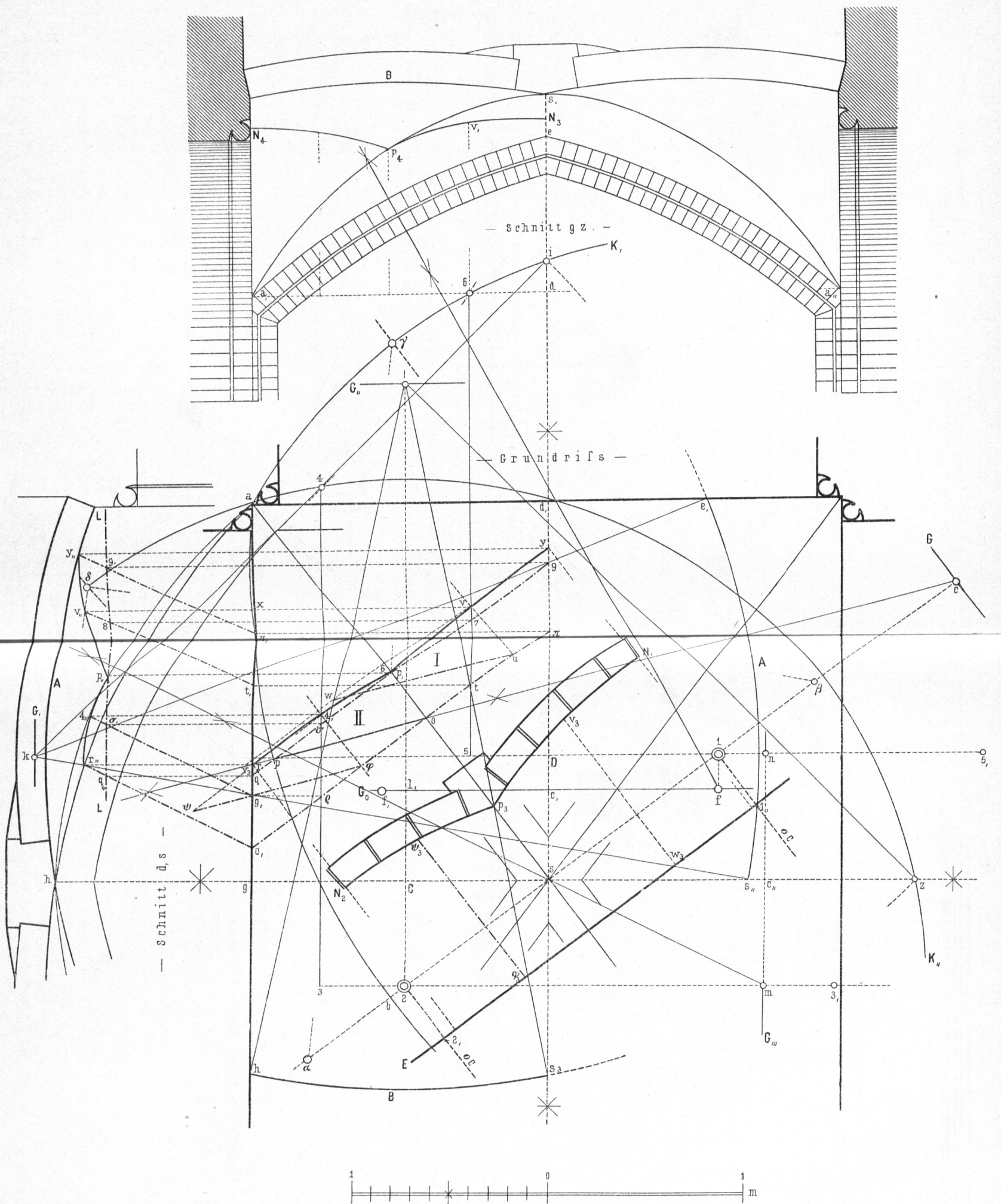
Die Punkte  $d_1$  und  $u$  ergeben sich ohne Weiteres auf  $ec$ , bzw.  $fc_1$  als wagrechte Projectionen des Punktes  $d$ . Die Grenzpunkte  $i$  und  $v$  sind in folgender Weise bestimmt. Eine durch  $d$  geführte wagrechte Ebene schneidet die Normalebene  $N$  in einer wagrechten Geraden. Die lothrechte Projection  $LL$

Fig. 508.



dieser Geraden in der lothrechten Ebene des Bogens  $A$  ist parallel zu  $ea$  im Abstände  $eL = d_1 d$  zu führen, während die Grundriss-Projection  $hd_1 u$  derselben parallel zur wagrechten Spur  $g_2$  der Normalebene  $N$  zieht. Die zu  $h$  gehörige lothrechte Projection  $h_1$  auf der Geraden  $LL$  liefert in Verbindung mit dem Punkte  $g$  die Spur  $gh_1$ , der Normalebene  $N$  in der Ebene des Bogens  $A$ . Die Verlängerung dieser Spur  $gh_1$  bis zum Bogen  $A$  liefert den Schnitt  $i_1$ , als lothrechte Projection des Anschlusspunktes der gefuchten Wöblinie. Die wagrechte Projection ist  $i_1$  auf  $ea$ . Um einen Zwischenpunkt dieser Wöblinie zu ermitteln, ist eine lothrechte Ebene parallel zur Ebene des Bogens  $A$ , z. B. nach  $mo$ , geführt. Dieselbe wird im Grundriss in  $n$  von der wagrechten Projection  $hd_1 u$  der vorhin gekennzeichneten Geraden  $LL$  durchstoßen. Die lothrechte Projection  $n_1$  dieses Durchstoßpunktes auf  $LL$  giebt in Verbindung mit  $o_1$ , welcher dem Schnitte  $o$  der Geraden  $mo$  mit der Spur  $g_2$  der Normalebene  $N$  entspricht, offenbar die lothrechte Projection  $n_1 o_1$  der Schnittlinie dieser Normalebene mit jener nach  $mo$  aufgestellten lothrechten Ebene. Letztere schneidet die Kugelfläche der Kappe  $I$  nach einem Parallelkreise mit dem





Kreuzkappengewölbe mit Bufung nach Kugelflächen über rechteckigem Gewölbefelde.

Halbmesser  $4m$ . Wird mit diesem Halbmesser um  $a$  ein Kreisbogen  $\varphi_1$  beschrieben, so schneidet derselbe die gehörige verlängerte Gerade  $n_{,,}o_1$  im Punkte  $p_{,,}$ , wodurch die lothrechte Projection eines Zwischenpunktes für die in Frage kommende Wölblinie gefunden ist. Die wagrechte Projection desselben ist  $p_1$  auf  $mo$ . Auf dem beschriebenen, in der Zeichnung weiter zu verfolgenden Wege sind beliebig viele Punkte der Wölblinie zu ermitteln. Zu beachten ist nur, daß für die Kappe  $II$  in Bezug auf  $uv$  der größte Kreis  $k_2$  bei der Bestimmung der in Anwendung zu bringenden Parallelkreise zu berücksichtigen ist und daß ferner die Mittelpunkte dieser Gruppe von Parallelkreisen in dem von  $z$  auf  $ea$  gefällten Lothe  $zw$  liegen. So ist z. B. der Parallelkreis  $\delta_1$  um  $w$  mit dem Halbmesser  $\delta x$  zu beschreiben.

Bei der praktischen Ausführung der Kappenwölbung ist es zuweilen erwünscht, die lothrechte Höhenlage gewisser Punkte dieser oder jener Wölblinie über der wagrechten Kämpferebene inne zu halten, ohne die vollständige wagrechte und lothrechte Projection einer solchen Wölblinie zu zeichnen. Man benutzt für diese Ausmittelung unmittelbar den Normalschnitt  $DE$ .

Soll z. B. die lothrechte Höhenlage des beliebigen Punktes  $r_{,,}$  einer Wölblinie, welche einem beliebigen Normalschnitte  $N$  angehört, dessen Spuren in  $cd$  und  $zg$  fest gelegt sind, über der Kämpferebene gefunden werden, so falle man von  $r_{,,}$  das Loth  $r_{,,}t$  auf  $zg$ , ziehe durch  $t$  einen Strahl  $tr$  parallel zu  $cN$  und schneide  $tr = tr_{,,}$  ab. Das von  $r$  auf  $r_{,,}t$  gefällte Loth  $rp_1$  ist die gefuchte Höhe. Gleichzeitig ist in  $p_1$  auf  $r_{,,}t$  auch die wagrechte Projection eines Zwischenpunktes der einer Ebene  $N$  angehörenden Wölblinie erhalten.

Für die Richtigkeit dieses Verfahrens gelten die folgenden Gründe. Eine lothrechte Ebene, welche parallel zu der Ebene  $ec$  des Bogens  $C$  nach einer wagrechten Spur  $r_{,,}t$  geführt ist, schneidet die Kugelfläche der Kappe  $I$  nach einem Parallelkreise, dessen Mittelpunkt  $t$  auf der jetzt in Frage kommenden Kugelaxe  $ct$ , bzw.  $zg$  liegt, dessen Halbmesser unter Berücksichtigung des größten Kreises dieser Kugelfläche gleich  $tr_{,,}$  wird. Dieser Halbmesser ist in der Normalebene  $N$  eine Parallele zum Halbmesser  $cd$  der gleichfalls als Parallelkreis auftretenden Schnittlinie  $C$  der lothrechten Seitenebene der Diagonalrippe, so daß nach dieser Benutzung der Kugelfläche der Kappe  $I$  die Höhenlage des Punktes  $r$  in einfachster Weise zu finden ist.

Wie sofort zu erkennen, kann das soeben angegebene Verfahren auch zur Bestimmung der wagrechten und lothrechten Projectionen der Wölblinie angewendet werden, welche irgend einer Normalebene  $N$  zukommt.

Für das Einwölben der Kappen der gothischen Kreuzkappengewölbe oder der flachen Kreuzgewölbe, deren Gestaltung im Art. 290 (S. 421) besprochen wurde, ist ebenfalls die Bildung der Wölbschichten nach Normalebenen zum Diagonalbogen vorwiegend in Gebrauch zu nehmen.

Die Ausmittelung des sog. Normalschnittes und die Bestimmung der Projectionen der zugehörigen Wölblinien ist nach den im Vorhergehenden angeführten Grundlagen zu bewirken. Ihre Anwendung soll in der Zeichnung auf neben stehender Tafel noch näher gezeigt werden.

Ein rechteckiges Gewölbefeld von  $4^m$  Länge und  $3^m$  Breite ist mit einem Kreuzkappengewölbe mit Bufung nach Kugelflächen von  $1^m$  Pfeilhöhe unter Anwendung von Backsteinmaterial zu überdecken. Die Bogenlinie der nicht profilirten Diagonalrippen ist ein flacher Kreisbogen, welcher zur Hälfte als  $ab$  seitlich von  $as$  mit der Pfeilhöhe  $sb = 1^m$  gezeichnet ist. Der Mittelpunkt  $c$  dieses Kreisbogens, welcher also nicht als Spitzbogen auftreten soll, liegt auf der verlängerten Geraden  $bs$ . Eine durch  $c$  parallel zu  $as$  geführte Gerade  $G$  bestimmt die wagrechte Grundebene, worin außer  $c$  auch sämtliche Mittelpunkte der Kugelflächen der Laibungen der Kappen, mithin auch die Mittelpunkte ihrer Schnittlinien mit den lothrechten Seitenebenen der Rand- oder Gurtbogen des Gewölbefeldes liegen. Der Abstand dieser Grundebene oder Mittelpunktsebene von der wagrechten Kämpferebene ergibt sich als  $sc$ .

Im Schnitte nach  $gz$  ist die Kämpferebene durch die wagrechte Gerade  $a_1a_{,,}$  bestimmt, während dieselbe in dem Schnitte  $d_1s$  gleich durch die schon vorhandene Gerade  $ag$  fest gelegt ist. Die in  $d_1$ , bzw.  $g$  zu den entsprechenden Geraden errichteten Lothe  $ds_1$ , bzw.  $gh$  sind gleich der Pfeilhöhe  $sb$ , so daß  $s_1$ , bzw.  $h$  die lothrechten Projectionen des Gewölbscheitels sind. Trägt man auf der Verlängerung von  $s_1d$  die Strecke  $dc_1$  gleich der Strecke  $sc$  ab, so giebt die durch  $c_1$  parallel zu  $a_1a_{,,}$  gezogene Gerade  $G_0$  die Lage der Grundebene in Bezug auf den Schnitt  $gz$  an, wie auch nach Abtragen der Strecke  $sc$



von  $g$  nach  $c$ , auf der verlängerten Geraden  $hg$  in der durch  $c$ , parallel zu  $ag$  geführten Linie  $G$ , die für den Schnitt  $d_1s$  maßgebende Grundebene erhalten wird.

Die Schnittlinie der Laibungsfläche der Kappe  $I$  an der schmalen Rechtecksseite soll ein flacher Spitzbogen  $a,ea$ , sein, dessen Pfeilhöhe  $de$  kleiner als die Pfeilhöhe  $ds$ , des Gewölbes selbst sein möge. Berücksichtigt man nur die Hälfte  $a,e$  dieses mit dem Flachbogen der Diagonalrippe über  $as$  im Kämpferpunkte  $a$ , zusammen tretenden Spitzbogens, so ergibt sich nach bekannter Construction in  $f$  auf  $G_0$  der Mittelpunkt für den Kreisbogen  $a_1e$ . Nimmt man auf  $G_0$  die Strecke  $c_1f = c_1f$ , so ist  $f_1$  der Mittelpunkt der anderen Hälfte  $e,a$ , jenes Spitzbogens. Aus diesen Mittelpunkten sind, wie der Schnitt  $gz$  zeigt, auch die concentrischen Begrenzungslinien der Profile des vorspringenden Rand- oder Gurtbogens zu beschreiben. Errichtet man nunmehr in  $f$  das Loth  $f_1$  auf  $G_0$ , so schneidet dasselbe das in  $c$  auf  $G$  vorhandene Loth  $cb$  im Punkte  $r$ . Dieser Punkt ist die wagrechte Projection des Mittelpunktes der Kugelfläche für die Laibung des Kappenstückes  $I$ . Der Mittelpunkt der Kugel selbst liegt um die Strecke  $sc$  senkrecht unter der Kämpferebene. Eine durch den Punkt  $r$  geführt gedachte lothrechte Kugelaxe ergibt im Durchstoßpunkte  $r$  mit der wagrechten Kämpferebene den Mittelpunkt eines dieser Kugelfläche angehörenden Parallelkreises  $K$ , dessen Halbmesser nun als  $ra$  bestimmt ist. Um die Größe des Halbmessers der Kugel zu finden, ist nur durch  $r$  eine Parallele  $r\gamma$  zu  $as$  bis zum Schnitte mit  $K$ , in  $\gamma$  zu ziehen, auf dem Lothe  $ca$  zu  $as$ , bezw. zu  $r\gamma$  die Strecke  $ra = sc$  abzutragen, wonach in  $\alpha\gamma$  dieser Halbmesser erhalten wird.

Nach dieser Ausmittlung ist die Kugelfläche des Kappenstückes  $I$  vollständig fest gelegt. Für das Austragen der Scheitellinie  $A$  über  $d_1s$  ist von  $r$  das Loth  $rk$  auf  $c,d$ , zu fällen und auf demselben die Strecke  $Dk = sc$  abzuschneiden. Die durch  $k$  parallel zu  $c,d$ , gezogene Gerade  $G$ , ist wiederum als Grundebene anzusehen. Der verlängerte Strahl  $c,d$ , trifft den Parallelkreis  $K$ , in  $i$ ; folglich ist  $ki$  der Halbmesser der um  $k$  als Kreisbogen zu beschreibenden Scheitellinie  $A$ . Als Probe für die Richtigkeit der Zeichnung muß sich, nachdem der Bogen  $A$  geschlagen ist, die Länge  $de$ , gleich der Pfeilhöhe  $de$  des Spitzbogens  $a,ea$ , im Schnitte  $gz$  und die Länge  $ss$ , gleich der Pfeilhöhe  $sb$  des Diagonalbogens herausstellen. Der Bogen  $A$  ist danach im Schnitte  $d,s$  eingetragen. Die Schnittlinie der Wölfläche der Kappe  $II$  möge ein flacher Spitzbogen sein, dessen Pfeilhöhe  $gh$  gleich der Pfeilhöhe  $sb$  des Diagonalbogens ist. Für die Hälfte  $ah$  dieses Spitzbogens ist unter Benutzung der bereits angegebenen Grundebene  $G$ , in  $m$  der zugehörige Mittelpunkt bestimmt. Der Schnitt  $z$  des in  $m$  auf  $G$ , errichteten Lothes mit dem Strahle  $csa$  ist die wagrechte Projection des Mittelpunktes der Kugelfläche für die Laibung der Kappe  $II$ . Entsprechend den bei der Kugelfläche  $I$  angestellten Betrachtungen wird der um  $z$  mit dem Halbmesser  $za$  beschriebene Kreis  $K$ , ein in der Kämpferebene gelegener Parallelkreis dieser zweiten Kugel. Der Kugelhalbmesser ergibt sich als  $\beta\delta$ . Hierzu ist durch  $z$  eine Parallele zu  $as$  zu legen, um ihren Schnitt  $\delta$  mit dem Parallelkreise  $K$ , zu erhalten, und weiter  $z\beta = sc$  auf  $zc$  abzuschneiden, wodurch  $\beta\delta$  gefunden wird. Für die Scheitellinie  $B$  über  $sg$  ist auf dem von  $z$  auf  $sg$  gefällten Lothe die Strecke  $Cl = sc$  abzusetzen, so daß  $G$ , Grundebene und  $l$  Mittelpunkt für den Kreisbogen  $B$  wird. Der Schnitt  $z$  der verlängerten Geraden  $gs$  mit dem Parallelkreise  $K$ , bestimmt die Länge des Halbmessers  $lz$  der Scheitellinie  $B$ . Als Probe der Richtigkeit dieses Bogens muß jetzt  $ss_3 = sb$  und eben so, da die Pfeilhöhe des Randbogens  $ah = sb$  genommen war,  $gh = sb$  gefunden werden. Im Schnitte  $gz$  ist dieser Bogen  $B$  wiederum berücksichtigt.

Da die Halbmesser  $\alpha\gamma$  für die Kugelfläche  $I$  und  $\beta\delta$  für die Kugelfläche  $II$  bekannt geworden sind, so ist hierdurch für alle Normalchnitte zum Gratbogen das zum Austragen ihrer wirklichen Größe Erforderliche erreicht. Die Wölblinien von sämtlichen Normalchnitten sind Theile der mit den Halbmessern  $\alpha\gamma$ , bezw.  $\beta\delta$  zu beschreibenden größten Kreise ihrer Kugelflächen. So ist auch für den Normalchnitt  $pc$  die Wölblinie  $p_3N_1$  mit dem Halbmesser  $\alpha\gamma$ , die Wölblinie  $p_3N_2$  mit dem Halbmesser  $\beta\delta$  zu beschreiben, wobei die Mittelpunkte der einzelnen in  $p_3$  sich schneidenden Kreisbogen in den durch  $r$ , bezw. durch  $z$  senkrecht zu  $ac$  geführten, hier nicht weiter verlängerten Strahlen  $oc$  liegen.

Sollen, wie in der Zeichnung geschehen, sämtliche Projectionen der durch eine Normalebene, z. B.  $pc$ , des Diagonalbogens  $ab$  auf den Wölflächen  $I$  und  $II$  entstehenden Schnittlinien dargestellt werden, so kann dazu der folgende Weg dienen. Die durch die wagrechte Projection  $p$ , des Punktes  $p$  senkrecht auf  $as$  gehende Gerade  $qg$  sei die Grundriffs-Projection einer durch  $p$  geführten wagrechten Linie, deren lothrechte Projection im Schnitte  $d,s$  durch  $Lp$ ,  $L$  gegeben ist. Die wagrechte Spur  $\pi o$ , der Normalebene  $pc$  geht in der Kämpferebene rechtwinkelig zu  $as$  durch den Punkt  $o$ . Führt man zur Bestimmung irgend eines Punktes der durch die Normalebene  $pc$  auf der Kugelfläche  $I$  hervorgerufenen Schnittlinie beliebig eine lothrechte Ebene parallel zur Seitenebene  $ag$ , z. B. nach  $5\delta$ , so wird die durch  $qg$  und  $\pi o$ , gelegte Ebene nach einer Geraden mit den Projectionen  $t7$  und  $t,8$  getroffen, während die

Kugelfläche  $I$  von jener lothrechten Ebene nach einem Kreise geschnitten wird, welcher als Parallelkreis der Kugel  $I$  mit dem bekannt gewordenen Punkte  $b$  auf  $K$ , erscheint. Eine lothrechte Axe derselben geht durch  $r$  in der Kämpferebene. Trägt man also auf dem Strahle  $sr$  die Strecke  $ss = sc$  ab, so ist  $s$ , der Grundebene des für  $sb$  entstehenden Parallelkreises zuzuweisen, wonach sich in  $s, b$  der Halbmesser dieses Parallelkreises ergibt. Für den Schnitt  $d, s$  ist aber  $G_{III}$  die Grundebene. In derselben ist durch  $n$  der Durchstoßpunkt jener mehrfach erwähnten, den Punkt  $r$  enthaltenden lothrechten Kugelaxe bestimmt. Beschreibt man daher um  $n$  mit dem Halbmesser  $s, b$  einen Kreisbogen, welcher die verlängerte Gerade  $t, s$  des Schnittes  $d, s$  im Punkte  $v$ , trifft, so ist hierdurch die lothrechte Projection eines Punktes der gefuchten Wölblinie auf der Kappenfläche  $I$  gefunden. Die wagrechte Projection dieses Punktes ist  $v$  auf der Geraden  $sb$ . Für die Lage des entsprechenden Punktes  $v_3$  im Normalschnitte  $N_1 p_3 N_2$  ist  $w_3 v_3$  gleich dem wirklichen Abstände innerhalb der geneigten Normalebene von der Kämpferebene  $E$ , also gleich der Hypotenuse  $uw$  des rechtwinkligen Dreieckes  $uvw$ , dessen Kathete  $vw$  gleich der Höhe  $xv$ , ist und wobei außerdem die Kathete  $uv$  parallel zu  $as$  gerichtet sein muß. Für einen Punkt der auf der Fläche  $II$  durch die Normalebene erzeugten Wölblinie kommt der Parallelkreis  $K_{II}$  in Betracht. So ist z. B. für das Festlegen des Punktes  $4_{II}$  im Schnitte  $d, s$  zunächst  $3, 4$  parallel zu  $ag$  gezogen, alsdann  $3, 3 = sc$  genommen und endlich um  $m$  mit dem Halbmesser von der Länge  $3, 4$  ein Kreisbogen geschlagen, welcher die verlängerte, hier in Frage kommende Gerade  $g, s$ , im gefuchten Punkte  $4_{II}$  trifft. Hiernach ergibt sich  $4_{II}$  auf  $3, 4$  als ein Punkt der wagrechten Projection der zugehörigen Wölblinie. Im Normalschnitte ist  $\varphi_3 \psi_3$  gleich der Hypotenuse  $\varphi \psi$  des rechtwinkligen Dreieckes  $\varphi w \psi$ , worin  $w \psi$  gleich der Höhenlage des Punktes  $4_{II}$  über  $ag$  ist. Nach diesen Angaben können beliebig viele Punkte der Wöblinien eines Normalschnittes  $p, c$  bestimmt werden.

Für die Ausführung der Gewölbekappen aus Quadern wird zur Herstellung eines ordnungsmäßigen, in gutem Verbande stehenden Fugenschnittes der Wölbsteine das Zeichnen der Wöblinien im Aufrifs, vorzugsweise aber im Grundrifs erforderlich.

306.  
Wölbung  
aus  
Quadern.

Bei der Anordnung der Lagerflächen nach Normalebene zum Diagonalbogen sind die unteren Lagerkanten bei Kappen mit Kugellaubungen einfach Theile eines größten Kreises. Sämmtliche Normalebene gehen durch die Kugelaxe, welche rechtwinklig zur Ebene des Diagonalbogens steht. Je nach der Neigung der einzelnen Normalebene erscheinen also die Grundrifs-Projectionen jener Lagerkanten zwischen den Grenzlagen, nämlich der geraden Linie (Kugelaxe) für die lothrechte Stellung der Normalebene und dem Kreisbogen (Theil des größten Kreises) für die wagrechte Lage derselben, als Stücke von Ellipsen. Durch die an sich einfache Bestimmung der Axen dieser verschiedenen Ellipsen wird eine bedeutende Erleichterung für das Festlegen der Grundrifs-Projection der Lagerkanten der einzelnen Wölbsteine herbeigeführt. In Fig. 509 sind die hierfür in Frage kommenden Darstellungen gegeben.

Für ein rechteckiges Gewölbefeld ist der um  $a$  beschriebene Kreisbogen  $A$  die Ansatzlinie des Kappenstückes  $qds$ , der um  $b$  geschlagene Kreisbogen  $B$  die Randlinie des Kappenstückes  $rds$  und der Kreisbogen  $C$  mit dem Mittelpunkte  $c$  die Schnittlinie beider Kappentheile an dem hier unprofilirt genommenen Diagonalbogen.

Man findet in  $r$  den Mittelpunkt der Kugelfläche für die Kappe  $qds$  mit dem größten Kreise  $K_1$  und dem Halbmesser  $rd$ , in  $s$  den Mittelpunkt der Kugelfläche für die Kappe  $rds$  mit dem größten Kreise  $K_2$  und dem Halbmesser  $sd$ . Die beiden Kugeln gemeinschaftliche, senkrecht auf der Ebene des Diagonalbogens  $C$  stehende Axe ist die durch  $r$  und  $s$  gehende Gerade  $III$ .

Die auf  $III$  in  $r$  senkrecht stehende Gerade  $rK_1$  und das in  $s$  auf  $III$  gezeichnete Loth  $sK_2$  sind Kugelaxen der Kappen  $qds$  und  $rds$ , welche in  $r$ , bezw.  $s$  parallel zur Gratebene  $C$  geführten Ebenen angehören. Ueber  $rK_1$  erhebt sich ein größter Kreis  $K_1 I$ ; über  $sK_2$  steht ein größter Kreis  $K_2 II$ . Dieselben sind nur theilweise gezeichnet, aber gleichzeitig als  $oe$  für  $K_1 I$  und als  $pf$  für  $K_2 II$  in die Ebene des Bogens  $C$  gebracht.

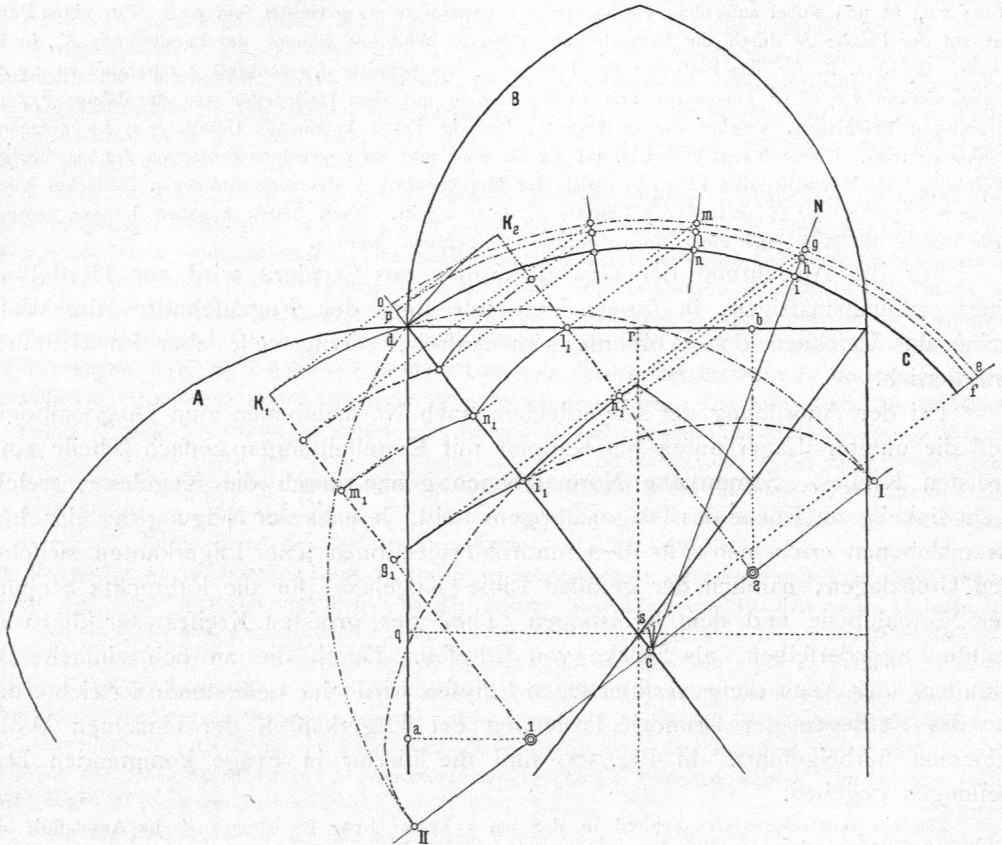
Legt man durch den beliebigen angenommenen Punkt  $i$  des Diagonalbogens  $C$  eine Normalebene mit den Spuren  $cN$  und  $III$ , wovon  $cN$  den größten Kreis  $oe$  in  $g$ , den größten Kreis  $pf$  in  $h$  trifft, so wird die Kugelfläche  $qdc$  nach einem größten Kreise vom Halbmesser  $cg$ , die Kugelfläche  $rdc$  nach



einem größten Kreise vom Halbmesser  $ch$  geschnitten. Die auf  $IK_1$  entfallende wagrechte Projection des Halbmessers  $cg$  liefert die halbe kleine Axe des in der Grundrifs-Projection als Ellipse auftretenden größten Kreises der Ebene  $cN$ , während die halbe große Axe dieser Ellipse unverändert gleich  $II = id = cg$  bleibt. Eben so wird die wagrechte Projection  $ah_1$  von  $ch$  auf  $IK_2$  die halbe kleine Axe und  $II$  die halbe große Axe der für den in der Ebene  $cN$  liegenden größten Kreis vom Halbmesser  $ch$  in der Grundrifs-Projection in Frage kommenden Ellipse.

Diesen Axen entsprechend sind die beiden in  $i_1$  auf  $ds$  sich schneidenden Viertelellipsen  $g_1I$  und  $h_1II$  gezeichnet. Sie liefern, in  $i_1g$  und  $i_1h_1$ , so weit die Kappenflächen  $qds$  und  $rds$  dabei überhaupt in Betracht kommen, die Grundrifs-Projection der Lagerkante für eine in der Normalebene  $cN$  enthaltene Lagerfugenfläche einer Wölbfschicht.

Fig. 509.



Für eine andere Normalebene  $cm$  entstehen die Lagerkanten  $m_1n_1l_1$  als Theile von Ellipsen mit den Halbaxen  $II, Im$  für  $m_1n_1$  und  $II, il_1$  für  $n_1l_1$ .

Auf gleichem Wege lassen sich unter Beachtung von Fig. 508 (S. 444) auch die Lagerkanten der Wölbfschichten bestimmen, wenn statt einer Gratkante die beiden Ansatzlinien an den Seitenflächen der Diagonalrippe berücksichtigt werden müssen.

Die Breite jeder einzelnen Wölbfschicht nimmt von den senkrechten Ebenen der vorhin erwähnten Kugelaxen  $IK_1$  und  $IK_2$  nach beiden Seiten hin gemessen ab. Für Quadermaterial ist diese Veränderung der Breite unbedingt zu berücksichtigen. Für die Theilung der Ansatzlinie der Kappen am Diagonalbogen  $C$  können gleich große Theilweiten eintreten. Die Theilpunkte bestimmen alsdann die Richtung der zugehörigen Normalebene und bedingen damit die Breite der an die Randbogen  $A$  und  $B$  stoßenden Wölbfschichten.

Beim Einwölben der Kappen mit Backsteinen oder mit dünnen lagerhaften Bruchsteinen können bei nicht sehr weit gespannten Gewölben die Veränderungen in der Breite der an sich schmalen Wölbcharen durch eine geringe Verstärkung der Mörtelfugen ausgeglichen werden. Bei Spannweiten, welche über das gewöhnliche Maß hinaus gehen, kann diese Veränderung der Breite jedoch das mehrfache Verhauen und das weniger einfache Zurichten der Wölbsteine im Gefolge haben. In solchen Fällen bringt man, zur Vermeidung des lästigen, auch zeitraubenden Verhauens der Steine und zur Verhinderung einer unregelmäßigen Gestaltung der Kugelflächen der Kappen, entweder besonders geformte Wölbsteine in Anwendung, oder man giebt die Lage der Wölbchichten in Normalebenen zum Diagonalbogen ganz auf und wählt eine andere, den früher besprochenen Anordnungen entsprechende Bildung der Wölbchichten.

307.  
Wölbung  
aus  
Back- und  
Bruchsteinen.

Für die Stosflächen ist die Veränderung der Breite der Wölbcharen nicht von großem Belang. Diese Flächen werden in der Regel den senkrecht gestellten Meridianebenen der Kugelflächen der Kappen zugewiesen.

Die Ansatzflächen der Rippenkörper gehören Kegelflächen an. Sie werden durch die Fortbewegung der entsprechend verlängert gedachten Halbmesser der Kugellaibungen an den für die Rippen bestimmten Ansatzlinien der Kappen erzeugt.

Meistens ergibt die gesetzmäßige Gestaltung der Kappen nach reinen Kugelflächen auch eine günstig erscheinende Bufung und eine gute Form der Scheitellinie.

Sollen die Laibungsflächen der Gewölbekappen jedoch nicht als reine Kugelflächen ausgebildet werden, sollen dieselben vielmehr durch Einführung einer besonders gestalteten Bufung eine Umwandlung in kugelhähnliche (sphäroidische) Flächen erfahren; so findet auch bei diesen Kappen im Allgemeinen die Anordnung der Lagerflächen der Wölbchichten nach Normalebenen zum Diagonalbogen Anwendung.

308.  
Kappen  
mit  
kugelförmiger  
Laibung.

Da in der Regel die Rand- und Diagonalbogen als nach Kreisbogen gefschlagene Spitzbogen beibehalten werden, so hängt die Gestaltung der Laibungsflächen der sphäroidischen Kappen in erster Linie von der Größe der Bufung ab, welche den Wölbflächen gegeben werden soll. Sowohl ein übertriebenes, als auch ein zu geringfügiges Maß dieser Bufung soll vermieden werden.

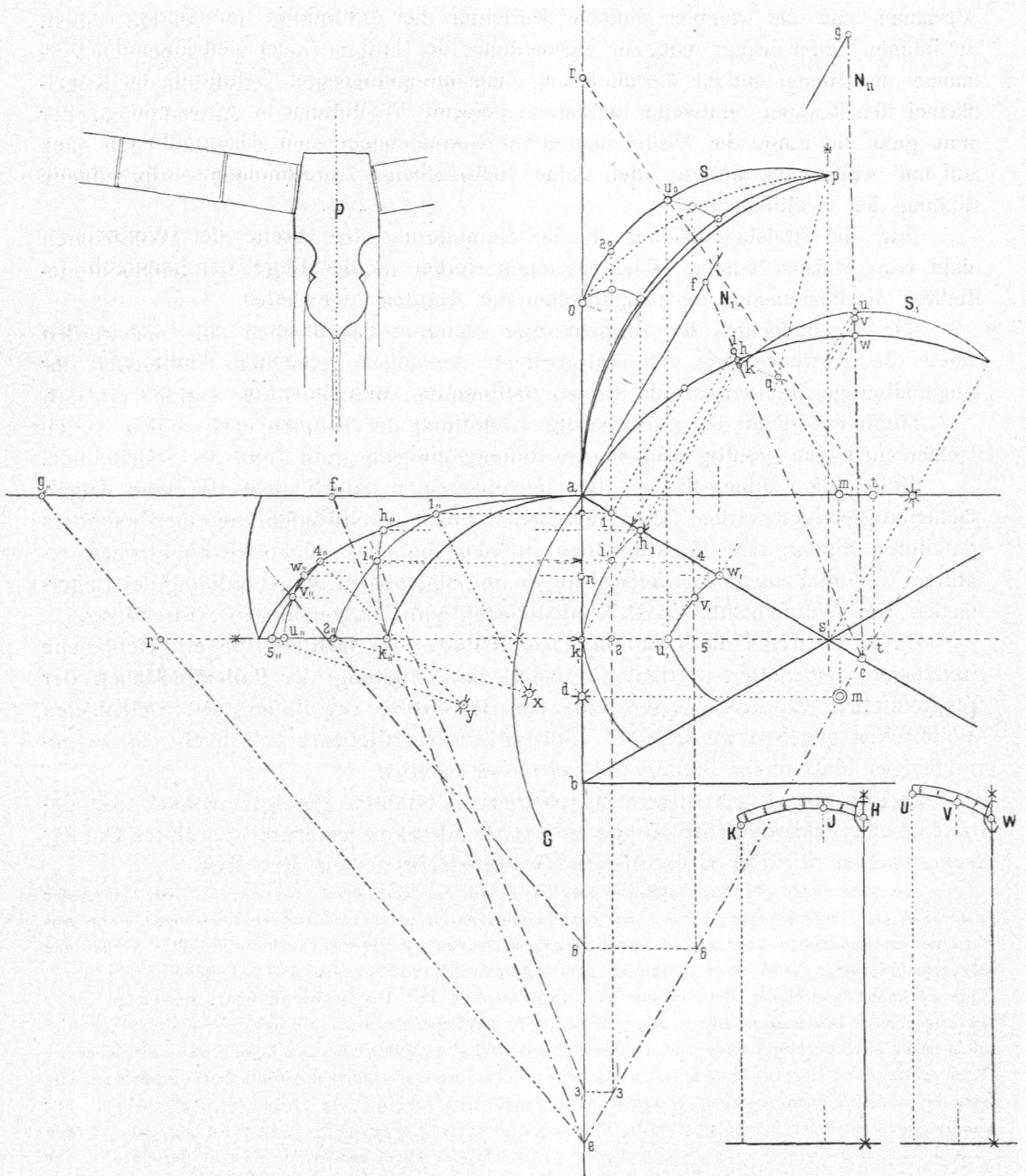
In Fig. 510 ist ein allgemein gehaltenes Verfahren gezeigt, wonach die Gestaltung einer sphäroidischen Kappe  $abs$  unter Annahme einer frei gewählten Bufung vorgenommen ist. Der Grundriß des Gewölbefeldes sei ein Rechteck.

Die Ansatzlinien des Kappenstückes über  $ak, s$  sind am Randbogen über  $ak$ , mit dem Halbmesser  $da$  um  $d$ , am Diagonalbogen über  $as$  mit dem Halbmesser  $ca$  um  $c$  beschriebene Kreisbogen. Die Ansatzlinie am Randbogen über  $am$ , ist ein Spitzbogen, wovon  $ap$  einen Schenkel darstellt. Sämtliche Mittelpunkte dieser Ansatzlinien liegen in der wagrechten Kämpferebene. Die Scheitelhöhe der Randlinie  $ap$  möge gleich der Scheitelhöhe der Ansatzlinie an der Diagonalrippe sein; die Kappe  $am, s$  zwischen diesen beiden Ansatzlinien möge eine reine Kugelfläche bleiben. Ihre weitere Gestaltung soll hier nicht mehr berücksichtigt werden. Der Scheitelpunkt  $k$ , der Ansatzlinien am Randbogen der schmalen Rechtecksseite  $ab$  liegt wesentlich tiefer, als der Scheitel der Ansatzlinien über  $as$ , bezw. über  $bs$ . Die von diesen Ansatzlinien begrenzte Kappe über  $abs$  soll eine sphäroidische Laibungsfläche erhalten. Für die Bestimmung dieser Fläche ist nur die über  $ak, s$  gelegene Kappenhälfte in Betracht gezogen. Würde man die Laibung dieser Kappe als Kugelfläche behandeln, so würde  $m$  der Mittelpunkt derselben,  $G$  ihr größter Kreis und die über  $k, s$  liegende Scheitellinie der um  $m$ , mit dem Halbmesser  $m, o = m, p$  beschriebene, punktiert gezeichnete Kreisbogen  $op$  sein. Soll nun, entsprechend einer einzuführenden stärkeren oder geringeren Kappenbufung, eine Umwandlung dieser Scheitellinie  $op$  stattfinden, so kann dieselbe durch irgend einen höheren oder flacheren Kreisbogen ersetzt werden oder auch durch irgend eine andere, nach oben stärker oder weniger stark gebogene, jedoch gesetzmäßig gestaltete Linie, wobei nur die Punkte  $o$  und  $p$  als Endpunkte unverändert bleiben müssen. Meistens wird für diese Scheitellinie ein Kreisbogen



genommen. In der Zeichnung ist dieselbe als Kreisbogen  $S$  mit beliebig gewähltem Halbmesser  $oq = pq$  um  $q$  beschrieben. Durch diese Scheitellinie  $S$  und durch die Ansatzlinien über  $ak$ , und  $as$  sind die Begrenzungslinien der sphäroidischen Kappenfläche über  $ak, s$  fest gelegt. Für die Erzeugung dieser Fläche selbst ist ein bestimmtes Gesetz zu Grunde zu legen. Hier gelte die Vorschrift, daß jede Schnittlinie,

Fig. 510.



welche auf dieser Fläche durch irgend eine parallel zur senkrechten Ebene des Randbogens der Seite  $ab$  geführte Ebene hervorgerufen wird, ein Kreisbogen sein soll, dessen Halbmesser stets die Größe des Halbmessers  $da$  der Ansatzlinie  $ak$ , behält. Dieser Bedingung entsprechend, sind z. B. mittels der Ebenen in  $1, 2$  und  $4, 5$ , nach Ausführung einfacher zeichnerischer Darstellungen, welche sofort aus der Zeichnung zu erkennen sind, die erzeugenden Schnittlinien  $1'', 2''$ , und  $4'', 5''$  bestimmt. Ist auf dem angegebenen

Wege die Erzeugung und Darstellung einer sphäroidischen Gewölbfläche vorgenommen, so läßt sich ohne Schwierigkeit die Ausmittelung der Lager- und Stofskanten der Wölbflächen bewirken, je nachdem diese oder jene der besprochenen Anordnungen für den Fugenschnitt der Wölbung getroffen werden soll. In der Zeichnung entsprechen die Projectionen  $h, i, k, h', i', k'$ , so wie  $w, v, u, w', v', u'$ , den Lagerkanten von Wölbflächen, welche den Normalebene  $N_1$ , bezw.  $N_2$ , zum Diagonalbogen angehören. Die Bestimmung dieser Projectionen erfolgt nach bekannten einfachen Sätzen der darstellenden Geometrie. Das Nähere hierfür ist in der Zeichnung angegeben. Für das Austragen der wirklichen Gestalt der Wölbflächen als  $HJK$  und  $WVU$  der Normalebene  $N_1$  und  $N_2$ , so wie des wirklichen Querschnittes  $P$  der Diagonalrippe mit den entstehenden Ansatzflächen, welche in gleichem Sinne stattfinden kann, wie bei Fig. 453 (S. 390) angeführt ist, giebt die Zeichnung ebenfalls unmittelbar die nöthigen Anhaltspunkte.

### β) Bufige Kappen mit Stelzung.

Liegen die Mittelpunkte der für das Rippenystem der gothischen Kreuzgewölbe vorgeschriebenen, meistens nach Spitzbogen geformten Ansatzlinien der Laibungsflächen der Gewölbkappen nicht in einer gemeinschaftlichen Kämpferebene, bezw. nicht in ein und derselben Grundebene, oder sind von vorn herein bestimmte Ansatzlinien in ihren Scheitelpunkten in Bezug auf den höchsten Punkt des ganzen Gewölbkörpers in höherem oder geringerem Grade zu heben oder zu senken; so erhalten diese Ansatzlinien durch im Allgemeinen in lothrechter Richtung angefügte Fußlinien eine Stelzung. Diese Stelzung ist sowohl für die Gestaltung und die Art des Einwölbens der Kappen, als auch für die Entwicklung und Construction der Rippenanfänge von Bedeutung.

309.  
Gestaltung.

Durch die Ansatzlinien sind die Leitlinien für die Erzeugung der Kappenflächen gegeben. Die Gestaltung der bufigen Flächen hängt ab von der Form der als Erzeugende gewählten krummen Linie, von dem Gesetze ihrer Bewegung an den gegebenen Leitlinien und in vielen Fällen noch von dem Gesetze, wonach die Form der Erzeugenden einer Veränderung während ihrer Bewegung unterworfen werden muß.

Im Folgenden sollen an einigen Beispielen die für die Gestaltungen bufiger Kappenflächen mit Stelzung erforderlichen wichtigsten Grundzüge mitgeteilt werden.

310.  
Beispiel  
1.

Das Kreuzgewölbe über dem rechteckigen Gewölbefelde  $abcd$  (Fig. 511) soll in den Scheitelpunkten der spitzbogigen Ansatzlinien der Randbogen eine gleiche Höhenlage mit dem Scheitel der gleichfalls spitzbogigen Ansatzlinien am Diagonalbogen erhalten. Die als gegeben angefehene Form dieser Ansatzlinien möge eine Stelzung der Ansatzlinie  $505$  des Randbogens der schmalen Rechteckseite  $bc$  um eine lothrechte Strecke  $bs = bb' = bb''$ , erforderlich machen, während die Ansatzlinie  $bca$  am Randbogen der langen Seite  $ab$  ohne Stelzung bleibt.

Die Gewölbkappen an den langen Seiten können also ohne Weiteres nach dem in Art. 301 (S. 435) unter  $a$  gemachten Mittheilungen gestaltet werden. Die Scheitellinie dieser Kappen sei der Kreisbogen  $ow$ . Die Gewölbkappen  $C$  und  $D$  der schmalen Seiten, wovon hier nur die Kappe  $D$  berücksichtigt wird, sollen bufige Laibungsflächen mit Stelzung erhalten. Die frei gewählte Scheitellinie dieser Kappen sei der Kreisbogen  $ef$ .

Wie sofort aus der Darstellung eines Schnittes nach der Richtung der Diagonale  $bd$  hervorgeht, bildet sich im Theile  $F$  der Kappe  $D$  eine am Fusse in einem Punkte begrenzte lothrechte Ebene, deren Höhe  $bb'$ , der Strecke der Stelzung  $bs$ , deren obere Breite der Länge der wagrechten Linie  $b_1q$  entspricht. Oberhalb dieser Wagrechten  $b_1q$  möge die bufige Laibungsfläche  $B$  der Kappe  $D$  beginnen. Die Erzeugende dieser Fläche sei ein Kreisbogen, dessen Halbmesser unveränderlich und gleich dem Halbmesser  $55 = cb$  der Ansatzlinie  $50$  bleibt. Außerdem soll diese Erzeugende bei ihrer Fortbewegung an der Ansatzlinie  $bh$  des Diagonalbogens in Ebenen parallel zur Ebene der Ansatzlinie  $b505c$  des Randbogens über  $bc$  und in ihrem höchsten Punkte in der Scheitellinie  $fe$  der Kappe  $D$  verbleiben. Führt man zur Befolgung dieses Gesetzes durch den beliebigen Punkt  $x$  der Geraden  $os$  eine Ebene



parallel zur Seitenebene  $bc$ , so wird die Leitlinie  $bh$ , bezw. ihre andere Projection  $b'4c$  in  $1$ , die Scheitellinie  $ef$  in  $u$  geschnitten. Trägt man weiter auf  $oo$  die Höhenlage  $11$  des Punktes  $1$  der Leitlinie  $bh$  von  $o$  aus ab, zieht man entsprechend die wagrechte Gerade  $E$ , so wird in derselben der Punkt  $1$  als Lage eines Punktes der gesetzlich vorgeschriebenen Erzeugenden, wie aus der Zeichnung zu ersehen ist, bekannt. Ein zweiter Punkt ist in  $1$  auf der verlängerten Geraden  $oo$  enthalten. Die Höhe  $o1$ , von  $bc$  aus gemessen, muß der lothrechten Entfernung des Punktes  $u$  auf der Scheitellinie  $ef$  von der Spur  $ab$  der wagrechten Kämpferebene des Gewölbes gleich sein.

Beschreibt man aus diesen beiden Grenzpunkten  $1$  und  $1$  mit dem maßgebenden Halbmesser  $55 = ob$  des Spitzbogens  $505$  den Kreisbogen  $11$ , so ist der um  $1$ , gefchlagene Kreisbogen  $11$  diejenige Erzeugende, welche der durch  $x$  geführten Ebene zukommt. In gleicher Weise sind die Erzeugenden  $22$  mit dem Mittelpunkte  $2$ ,  $33$  mit dem Kreuzrisse  $3$ , u. f. f. für die durch  $y$ , bezw.  $z$  u. f. f. parallel zu  $bc$  gelegten Ebenen bestimmt. Zur weiteren Darstellung der Kappenfläche  $D$  sind oberhalb von  $55$  durch den Punkt  $o$  und durch die unteren Endpunkte  $1, 2, 3$  u. f. f. der ermittelten Erzeugenden  $11, 22, 33$  u. f. f. wagrechte Ebenen gelegt. Die Durchstoßpunkte  $o, t, r, q$  u. f. f. mit der wagrechten Ebene  $o$  liefern die lothrechten Projectionen einer Wöblinie der busigen Kappe in dieser Ebene. Die wagrechte Projection dieser Wöblinie ist also, wie die Zeichnung erklärt, durch den Linienzug  $strqpo$  fest zu legen. Genau so ergibt sich in Bezug auf die übrigen wagrechten Ebenen das Erforderliche zur Darstellung der wagrechten Projectionen der zugehörigen Wöblinien, wie  $iklmn$  für die Ebene  $E$  oder  $1, 22$  für die Ebene  $2$  u. f. f. In den lothrechten Projectionsebenen  $A$  und  $B$  erscheinen diese Wöblinien als gerade, parallel zu  $ab$ , bezw.  $bd$  geführte Linien  $ef$ , bezw.  $hg$ ,  $11$  u. f. f. Nimmt man an der Ansatzlinie  $bh$  des Diagonalbogens oberhalb der wagrechten Abschlußkante  $4b$ , der lothrechten Wandfläche  $F$  eine Einteilung in Wölbfschichten vor, deren Lagerkanten in wagrechten Ebenen liegen sollen, so kann man unter Beachtung des Gefagten die Grundriss-Projectionen dieser Lagerflächen zeichnen. Die zugehörigen Lagerflächen werden windschief; denn die erzeugenden geraden Linien dieser Lagerflächen gehen z. B. für die Lagerkante  $iklmn$  im Elemente  $i$  durch  $1$ , der Ebene  $x$ , im Elemente  $k$  durch  $2$ , der Ebene  $y$  u. f. f.

Für das Einwölben aus Quadermaterial würde hiernach die Bearbeitung der Lagerflächen der Wölbsteine einzurichten sein. Eine besonders kräftige Mauer-Construction erfordert der Gewölbefuß an der lothrechten Wand  $F$ , welcher als gemeinsamer Anfänger für die Bogen- und Kappenstücke an den Ecken des Gewölbefeldes am besten stets aus Quadern hergestellt wird, selbst wenn die busige Kappe oberhalb  $4b$ , aus Backsteinen gewölbt werden soll. Größere Binder wie  $b''$ ,  $k$  (Fig. 512), an welchen die Bogenlinien und Kappenflächen gleich mit angearbeitet werden, greifen möglichst tief in den Mauerkörper der Ecke  $b$  ein. Dasselbe gilt auch für Gewölbanfänger mit profilirten Rippen.

Soll oberhalb der Grenzlinie  $4b$ , der Wand  $F$  die Wölbung aus Backstein

Fig. 511.

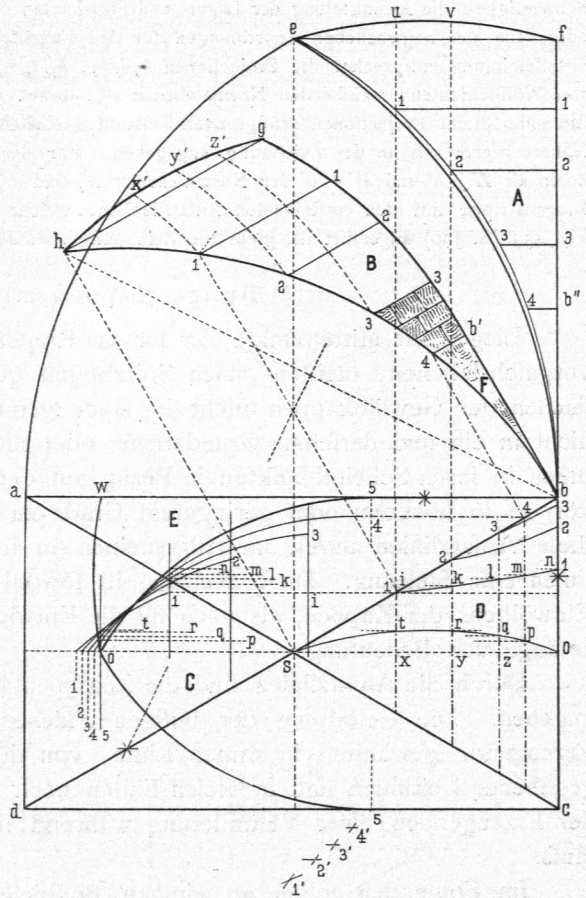
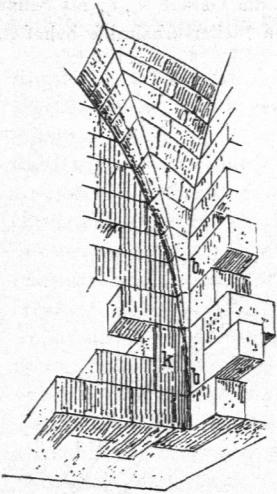


Fig. 512.

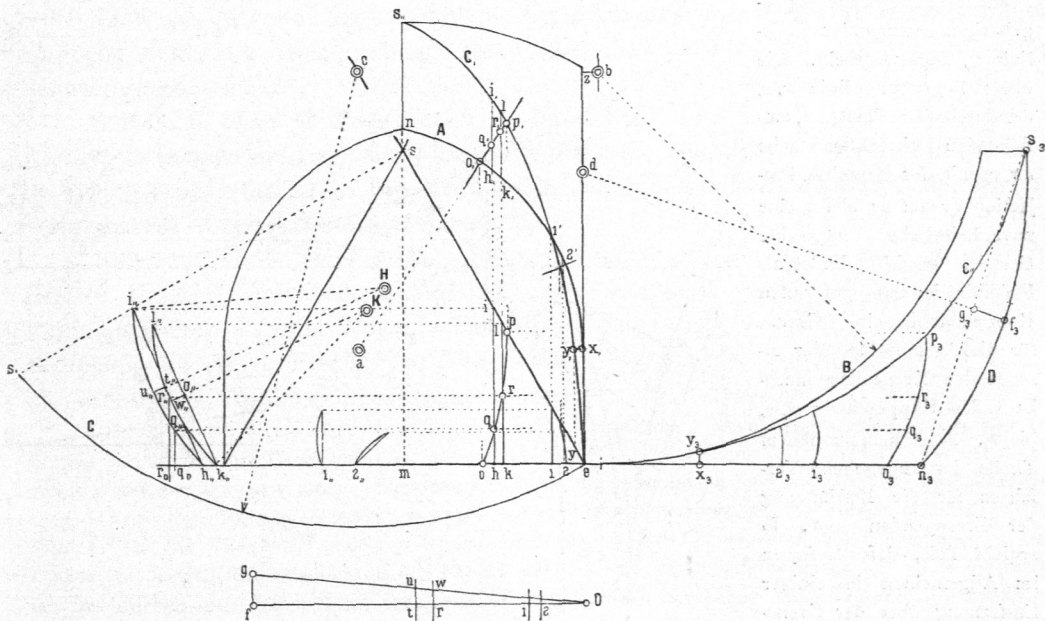


ausgeführt werden, so kann entweder der Fugenschnitt nach Normalebenen zum Randbogen oder zum Gratbogen in Anwendung kommen. Da die Gestalt der Gewölbefläche durch die Projectionen ihrer Leitlinien, der erzeugenden Kreisbogen und der in wagrechten Ebenen liegenden Schnittlinien vollständig bestimmt ist, so lassen sich auch die einzelnen, jenen Fugenschnitten angepassten Wölbschichten und eben so ihre Ansatzflächen an den Rippenkörpern auf zeichnerischem Wege, wie im Vorhergegangenen gezeigt ist, leicht darstellen. Diese Ausmittelungen sind alsdann für die praktische Ausführung der Gewölbekappen weiter zu verwerthen.

Das Bestreben, die sphäroidischen Laibungsflächen der gestelzten Gewölbekappen einer reinen Kugelfläche möglichst nahe zu bringen, führt dazu, die Erzeugenden als Kreisbogen anzunehmen, deren Pfeilverhältniss proportional wird dem Pfeilverhältniss des als Scheitellinie der gestelzten Kappe vorgeschriebenen Kreisbogens. Die Ebenen der einzelnen Erzeugenden sind dabei parallel der senkrechten Ebene der Scheitellinie.

In Fig. 513 sei  $A$  die mit dem Halbmesser  $ax$  um  $a$  beschriebene, in  $ex$ , gestelzte Ansatzlinie eines Randbogens, der Kreisbogen  $C$  mit dem Mittelpunkte  $c$  die nicht gestelzte Ansatzlinie am Diagonal-

Fig. 513.



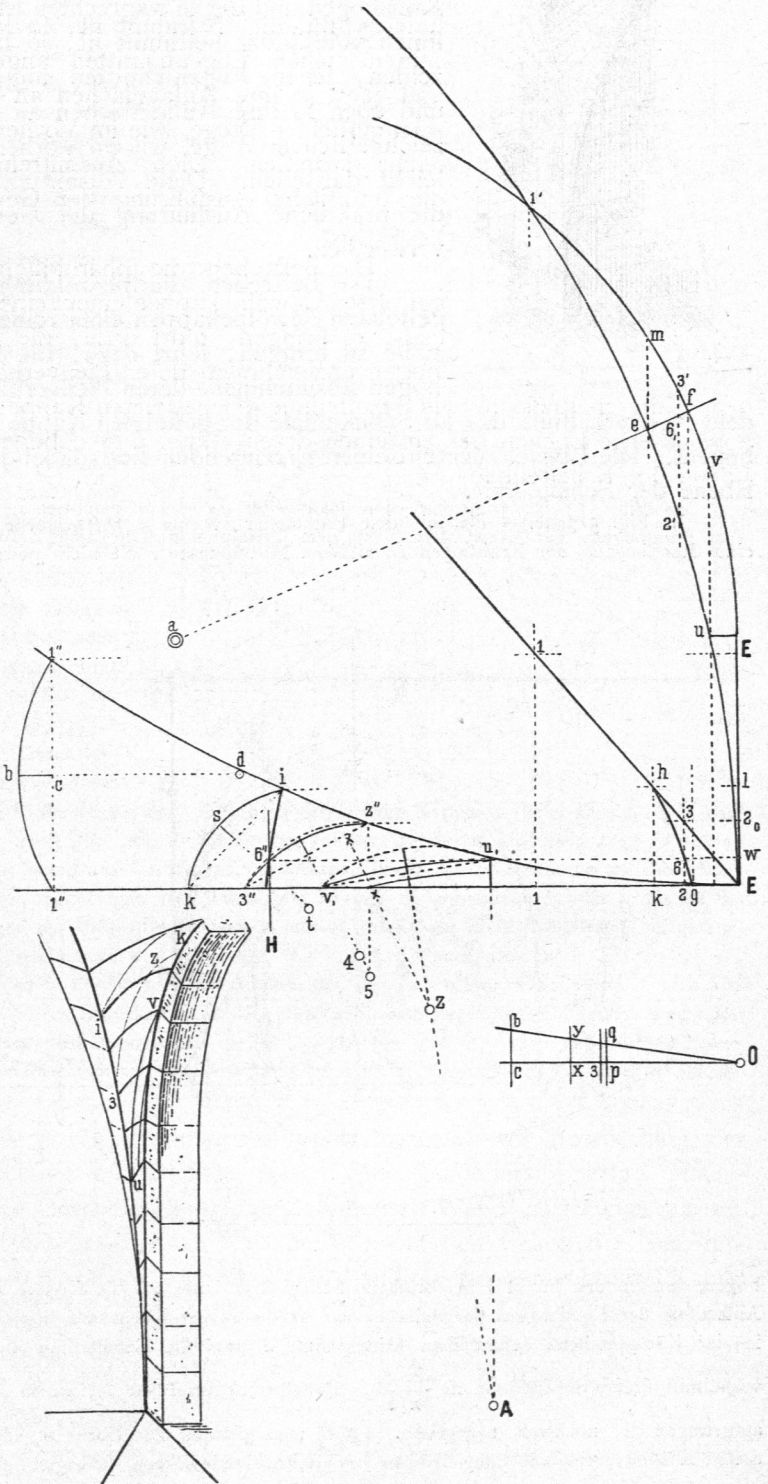
bogen, der um den Punkt  $b$  beschriebene Schenkel  $B$  eines um die Strecke  $zb$  gestelzten Spitzbogens die Ansatzlinie des Randbogens der Seite  $ez$  und  $D$  die in der Ebene  $ms$  liegende, als Kreisbogen mit dem in der Kämpferebene befindlichen Mittelpunkte  $d$  gewählte Scheitellinie der Kappe  $ems$ . Das Pfeilverhältniss dieser Scheitellinie ist  $\frac{f_3 g_3}{m_3 s_3}$ . Dasselbe ist im Plane  $O$ , worin  $fg = f_3 g_3$  und  $Of = m_3 s_3$  aufgetragen ist, nochmals angegeben. Führt man parallel zur Ebene  $ms$  der Scheitellinie an beliebiger Stelle, z. B.  $hi$ , eine die bufige Kappe  $ems$  schneidende Ebene, so ergibt dieselbe auf der Ansatzlinie  $A$

311.  
Beispiel  
2.



den Punkt  $h$ , auf der Projection  $C$ , der Ansatzlinie  $C$  den Punkt  $i$ . Trägt man auf den in  $h$  und  $i$  zu  $hi$  errichteten Lothen die Strecken  $hh'' = hh$ , und  $ii'' = hi$ , ab, so läßt sich die Gerade  $h''i''$  als Sehne eines Kreisbogens ansehen, welcher, mit dem von der Scheitellinie abhängigen Pfeilverhältniße behaftet, eine Erzeugende der sphäroidischen Kappe bildet. Das Pfeilverhältniße soll proportional dem Pfeilverhältniße der Scheitellinie sein. Nimmt man  $Ot = h''i''$ , so ergibt die in  $t$  parallel zu  $fg$  gezogene Linie  $tu$  die gefuchte Pfeilhöhe der erzeugenden Bogenlinie. Das in der Mitte  $t''$  auf  $h''i''$  errichtete Loth erhält die Länge  $t''u'' = tu$ . Der durch die drei Punkte  $h''u''i''$  gelegte Kreisbogen mit dem Mittelpunkt  $H$  liefert die gewünschte Erzeugende. In gleicher Weise sind die Erzeugenden  $k''l''$ ,  $1''$  und  $2''$  für die Ebenen  $kl$ ,  $1$  und  $2$  aufgetragen. Für die Ebene  $1$  ist  $1''$  die gemeinschaftliche lothrechte Projection ihrer Schnittlinie mit den Ansatzlinien  $A$  und  $C$ . Die Sehne der zugehörigen erzeugenden Kreislinie  $1''$  liegt wagrecht. Die obere Begrenzungslinie  $x, y$ , der durch die Stelzung  $ex$ , entstehenden lothrechten Fläche  $ex, y$ , mit der Grundriß-Projection  $ey$  auf  $es$  bleibt eine unveränderliche wagrechte Gerade. Dieselbe bildet als Fußlinie der bußig geformten Kappenfläche eine Grenze für die Ausmittlung der erzeugenden Kreislinien innerhalb des Kappentheils  $x, y$ , bis  $1''$ . Setzt man in diesem Theile das angegebene Verfahren für die Bestimmung der Erzeugenden fort, so ergibt sich, daß dieselben im Allgemeinen in einiger Entfernung über der Grenzlinie  $x, y$ , mit einem größeren oder geringeren Bogenstücke über die Ansatzlinie des einen oder anderen Rippenkörpers hinwegfallen, also nunmehr als Erzeugende der Kappenfläche ohne Weiteres nicht beibehalten werden können.

Fig. 514.



Um dennoch eine gefetzmäßige Erzeugung und bildliche Darstellung der in Frage kommenden Fläche und damit die Grundlagen für eine fachgemäße Ausführung ihres Gewölbkörpers zu erzielen, läßt man eine weitere Veränderung der bezeichneten Erzeugenden eintreten.

Ist in Fig. 514  $u, I, I,$  der Kappentheil, wofür nach und nach eine Veränderung der erzeugenden Kreisbogen erforderlich wird, so kann diese Veränderung z. B. für die lothrechte Ebene  $z\mathcal{J}$  in der folgenden Weise bewirkt werden. Die Ebene  $z\mathcal{J}$  liefert auf der Ansatzlinie  $E I,$  des Diagonalbogens den Schnitt  $z,$  wofür  $z_0 z,$  =  $z z,$  aus der Zeichnung zu entnehmen ist, und auf der Ansatzlinie  $E k I,$  des Randbogens den Schnitt  $z,$  wofür  $E z,$  =  $z z,$  wird. Die Gerade  $z, z,$  ist die Sehne des erzeugenden Kreisbogens. Nimmt man im Hilfsplane  $O b c$  die Bestimmung der Pfeilhöhe dieses Bogens nach proportionaler Theilung wie früher vor, so wird, wenn  $O c$  gleich der Sehne  $I, I,$  und  $c b$  die Pfeilhöhe des Kreisbogens  $I, b I,$  ist, bei der Länge  $O z$  gleich der Sehne  $z, z,$ , die in  $z$  parallel zu  $c b$  gezeichnete, von  $O c$  und  $O b$  begrenzte Gerade, die gefuchte Pfeilhöhe ergeben. Der mit dieser Pfeilhöhe behaftete, punktirt eingetragene Kreisbogen, dessen Mittelpunkt in  $q$  zu bestimmen war, schneidet die Ansatzlinie des Diagonalbogens jedoch in unmittelbarer Nähe über  $z,$ , was für die Bildung der Kappenfläche unzulässig ist. Für eine weitere Ausmittlung der Erzeugenden  $u, v$ , der lothrechten Ebene  $u v$ , wobei der Mittelpunkt  $z$  gefunden wurde, ist ein derartiges Durchschneiden noch stärker bemerkbar. In diesen Fällen sind die Ordinaten  $z_0 z,$ ,  $w u$ , der Endpunkte  $z,$  der Sehne  $z, z,$  und  $u$ , der Sehne  $v, u$ , als lothrechte Tangenten für die zugehörigen, nunmehr einer Veränderung zu unterwerfenden erzeugenden Kreisbogen anzunehmen.

Hiernach wird  $z$  als Schnitt des im Halbirungspunkte der Sehne  $z, z,$  errichteten Lothes mit der durch  $z,$  gezogenen Wagrechten der Mittelpunkt des einzuführenden erzeugenden, hier voll gezeichneten Kreisbogens  $z, z,$  und  $A$  auf der durch  $u$ , ziehenden wagrechten Linie der Mittelpunkt der verwendbaren Erzeugenden  $v, u$ .

Für die Erzeugenden unterhalb des Kreisbogens  $v, u$ , sind die zugehörigen Mittelpunkte auf der Geraden  $u, A$  zu bestimmen, sobald nur wieder die Schnitte lothrechter, parallel zu  $z\mathcal{J}$  geführter Ebenen mit der Ansatzlinie  $E k I,$  und der wagrechten Grenzlinie  $u$ , bzw.  $u$ , der lothrechten Stelzungswand ermittelt sind.

Nach der gewonnenen Darstellung der Laibungsflächen der gestelzten bufigen Kappen bietet die Ausmittlung des Fugenschnittes für ihre Einwölbung keine Schwierigkeiten mehr.

Soll z. B. eine Wölbung nach Normalebene zum Randbogen vorgenommen werden, so können die Lagerfugenkanten in ihren Projectionen, wie für eine Ebene  $a p$ , in Fig. 513 oder für  $a f$  in Fig. 514, auf bekanntem, in der Zeichnung unmittelbar verfolgbarem Wege fest gelegt werden.

Für eine Vereinigung nicht gestelzter Kappen mit einer größeren Anzahl gestelzter Kappen unter der Bedingung einer möglichst starken Annäherung ihrer Laibungsflächen an reine Kugelflächen, wobei namentlich die Scheitellinien in innige Beziehung zu diesen Flächen zu bringen sind, sollen unter Benutzung von Fig. 515 die wichtigsten Anhaltspunkte gegeben werden.

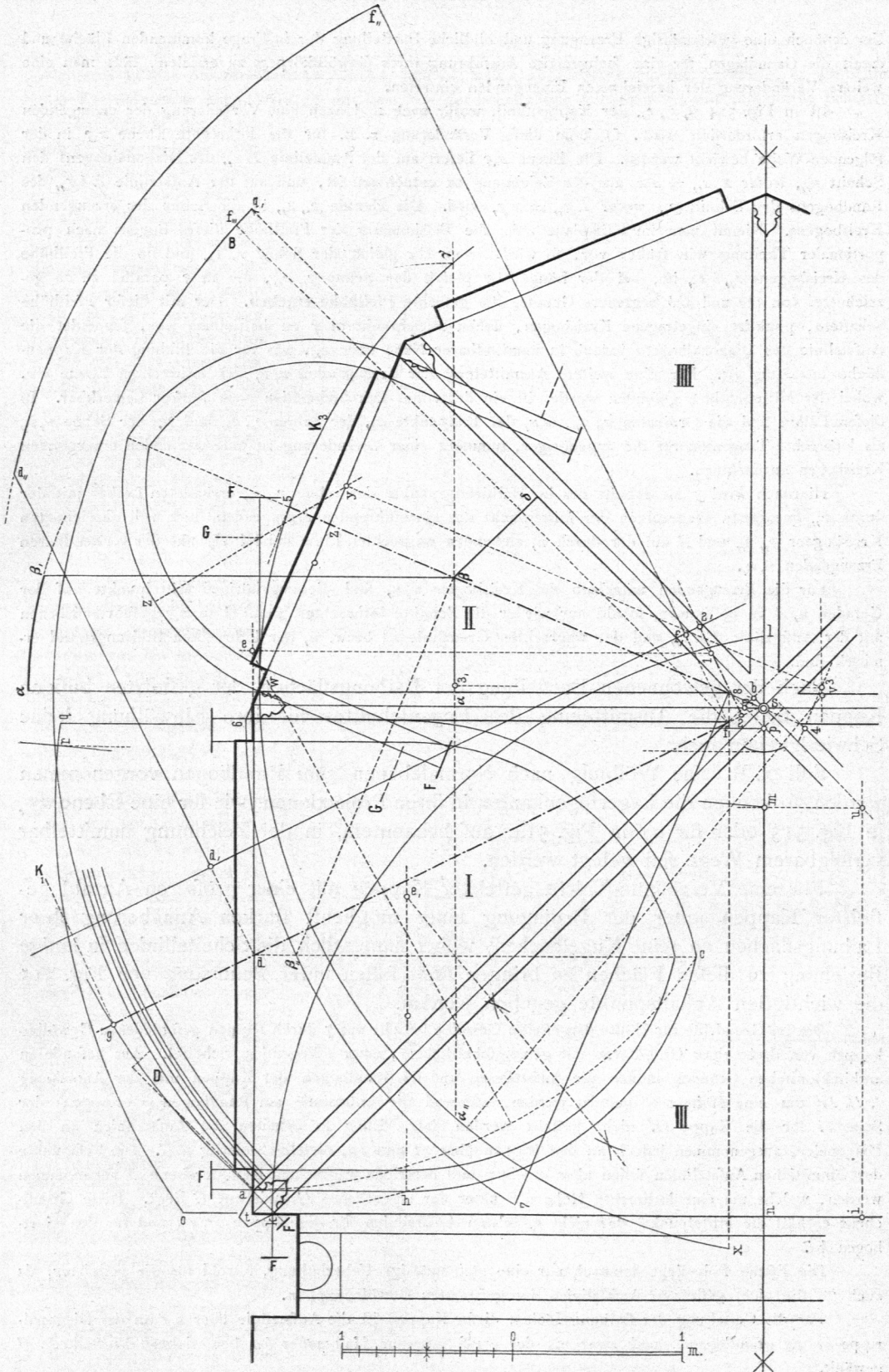
Das im Grundrisse zur Hälfte dargestellte Gewölbe besteht aus 7 durch Rippen geschiedenen Gewölbekappen von dreieckiger Grundform mit gemeinschaftlichem, über  $s$  liegendem Scheitel. Aus besonderen architektonischen Gründen müssen die Ansatzlinien an den Randbogen der Kappen mit der Anordnung  $I, II, IV$  um eine Höhe  $w G$  gestelzt werden, während die Ansatzlinie am Randbogen (Gurtbogen) der Seite  $k i$  für die Kappe  $III$  nicht gestelzt werden darf. Eben so erhalten die Ansatzlinien an den Diagonalen, ausgenommen jedoch an den Rippen über  $s t$  und  $s u$ , dieselbe Stelzung  $w G$ . Die Fußpunkte der sämtlichen Ansatzlinien sollen aber in einer und derselben wagrechten Kämpferebene  $F$  angenommen werden, welche um eine lothrechte Höhe  $a F$  unter der eigentlichen Grundebene  $G$  liegt. Diese Grundebene enthält die Mittelpunkte der nicht gestelzten Ansatzlinien für die Rippen  $s t$ ,  $s u$  und für den Gurtbogen  $k i$ .

Die Ebene  $F$  bedingt demnach nur eine gleichmäßige Ueberhöhung, sowohl für die gestelzten, als auch für die nicht gestelzten Ansatzlinien der gesamten Gewölbekappen.

Für die Gestaltung der Laibungsflächen dieser Kappen ist die Ansatzlinie über  $a f$  an der Diagonalrippe  $s t$  als grundlegend, und zwar als der um  $b$  mit dem Halbmesser  $b a$  beschriebene Viertelkreis  $B$  gewählt.



Fig. 515.

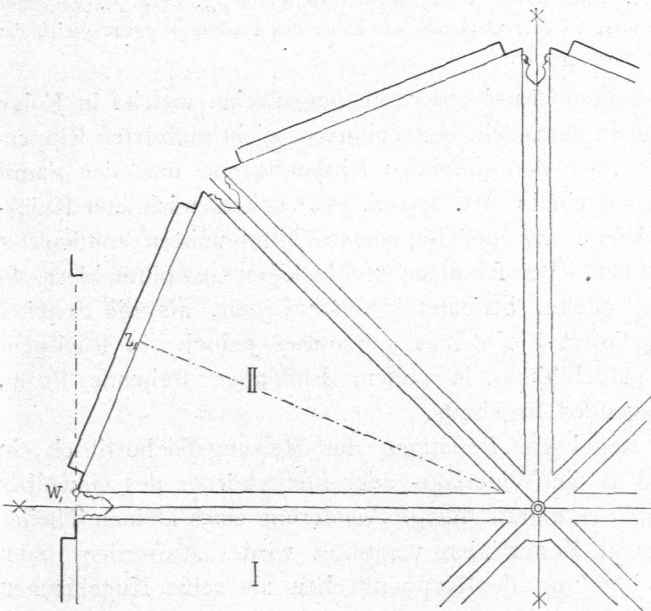


Sollte die Kappe *I* bei der von vornherein gegebenen Höhe *cd* einer an der Seite *ag* zu bildenden Ansatzlinie ohne Rücksicht auf ihre Stelzung eine Kugelfläche als Laibung erhalten, so würde ein Spitzbogen, wovon ein Schenkel *ac* mit dem Mittelpunkte *e* punktiert eingetragen ist, die erforderliche Ansatzlinie werden können. Alsdann ist der Mittelpunkt der Kugelfläche der Kappenhälfte *afd* der Schnitt *l* der in *b* auf *ab* und in *e* auf *ae* errichteten Lothe. Die Punkte *a, b, e* und *l* liegen in der Grundebene *G*. Der um *l* mit dem Halbmesser *la* beschriebene Kreisbogen *ag* ist ein Stück des größten Kreises dieser Kugelfläche. Der Schnitt einer in der Richtung *fd* geführten lothrechten Ebene liefert nach Bestimmung des Punktes *z* den Kreisbogen der Scheitellinie der Kappe *I*. Dieser Kreisbogen ist besonders als *d,,f,,* ausgetragen und mit dem Halbmesser *z,k, = zg* um *z*, beschrieben. Als Probe der Richtigkeit muß bekanntlich *f,,f,, = ff,,* und *d,,d,, = dc* erhalten werden.

Die Rücksicht auf das Einführen eines stumpferen Spitzbogens als Ansatzlinie am Randbogen der Seite *ag* und die gebotene Anordnung einer Stelzung verlangen jedoch eine Umformung des vorläufig als Hilfslinie benutzten, nicht gestelzten Spitzbogens *ac*. Dieses neue Gestalten der Ansatzlinie kann ohne Veränderung der bereits ermittelten Scheitellinie *d,,f,,* vorgenommen werden. Nimmt man die Lothrechte *ah* gleich der Stelzung *wG*, ermittelt man auf der durch *h* gelegten wagrechten Linie *he*, den Mittelpunkt *e*, des durch *h* und *c* gehenden Kreisbogens *hc*, so erhält man den gestelzten stumpferen Spitzbogen *ahcg* als Ansatzlinie am Randbogen der Seite *ag*. Die Ansatzlinie am Diagonalbogen *fg* erfährt eine Stelzung *wG*; ihre Form wird aber von der Gestalt der Ansatzlinie der Kappe *II* an demselben Diagonalbogen *fg* abhängig, und zwar sollte sie in erster Linie in Rücksicht auf eine lothrechte Ebene *sw* mit den in diese Ebene projecirten, als Kreisbogen zu beschreibenden Begrenzungslinien der Rippenprofile des Diagonalbogens concentrisch sein. Die Punkte *f* und *s*, auch die Punkte *w* und *g*, haben paarweise gleiche Höhenlage über der Grundebene *G*.

Liegt nun in Folge eines Einschneidens der Seite *wz* in die Fußfläche des Rippenprofils des Diagonalbogens der Punkt *w* mit dem Punkte *g* nicht in einer und derselben lothrechten Ebene, wie hier, um dabei auf einen gewissen Nachtheil hinweisen zu können, angenommen ist, so kann offenbar die von *f* nach *g* zu führende, etwa als Kreisbogen zu bestimmende Ansatzlinie der Kappe *I* am Diagonalbogen nicht mehr concentrisch mit der Ansatzlinie *sw* verlaufen. Es entstände vielmehr an der lothrechten

Fig. 516.



Profilebene der Seite *gf* des Diagonalbogens eine sichelförmige Fläche, welche bei einer unteren Breite gleich dem Abstände der beiden lothrechten Ebenen *wF* und *ae* zuletzt bei *f* in einer Spitze endigt. Kommen auch derartige Ansatzbildungen vor, so lassen sich dieselben doch meistens vermeiden, wenn vorweg eine regelmäßige Gestaltung der Fußfläche des Rippenkörpers *sfwg*, worauf schon in Art. 293 (S. 427) hingewiesen ist, wie hier z. B. durch ein Zusammenstreten der lothrechten Ebene *ae* mit der Ebene *wF* herbeigeführt wird. Verlegt man den Schnitt *w* von *wz* mit *ae* nach Fig. 516 derart, daß durch ein geringfügiges Verücken der Linie *wz* nach *w,z*, der Punkt *w* nach *w*, in die Linie *L* fällt, welche mit der

Geraden *ae* in Fig. 515 übereinstimmt, so ist eine regelmäßig gestaltete Fußfläche des profilirten Rippenkörpers zu schaffen. Grundrisse und Deckenbildung gehen in Rücksicht auf constructive Anordnungen alsdann Hand in Hand.

Sind die Ansatzlinien der Kappe *I* fest gelegt, so wird die Gestaltung ihrer Laibungsfläche unter



Beibehalten der Scheitellinie  $d, f, f, f,$  und der lothrechten Stelzfläche  $D$  am Diagonalbogen nach dem in Art. 311 (S. 453) Gefagten bewirkt. Die Laibungsfläche ist sphäroidisch; sie nähert sich der reinen Kugelfläche jedoch in bemerkenswerther Weise.

Die Gewölbeflächen der Kappen  $II, IV$  können aus reinen Kugelflächen zusammengesetzt werden. Die Fußpunkte sämtlicher Ansatzlinien an den Randbogen und Diagonalbogen liegen vermöge ihrer gleichmäßigen Stelzung in einer wagrechten Ebene, welche von der Grundebene  $G$  um die lothrechte Höhe  $Gw$  entfernt ist. Die Höhe  $\delta x$  der Ansatzlinie  $wx$  am Diagonalbogen ist gleich der um die Strecke  $Gw$  verkleinerten Höhe  $ff, f, f,$  bzw.  $f, f, f,$  weniger  $Gw$ . Bestimmt man den Mittelpunkt  $v$  auf der Geraden  $wv$  für den Kreisbogen  $wx$ , so ergibt derselbe die Ansatzlinie über  $w\delta$ , welche, wie vorhin bemerkt, auch die Ansatzlinie der Kappe  $I$  am Diagonalbogen unmittelbar beeinflusst. Ist die Ansatzlinie der Kappe  $II$  am Randbogen oberhalb  $w$  als stumpfer Spitzbogen gewählt, dessen Schenkel mit dem Halbmesser  $yw$  beschrieben sind, so wird  $\mathcal{P}$  der Mittelpunkt der Kugelfläche für das Kappenstück  $\delta w z$ ,  $K_3$  ihr größter Kreis und folglich der mit dem Halbmesser  $\mathcal{A}5$  um  $\mathcal{A}$  beschriebene Kreisbogen  $g7$  die Scheitellinie über  $\delta z$ . Die Fläche der zweiten Kappenhälfte ist nach den gleichen Grundlagen zu behandeln. Der Schnitt einer nach  $\alpha\beta$  rechtwinkelig zu  $w\delta$  stehenden lothrechten Ebene mit der Kappenfläche  $\delta w 7$  ist der um  $\mathcal{P}_1$  mit dem Halbmesser  $\mathcal{P}_1\gamma$  beschriebene Kreisbogen  $\alpha, \beta$ .

Als Probe für die richtige Höhenlage der Punkte  $\alpha$ , und  $\beta$ , ist zu bemerken, daß  $\alpha\alpha, = \alpha\alpha,$  und  $\beta\beta, = \beta\beta,$  sein muß. Dieselbe Schnittlinie  $\alpha, \beta$ , würde sich auch für eine lothrechte Ebene mit der Grundrissfigur  $\beta\delta$  ergeben.

Bei vollständiger Regelmäßigkeit der Fußflächen der Diagonalrippen (Fig. 516) tritt ein concentrischer Lauf der Ansatzlinien der Kappen mit den Grenzlinien der Profile dieser Rippen ein. Die Gestaltung der Gewölbefläche  $IV$  entspricht der bei der Kappe  $II$  gegebenen Entwicklung.

Endlich ist auch die Laibungsfläche der Kappe  $III$  nach reinen Kugelflächen zu bilden. Die Ansatzlinie über  $kn$  der Seite  $ki$  am Gurtbogen sei der um  $i$  mit dem Halbmesser  $ik$  beschriebene Schenkel  $kl$  eines gleichfalls stumpf genommenen Spitzbogens. Die Ansatzlinie über  $k\beta$  am Diagonalbogen entspricht dem Kreisbogen  $B$ . Der gemeinschaftliche Fußpunkt  $k$  der beiden in Frage kommenden Ansatzlinien, welche für die Kappe  $III$  nicht gestelzt werden sollen, liegt in der Grundebene  $G$ .

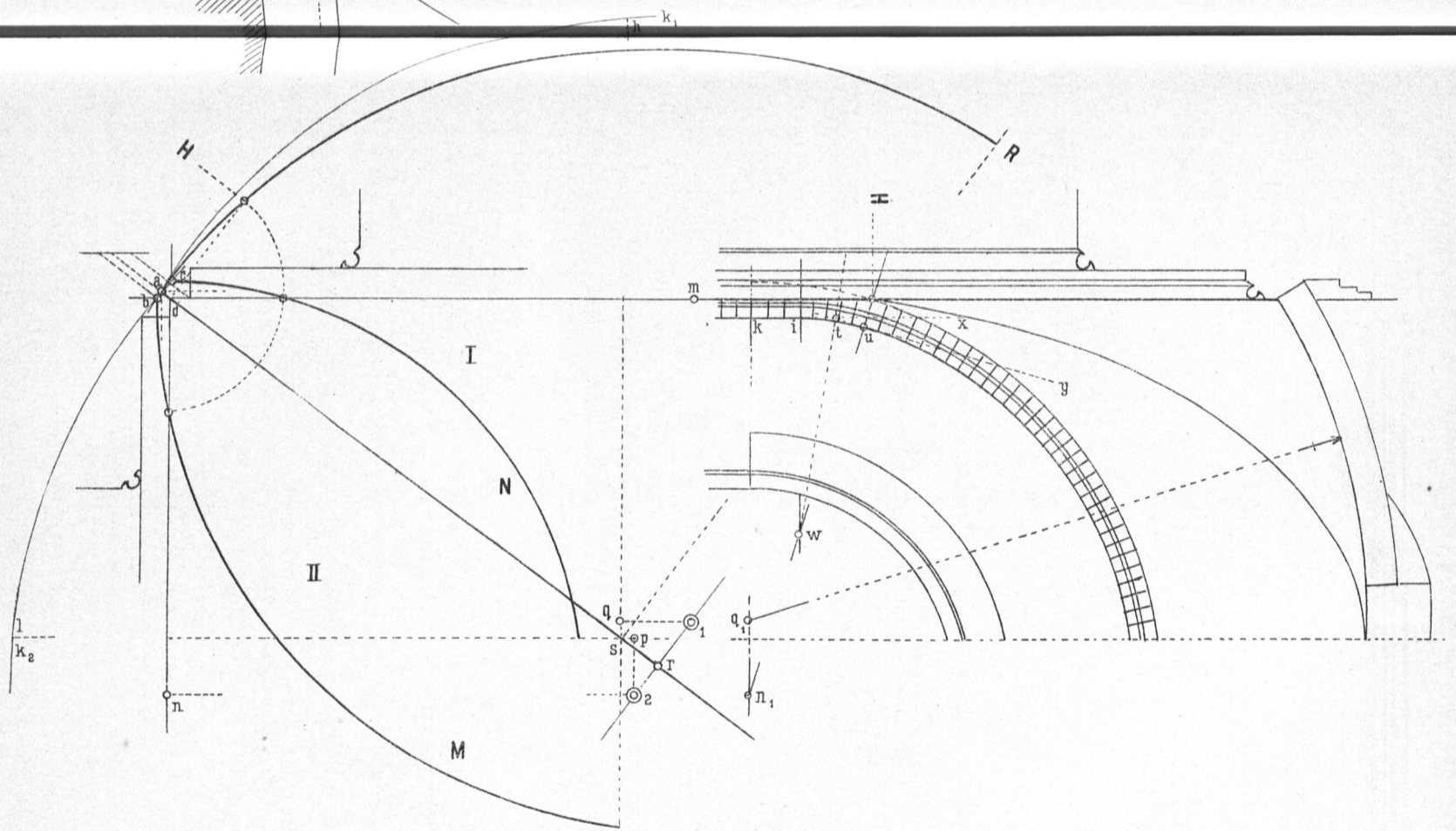
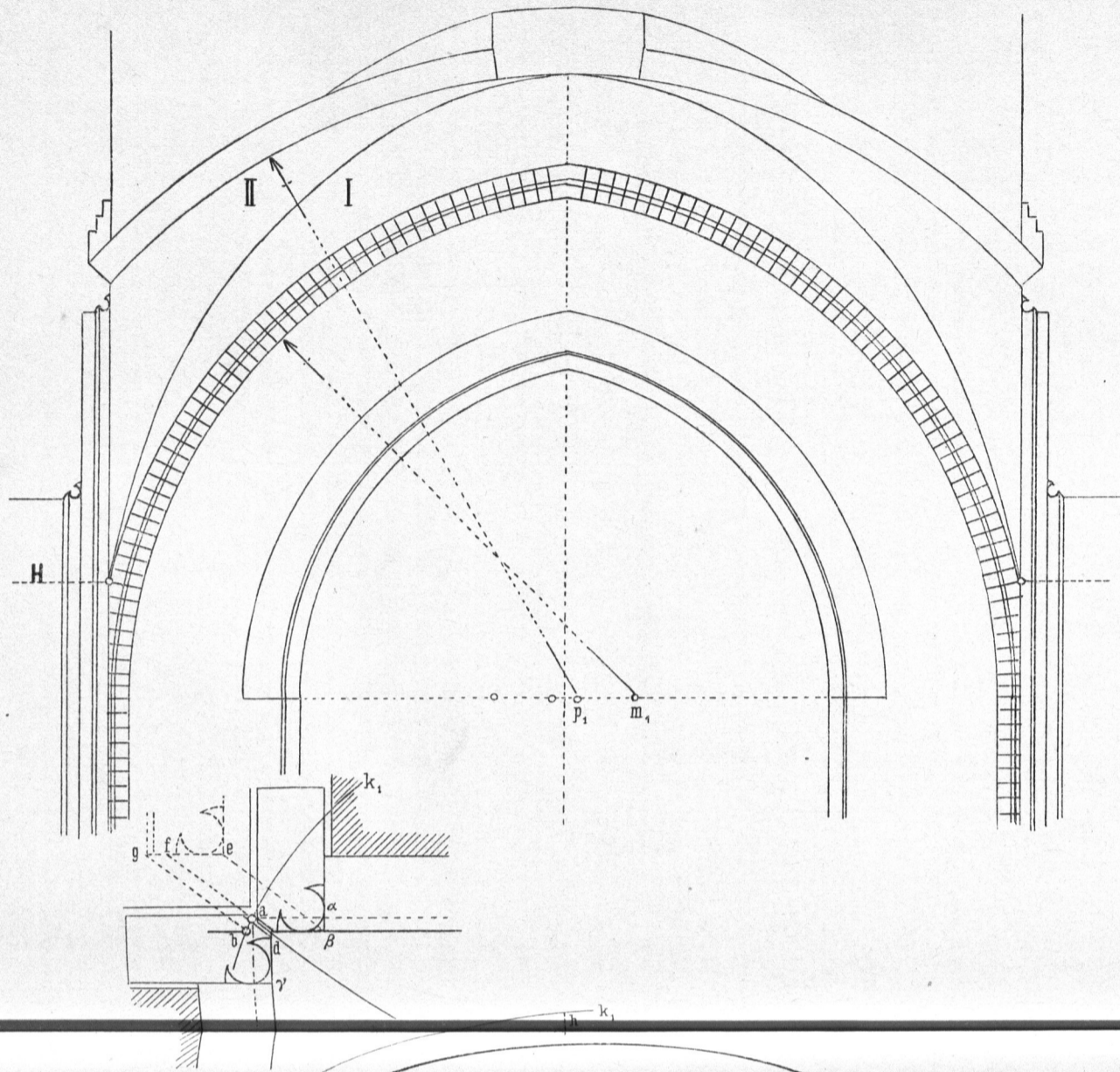
Nach bekanntem Verfahren wird  $u$  der Mittelpunkt der Kugelfläche über  $kn\beta$  und  $m$  der Mittelpunkt der Scheitellinie  $oq$ , für welche  $no = nl$  und  $pq = bq$ , ist. Von dieser Scheitellinie fällt durch Einfügen eines größeren Schlusssteines bei  $s$ , dessen äußere Randlinie in einer durch  $f, f,$  bzw.  $f, f,$  geführten wagrechten Ebene liegt, das Stück  $rq$  fort, so daß wiederum die Höhe des Punktes  $r$  genau gleich der Höhe  $ff, f, f,$  bzw.  $f, f,$  über der Grundebene wird.

313.  
Befeitigen  
der  
Stelzungs-  
flächen.

Zur Vermeidung der lothrechten Wand- oder Stelzungsfläche, welche in Folge der Stelzung einer Gewölberippe an dem dicht benachbarten, nicht gestelzten Rippenkörper entsteht, könnte füglich statt des gestelzten Rippenbogens und der damit verbundenen Ansatzlinie der Kappe ein in Art. 279 (S. 408) gekennzeichnete Knickbogen oder ein in geeigneter Weise aus beliebig vielen Mittelpunkten construirter Korbbogen in Anwendung kommen. Bei schmalen rechteckigen Gewölbefeldern, so wie auch bei Gewölben, deren Scheitel bedeutend höher liegen, als die Scheitel der sonst zu stelzenden Bogen, liefert dieses Auskunftsmittel jedoch, in Rücksicht auf eine mit der ganzen Gewölbeform in vollem Einklange stehende Form, meistens kein besonders befriedigendes Ergebnis.

Weit besser kann in der Regel das Befeitigen der Stelzungsfläche durch ein Zurücksetzen der Stelzungswand in die Widerlags- oder Pfeilerkörper des Gewölbes bewirkt werden, selbst wenn damit eine geringfügige Aenderung eines kleinen Theiles am Fusse der sonst zu stelzenden Bogenlinien veranlaßt wird. Außerdem kann dabei die Möglichkeit der Durchbildung der Kappenflächen als reine Kugelflächen aufrecht erhalten werden.

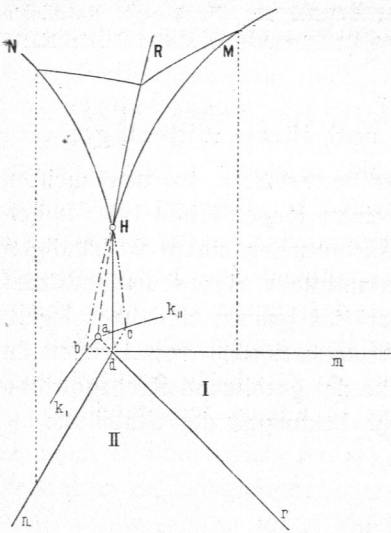
Die Grundlagen für diese Gestaltung sind in Fig. 517 enthalten. Würde bei gestelzten Randbogen  $M$ , bzw.  $N$  der Seiten  $dm$  und  $dn$  eines Gewölbefeldes die Höhe der Stelzungswand über der Kämpferebene gleich  $dH$  werden, so würde beim Einführen dieser Wand der Diagonalbogen  $R$  seinen Fußpunkt in  $d$  bekommen,



Kreuzgewölbe ohne Stelzungwand über rechteckigem Gewölbefelde.



Fig. 517.



pen. Diesen Grundlagen entsprechend ist auf neben stehender Tafel die Zeichnung von einem Kreuzgewölbe ohne Stelzungswand über einem rechteckigen Gewölbe-felde gegeben.

Die profilirten Randbogen der Seiten  $dm$  und  $dn$  sind in ihren Begrenzungslinien wesentlich concentrisch mit den Bogenlinien der oberen Abschlüsse der Lichtöffnungen in den Seitenmauern zu halten.

$R$  ist der in  $a$  auf der Kämpferebene beginnende, als Kreisbogen um  $r$  mit  $ra$  beschriebene Diagonalbogen. Punkt  $m$ , und demnach auch  $m$  ist der gegebene Mittelpunkt des Fensterbogens der Seite  $dm$ . Da  $m$ , bezw.  $m$  auch Mittelpunkt des Randbogens und damit zugleich die Ansatzlinie über  $dm$  für die Kappe  $I$  sein soll, so ergibt sich im Schnitte  $I$  des in  $m$  auf  $dm$  errichteten Lothes mit dem in  $r$  auf  $ar$  gezogenen Lothe der Mittelpunkt der Kugelfläche für das Kappenstück  $I$ . Der um  $r$  mit dem Halbmesser  $ra$  beschriebene Kreisbogen  $k$ , bezeichnet ihren grössten Kreis. Die lothrechte Ebene  $md$  schneidet gehörig erweitert den Kreis  $k$ , in  $b$  und folglich wird der um  $m$  mit  $mb$  geschlagene Kreis  $M$  die Ansatzlinie der Kappe  $I$  über der Seite  $dm$ ; sie vereinigt sich mit dem Diagonalbogen  $R$  an der lothrechten Mauer- oder bei  $d$  in einer Höhe  $dH$  über der Kämpferebene. Unter Benutzung der Punkte  $n$ , bezw.  $n$  und  $r$  ergibt sich in  $z$  der Mittelpunkt der Kugelfläche für das Kappenstück  $II$  mit dem Halbmesser  $za$  und dem grössten Kreise  $k_1$ , so wie in dem um  $n$  mit dem Halbmesser  $nc$  beschriebenen Kreise  $N$  die gefuchte, ebenfalls in der Höhe  $dH$  auslaufende Ansatzlinie der Kappe  $II$  für die Seite  $dn$ .

Die Scheitellinien der Kappen  $I$  und  $II$  sind die um  $q$ , mit dem Halbmesser  $qh$  und um  $p$ , mit dem Halbmesser  $pl$  beschriebenen Kreisbogen der zugehörigen Kugelflächen.

Zur Erzielung eines gleichartigen Emporsteigens der profilirten Randbogen ist der Grundriss der Ansätze dieser Bogen zweckmässig unter Benutzung des grössten Kugelkreises  $k$ , und des Punktes  $b$  für die am weitesten gespannte Kappe  $I$  in der Weise zu entwickeln, dass, wie im vergrößerten Plane bei  $ge$  gezeigt ist, unter der hier genommenen Anordnung gleicher Profile, die Breite der Fußflächen  $d\beta = d\gamma$  wird. Diese Annahme einer gleich grossen Breite kann allerdings zur Folge haben, dass ein mit dem Halbmesser  $n, k$  um  $n$ , geschlagener Kreisbogen, wobei der Punkt  $k$  dem Punkte  $\gamma$  in der Kämpferebene entspricht, der Ansatzlinie  $N$  im Aufriss an der schmalen Rechtecksseite nicht mehr concentrisch bleibt. Solches ist hier der Fall. Eine um  $n$ , mit der Ansatzlinie  $N$  concentrische innere Begrenzungslinie des Randbogens fällt über  $k$  hinaus. Da aber hierdurch eine nicht beabsichtigte, auch nicht günstige Verminderung der Breite  $d\gamma$  der Fußfläche des Randbogens eintreten würde, so muss eine Umgestaltung der inneren Begrenzungslinie für die Strecke  $ku$  stattfinden. Für die Fußlinie  $ktiu$  geht die Fugenrichtung am Randbogen in der Höhe  $H$  durch  $u$  nach  $n$ . Vom Scheitel dieses Bogens bis  $u$  verläuft die Bogenlinie concentrisch mit sämmtlichen übrigen Bogenlinien. Die Lothrechte  $kx$  schneidet die in  $u$  gezogene Tangente  $y$  im Punkte  $t$ . Nimmt man  $tu = ti$  und zieht  $iw$  parallel zu  $kn$ , so wird  $w$  der Mittel-

und ein in der Höhe  $dH$  liegender Punkt dieses Bogens würde in der Richtung  $dr$  um eine wagrechte Strecke  $ad$  vorgeföhoben sein.

Legt man aber den Fußpunkt des Bogens  $R$  um dieselbe Strecke von  $d$  nach  $a$  zurück und setzt man gleichzeitig den Punkt  $a$  als Fußpunkt für zwei andere Kreisbogen fest, so wird die Stelzungswand in den Widerlagskörper gerückt und damit beseitigt.

Beschreibt man alsdann  $R$  und  $M$  als Kreise einer Kugel mit dem durch  $a$  gehenden grössten Kreise  $k$ , für die Kappe  $I$  und ferner  $N$  als Kreis einer Kugel mit dem ebenfalls durch  $a$  zu führenden grössten Kreise  $k_2$  für die Kappe  $II$ , so wachsen die Bogen  $R$ ,  $M$  und  $N$  aus dem gemeinschaftlichen Punkte  $H$  hervor. Sie bilden die Ansatzlinien der nach Kugelflächen zu gestaltenden Kap-

punkt eines kurzen Kreisbogens  $ui$ , und die Lothrechte  $ik$  ergibt eine mäfsige, nicht ungünstig wirkende Ueberhöhung der nunmehr fest gelegten inneren Begrenzungslinie, welcher sich die übrigen Randlinien gleich laufend anzuschließen haben. Durch diese an sich geringfügige Umformung werden keinerlei Nachtheile für die Gewölbekonstruktion verursacht.

### 8) Stärke der gothischen Kreuzgewölbe und ihrer Widerlager.

314.  
Ueberficht.

Die Gewölbekappen der gothischen Kreuzgewölbe erhalten in den meisten Fällen eine Bufung. Ihre Laibungsflächen gehören reinen Kugelflächen oder kugelförmigen Flächen an; ihre Wölbung entspricht im Wesentlichen einem freihändigen Zusammenfügen der Wölbsteine in der Weise, daß Bestandtheile eines Kugelgewölbes entstehen, welche sich gegen die Rippen als Träger des ganzen Gewölbes legen. Letztere liefern das gefamnte im Gewölbe nach gerufene System von Kräften an die Gewölbstützen ab. Die zur Ermittlung der Stärke der gothischen Kreuzgewölbe zu führenden Untersuchungen umfassen vorwiegend die Prüfungen der Stabilität:

- a) der Gewölbekappen,
- β) der Gewölberippen und
- γ) der Gewölbewiderlager oder Gewölbstützen.

Bei dem zuletzt genannten Punkte sind noch besonders die bei den gothischen Kreuzgewölben mannigfach in Anwendung kommenden Strebepfeiler und Strebe- oder Schwibbogen zu berücksichtigen.

#### a) Stabilität der Gewölbekappen.

315.  
Stabilität  
der  
Gewölbekappen.

Die bufigen Kappen der gothischen Kreuzgewölbe sind, wie auch die Art ihrer Einwölbung beschaffen sein mag, im Wesentlichen als Bestandtheile eines Kugel-, bzw. eines Kuppelgewölbes anzusehen. Ihre statische Untersuchung und die damit verknüpfte Bestimmung ihrer Stärke hat die Lehre vom Gleichgewichtszustande dieser besonderen Gewölbe zur Richtschnur zu nehmen. Die Theorie der Kuppelgewölbe ist in Theil I, Band 1, zweite Hälfte (Art. 489 u. ff., S. 461 u. ff.<sup>183</sup>) dieses »Handbuches« gegeben.

Die hierin enthaltenen Grundlagen sollen im Folgenden bei den statischen Untersuchungen der in Frage kommenden Gewölbekappen mit berücksichtigt werden.

Ein Kuppelgewölbe besteht im Allgemeinen aus concentrischen Wölbchichten oder Kränzen, d. h. aus gewölbten Ringschichten, welche nach und nach für sich geschlossen und über einander gelagert werden. Ihre Lagerflächen sind Kegelflächen mit einer gemeinschaftlichen Spitze im Mittelpunkte der zugehörigen Kugel- oder Kuppelfläche; ihre Stofsflächen liegen in lothrechten Meridianebenen der Kuppel. Die gemeinschaftliche Schnittlinie dieser Schar von Meridianebenen ist die lothrechte Kuppelaxe. Ein von zwei benachbarten Meridianchnitten begrenztes Stück des Kuppelgewölbes ergibt einen Meridianstreifen.

Diesem besonderen Aufbau und Zerlegen der Kuppelgewölbe, wodurch sich dieselben wesentlich von der Herrichtung der cylindrischen Gewölbe unterscheiden, entsprechend, muß bei der statischen Untersuchung der Kuppelgewölbe der Gleichgewichtszustand von zwei Kräftegruppen geprüft werden. Diese Kräftegruppen umfassen erstens das auf die ebenen Stofsflächen der Wölbkränze einwirkende Kräftesystem und zweitens die auf die kegelförmigen Lagerflächen dieser Kränze gelangenden Kräfte.

<sup>183</sup>) 2. Aufl.: Art. 281 u. ff., S. 269 u. ff.