

den Gurtbogen ist ebenfalls kugelförmig, wie im vorigen Beispiele, sie beginnt aber nicht in einer Linie, sondern in einem Punkte. Im Uebrigen sind alle Konstruktionen dieser sphärischen Strebebogen dieselben, wie bei der Hängekuppel über dem quadraten Raume, und es kann deshalb eine weitere Beschreibung der Konstruktion dieser Strebewölbung hier übergangen werden.

Zum Schluss haben wir auf Taf. XXXVIII in Fig. 471, Fig. 472 und Fig. 473 die Konstruktion eines sphärischen Nischengewölbes dargestellt. Fig. 472 ist der Grundriss, Fig. 471 eine gerade Ansicht von vorn und Fig. 473 ein vertikaler Durchschnitt nach der Linie  $A'B'$  des Grundrisses.

Dies Nischengewölbe hat einen Kern  $D$ , wie die konische Kernwölbung (Trompengewölbe), an welchem die centralen Lagerfugen ihre Begrenzung finden. Die innere Wölbungsfläche ist aber nicht konisch, sondern kugelförmig.

Sämmtliche Lagerfugen schneiden die innere Kugelfläche in grössten Kreisen, da ihre Richtung durch den Mittelpunkt der Kugel geht, aber die Stossfugen schneiden die Kugelfläche in kleineren Kreisen, welche mit der äussern Stirnfläche parallel laufen. In Fig. 474 haben wir den Anfänger  $E$  dargestellt, in Fig. 475 den Schlussstein  $F$  und in Fig. 476 den Kern  $D$ .

## ZEHNTES KAPITEL.

### Von dem gegenseitigen Durchdringen zweier Gewölbe von verschiedenen Höhen.

#### §. 132.

Auf Taf. XXXIX haben wir das Princip der Anordnung des Fugenschnitts dargestellt, wenn ein grösseres Tonnengewölbe von einem kleineren auf der einen Seite in normaler Richtung durchdrungen wird. Fig. 478 ist der Grundriss dieser Konstruktion, Fig. 477 ein vertikaler Durchschnitt nach der Linie  $A'B'$  des Grundrisses und Fig. 479 ein anderer vertikaler Durchschnitt nach der Linie  $C'D'$ .

Wir haben hier vorausgesetzt, dass die lichte Weite eines jeden Tonnengewölbes gegeben sei und dass der Rücken der Tonnengewölbe nicht rund, sondern gebrochen angeordnet werden solle.

Zur Erreichung eines soliden und festen Steinverbandes ist es nothwendig, dass die horizontalen Fugen des grösseren Tonnengewölbes, in welchen die innere Wölbungsfläche von den Lagerfugen geschnitten wird, in der Weise angeordnet werden, dass sie in der Nähe des kleineren Gewölbes ihre horizontale Richtung ändern und in die Centralfugen des kleineren Tonnengewölbes übergehen. Es ist dies deutlich aus Fig. 479 zu ersehen, wo die horizontalen Leibungsfugen  $h''v_2''$  und  $k''l''$  in den Punkten  $v_2''$  und  $l''$  ihre Richtung ändern, indem sie von hier aus die Richtung durch den Mittelpunkt  $M''$  des Hauptes vom kleineren Tonnengewölbe nehmen. Die Punkte  $v_2''$  und  $l''$  dürfen nicht beliebig angenommen werden, insofern eines Theils die Fugeneintheilung in dem Haupte des kleineren Tonnengewölbes von der Wahl jener Punkte abhängig ist und diese Fugeneintheilung, wegen der Symmetrie, stets in der Weise geschehen muss, dass die Bogen  $a''p''$ ,  $p''q''$ ,  $q''r''$ ,  $r''w''$  u. s. f. gleich gross werden, anderen Theils die Längen  $v_2''p''$  und  $l''q''$  die Gewölbstärke des kleineren Gewölbes, welche dasselbe in den Punkten  $p''$  und  $q''$  hat, repräsentiren. Um nun diesen Bedingungen zu genügen, muss man mehrere Eintheilungen der Grundbogen  $o''x_2''a''$  Fig. 477 und  $a''b''c''$  Fig. 479 versuchen, und sehen, welche von diesen jenen Bedingungen am besten entspricht.

Ist die Eintheilung der beiden Grundbogen festgesetzt, so ermittle man die Kurve  $a'b'c'$  Fig. 478, den Grundriss derjenigen krummen Linie, in welcher die beiden cylindrischen Wölbungsflächen sich durchdringen. Man erhält einen Punkt  $p'$  dieser Kurve, wenn man aus der gegebenen Seitenprojektion  $p''$  den Aufriss  $p''$  des Punktes  $p$  ermittelt, indem man die Linie  $p''E$  parallel mit  $a''y''$  zieht,  $HF$  gleich  $HE$  macht und durch den Punkt  $F$  die gerade Linie  $\beta''p''$  parallel mit  $\delta''a''$  zieht: der Punkt  $p'$ , in welchem der Grundbogen  $o''x_2''a''$  des grösseren Tonnengewölbes von jener Linie geschnitten wird, ist der Aufriss des Punktes  $p$ . Man hat sonach nur die einfache Aufgabe der Projektionslehre zu lösen, aus der gegebenen Seitenprojektion  $p''$  eines Punktes  $p$  und aus dem Aufriss  $p''$  dieses Punktes den Grundriss  $p'$  zu finden. Man löst diese Aufgabe, wenn man die Linie  $p''z''$  Fig. 279 senkrecht auf  $a''c''$  zieht und durch diesen Punkt die gerade Linie  $\beta''p'$  parallel mit der Achse  $B'f'$  des kleineren Tonnengewölbes, sowie durch den Punkt  $p''$  die gerade Linie  $p''p'$  parallel

mit der Achse  $C'D'$  des grösseren Tonnengewölbes zieht: der Durchschnittspunkt  $p'$  dieser beiden Linien ist der gesuchte Grundriss  $p'$  des Punktes  $p$  der Durchschnittslinie beider Gewölbflächen. In derselben Weise werden die Grundrisse  $q'$ ,  $r'$ ,  $w'$ ,  $b'$  u. s. f. der Punkte  $q$ ,  $r$ ,  $w$  und  $b$  jener Durchschnittslinie ermittelt.

Nachdem diese Durchschnittslinie bestimmt worden ist, ordne man in der Wölbungsfläche des grösseren Tonnengewölbes das Haupt des kleineren Gewölbes in derselben Art an, wie beim Haupt in der geraden lothrechten Mauer, und ermittle den Grundriss dieses Fugenschnitts; dadurch erhält man die Grundrisse der einzelnen Steine, welche den gegenseitigen Verband des kleineren Gewölbes mit dem grösseren vermitteln.

Auf der einen Seite des kleineren Gewölbes haben wir in Fig. 478 die Grundrisse jener Steine vollständig angegeben, und es bezeichnet die Fig.  $a_2'b_2'v_2'p'c_2'd_2'$  den Grundriss des Anfängers, die Fig.  $g_2'e_2'i_2'l'q'$  den des zweiten Steins,  $l_2'h_2'v',s'r'$  den des dritten Steins,  $o_2'm_2't'x'w'$  den des vierten Steins und endlich  $r_2'q'q'x't_2's_2'$  den Grundriss des Schlusssteins.

$p_2'w'x't_2'u_2'q_2'$  ist der Grundriss von den zwei verschiedenen inneren Wölbungsflächen des Schlusssteins,  $P, p_2'w'x'q'q'$  ist der Grundriss der einen Lagerfuge und  $q_2'u_2't_2's_2'r_2'$  der Grundriss der zweiten Lagerfuge des Schlusssteins.

Fig. 480 zeigt die Form des Anfängers  $O$ , dessen Grundriss in Fig. 478 mit  $O'$  bezeichnet ist. An diesem Steine befinden sich auf der einen Seite die Leibung und die Lagerfuge des kleineren Tonnengewölbes, auf der andern Seite aber die Leibung und die Lagerfuge des grösseren Gewölbes.  $K$  ist die Schablone der Stossfuge im grösseren und  $L$  die Schablone der Stossfuge im kleineren Tonnengewölbe.

Fig. 481 und Fig. 482 zeigen die Form des Schlusssteins  $P$ , welcher den Verband des kleineren Gewölbes mit dem grösseren vermittelt; erstere Figur ist eine Ansicht von unten, letztere eine Ansicht von oben.  $E$  ist die ausgetragene Lagerfuge dieses Steins und  $F$  ist die Schablone der Stirnfläche oder der Stossfuge.

Um Fig. 481 zu zeichnen, konstruirt man wie folgt:

Man ziehe die gerade Linie  $w_2'f'$  unter  $45^\circ$  Neigung gegen die Grundlinie und  $w_2'w_2$  lothrecht, beschreibe aus dem Punkte  $w_2'$  als Mittelpunkt den Kreisbogen  $p_2q_2$  mit dem Radius  $M''b''$  Fig. 479 des kleineren Tonnengewölbes, und mache  $w_2p_2$  gleich  $w_2q_2$  gleich  $b''w''$  Fig. 479.

Durch den Punkt  $q_2$  ziehe man die Linie  $w_2'r_2$ , mache die Länge  $q_2r_2$  gleich lang mit  $w''q''$  Fig. 479, und ziehe die geraden Linien  $p_2w$ ,  $q_2u_2$  und  $r_2s_2$  parallel mit  $w_2'f'$ . Sodann mache man die Längen  $p_2w$  und  $q_2u_2$  gleich lang mit  $p_2'w'$  Fig. 478,  $w_2b$  gleich  $w_2'b'$  und  $r_2s_2$  gleich  $r_2's_2'$ , ziehe  $s_2q$  parallel mit der angenommenen Grundlinie und mache sie gleich lang mit  $s_2'q'$  Fig. 479, verbinde endlich noch die drei Punkte  $w$ ,  $b$ ,  $u_2$  durch eine entsprechende krumme Linie: so bedarf man zur Vollendung des Steins nur noch der Punkte  $x$  und  $t_2$ .

Diese zwei Punkte ermittle man aus den zugehörigen Koordinaten, indem man die Länge  $w_2'f'$  Fig. 481 gleich lang mit  $w_2'f'$  Fig. 478 macht, die gerade Linie  $x't_2$ , in der schiefen Pro-

jektion senkrecht zu  $w_2'f'$  zieht, jede der Längen  $x'f'$  und  $f't_2'$  gleich lang macht mit  $x'f'$  Fig. 478, sodann in den Punkten  $x'$  und  $t_2'$  die vertikalen Linien  $x'x$  und  $t_2't_2$  konstruiert und diese mit  $f^0f''$  Fig. 477 gleich lang macht: dadurch werden die Punkte  $x$  und  $t_2$  ermittelt, welche man nur mit den Punkten  $\rho$  und  $s_2$  durch gerade Linien, mit den Punkten  $w$  und  $u_2$  aber durch entsprechende Bogen verbinden darf, um die Zeichnung zu vollenden.

Fig. 483 und Fig. 484 zeigen die Form des Steins  $R$ , welcher zur Seite des Schlusssteins  $P$  sich befindet; erstere Figur ist eine Ansicht von unten, letztere eine Ansicht von oben.  $I$  ist die ausgetragene untere Lagerfuge dieses Steins,  $G$  die der Stirnfläche oder der Stossfuge und  $H$  die der vertikalen Längenfuge, deren Seitenprojektion die Linie  $s''\sigma''$  Fig. 479 vorstellt. Es hat nämlich der Stein  $R$  auf der Seite, welche vom Schlussstein abgewendet ist, zweierlei Fugen, eine centrale Lagerfuge, deren Seitenprojektion die Linie  $r''s''$  Fig. 479 ist, und eine vertikale Stossfuge, deren Seitenprojektion  $s''\sigma''$  ist.

### §. 133.

Die Figuren auf Tafel XL enthalten dieselbe Gewölbekonstruktion, von welcher im vorigen Paragraphen die Rede war. Die Struktur dieses Gewölbes unterscheidet sich von der des vorigen Gewölbes nur darin, dass die beiden sich durchdringenden Gewölbe keinen gebrochenen, sondern einen runden Rücken haben und die Anordnung des Fugenschnitts der Steine, welche in der Gegend des Durchdringens den gegenseitigen Verband beider Gewölbe vermitteln, nach einem andern Princip durchgeführt worden ist, als in der vorigen Gewölbekonstruktion geschah.

Fig. 485 ist der Grundriss, Fig. 486 ein vertikaler Durchschnitt nach der Linie  $A'B'$  und Fig. 487 ein zweiter vertikaler Durchschnitt nach der Richtung  $C'D'$  Fig. 485.

Diese Figuren zu konstruieren, setzen wir voraus, dass der Grundbogen  $Q''R''a''$  Fig. 486 des grössern Tonnengewölbes gegeben sei, so wie auch der Grundbogen  $a''h''i''$  Fig. 487 des kleineren Gewölbes.

Um nun diese Figuren zu erhalten, konstruiere man in folgender Weise:

1. Man theile jeden der Grundbogen  $Q''R''a''$  Fig. 486 und  $a''h''i''$  Fig. 487 der beiden Tonnengewölbe in eine ungerade Anzahl gleicher Theile, dadurch erhält man die Punkte  $F''$ ,  $G''$ ,  $H''$ ,  $I''$ ,  $R''$  u. s. f. Fig. 486 und die Punkte  $b''$ ,  $c''$ ,  $d''$ ,  $e''$ ,  $f''$ ,  $g''$ ,  $h''$  u. s. f. Fig. 487. Diese Eintheilung der Grundbogen muss aber in der Art geschehen, dass die horizontalen Leibungsfugen des grössern Tonnengewölbes in der Nähe des kleineren in die Centralfugen des letzteren übergehen, damit die Lagerfugen beider Gewölbe in einen gehörigen Zusammenhang treten, was zur Erreichung eines soliden Verbandes durchaus nothwendig ist. So behält z. B. die horizontale Leibungsfuge, welche durch den Punkt  $F''$  Fig. 486 geht, ihre Richtung bis zum Punkte  $z$ , von hier an geht sie aber durch den Punkt  $b$  und wird hier sonach Centralfuge des kleinern Tonnengewölbes. Man sieht dies am deutlichsten in Fig. 487, wo die gerade Linie  $u_3''z''$  die Seitenprojektion jener horizontalen Leibungsfuge und  $z''$  die Seitenprojektion des Punktes  $z$  ist, woselbst die Fuge ihre horizontale Richtung verlässt, um durch  $b''$  nach dem Mittelpunkte  $M''$  hin ihre Richtung zu nehmen. Bei dieser Eintheilung der beiden Grundbogen muss auch noch darauf Rücksicht genommen werden, dass der Bogen  $I''h_2''$  Fig. 486 nicht zu klein werde, damit der Stein, welchem dieser Bogen zugehört und der als Widerlager des auf ihm ruhenden Gewölbes dient, nicht zu schwach werde.

2. Bestimme man die Form des vertikalen Hauptes vom kleinern Tonnengewölbe. Die Fig.  $a''V''W''S''T''U''Y''Z''$  Fig. 487 stellt dies Haupt vor und  $S''U''$  den runden Rücken oder Oberbogen dieses Gewölbes. Mit Hülfe dieser Figur ordne man den Fugenschnitt derjenigen Steine an, welche in der Gegend des Durchdringens den gegenseitigen Verband vermitteln.

3. Die Punkte  $a''$ ,  $b''$ ,  $c''$ ,  $d''$ ,  $e''$  u. s. f. Fig. 487 stellen die Seitenprojektionen von den Punkten  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  u. s. f. vor, welche in derjenigen krummen Linie sich befinden, in welcher die beiden inneren Gewölbflächen sich schneiden, und es muss sonach der Aufriss dieser Punkte in dem Kreisbogen  $a''I''$  Fig. 486 sich befinden. Man erhält daher den Aufriss dieser Punkte, wenn man die Punkte  $b''$ ,  $c''$ ,  $d''$ ,  $e''$ ,  $f''$  und  $g''$  Fig. 487 auf die Linie  $NP$  projicirt, von hier die erhaltenen Punkte mittelst Kreisbogen auf die Linie  $NO$  trägt und durch die sich ergebenden Punkte gerade Linie parallel mit  $B''a''$  bis an den Kreisbogen  $a''R''$  Fig. 486 zieht: die Punkte  $b''$ ,  $c''$  u. s. f., in welchen der Kreisbogen  $a''R''$  von jenen Parallelen geschnitten wird, sind die verlangten Punkte, und die parallel mit  $a''B''$  gezogenen Linien stellen den Aufriss der horizontalen Leibungsfugen des kleinern Tonnengewölbes vor.

4. Bestimme man den Grundriss jener Leibungsfugen; dadurch erhält man die Punkte  $a'$ ,  $b'$ ,  $c'$ ,  $d'$  u. s. f., und damit die Punkte, durch welche die Kurve  $a'b'c'd'e'f'g'h'i'$  Fig. 485 geht, welche den

Grundriss der krummen Linie vorstellt, in welcher beide Gewölbflächen sich durchdringen.

5. Schreite man zur Anordnung des Fugenschnitts des gekrümmten Hauptes vom kleinern Gewölbe. Wir haben hier in dieser Gewölbekonstruktion die Anordnung so getroffen, dass die sieben mittlern obern Steine des kleinern Gewölbes bis an die Lagerfuge  $I''K''$  Fig. 486 des grössern Gewölbes hinaufreichen und hier das Widerlager der horizontalen Steinschicht  $I''R''K_2''K''$  bilden. Diese Steine müssen daher ausser den Lagerfugen für das kleinere Gewölbe auch noch eine Lagerfuge für das grössere Gewölbe erhalten. Mit der untern Kante dieser Lagerfuge stossen diese Steine an die Leibungsfuge  $p'q'$ , mit der obern Kante aber an die durch den Punkt  $K''$  Fig. 486 gerichteten Fuge des Oberbogens im grössern Gewölbe, deren Seitenprojektion in Fig. 487 durch  $k''o''$  bezeichnet wird. Aus diesem Grunde muss die Entfernung der Linie  $k''o''$  von  $C''D''$  gleich der Höhe des Punktes  $K''$  über der Linie  $A''B''$  Fig. 486 sein.

Die beiden Lagerfugen des Schlusssteins und des zunächst folgenden Steins, welche als centrale Lager im kleinern Gewölbe dienen, reichen ebenfalls bis an die Linie  $k'o$  heran, deren Seitenprojektion die Linie  $k''o''$  ist. Aber bei den zwei folgenden Steinen würden diese Lagerfugen in den Punkten  $l$  und  $k$  zu spitze Winkel bilden, weshalb wir uns veranlasst fanden, diese Lagerfugen zu brechen, und zwar am dritten Steine einer Centralfuge  $e'r$ , deren Seitenprojektion mit  $e''r''$  bezeichnet ist, und in eine Vertikalfuge, deren Seitenprojektion  $r''l''$  ist. An diesem dritten Steine ist sonach  $e''f''s''r''$  die Projektion des nach der innern Wölbungsfläche des grössern Gewölbes gekrümmten Hauptes und  $r''l''m''s''$  ist die Seitenprojektion der Lagerfuge im grössern Tonnengewölbe.

Die untere Lagerfuge des vierten Steins, welche derselbe im kleineren Gewölbe hat, ist in die zwei Theile gebrochen, deren Seitenprojektion  $d''S''$  und  $S''k''$  vorstellen, und es ist daher die Fig.  $d''e''r''g_2''S''$  die Projektion des gekrümmten schiefen Hauptes und  $g_2''k''l''r''$  die Seitenprojektion der Lagerfuge dieses Steins im grössern Gewölbe.

Am dritten Stein von unten ist  $e''d''S''y''v''$  die Projektion des gekrümmten schiefen Hauptes und  $S''x''w''y''$  die Projektion der Lagerfuge im grössern Tonnengewölbe.

Am zweiten Stein von unten ist  $b''c''v''a_2''z''$  die Projektion des schiefen Hauptes und  $v''y''b_2''a_2''$  die Projektion der Lagerfuge für das grössere Gewölbe.

Am Anfänger ist  $e''b''z''d_2''c_2''$  die Projektion des gekrümmten Hauptes und  $z''z_3''e_2''d_2''$  die Projektion der Lagerfuge im grössern Gewölbe.

Nachdem der Fugenschnitt des gekrümmten Hauptes des kleinen Gewölbes angeordnet worden ist, kann der Grundriss von jedem einzelnen Steine in Fig. 485 leicht gefunden werden, denn man darf nur aus der bekannten Seitenprojektion und dem Aufriss irgend eines Punktes dessen Grundriss ermitteln.

In Fig. 485 bezeichnet  $p_3'd_2'z'b'm_3'o_3'$  den Grundriss des Anfängers,  $e_3'a_2'v'c_3'$  den Grundriss des zweiten Steins,  $b_3'y'S'd'a_3'$  den des dritten Steins,  $z_2'g_2'r'e'x_2'$  den des vierten Steins,  $w_2'r's'f'u_2'$  den des fünften Steins,  $t_2'o_2'm's't'g'q_2'$  den des sechsten Steins und endlich  $l_2'n_2'n't'u'o'm_2'p_2'$  ist der Grundriss des Schlusssteins.

Jeder dieser Steine besitzt zweierlei Wölbungsflächen, eine für das kleinere und eine andere für das grössere Tonnengewölbe; aus diesem Grunde hat auch jeder von diesen Steinen zweierlei Lagerfugen, eine Lagerfuge für das kleinere Gewölbe und eine zweite für das grössere Tonnengewölbe.

Damit die Figuren, welche die Projektionen dieser Steine vorstellen, nicht missverstanden werden, wollen wir noch bemerken, dass in Fig. 485  $i_2'k_2'g't'u'h'$  die untere Ansicht des Schlusssteins vorstellt und  $p_2'l_2'n_2'n't'n'o'm_2'$  die obere Ansicht desselben;  $i_2'h'u'o'm_2'p_2'$  und  $k_2'g't'n_2'l_2'$  stellen die Grundrisse der beiden Lagerfugen im kleinern Gewölbe vor und  $o'n't'u'$  die Projektion der Lagerfuge im grössern Tonnengewölbe.

Die Figur  $q_2's_2'f's't'g'$  bezeichnet die untere Ansicht des zweiten Steins und  $r_2't_2'o_2'm's't'n_2'$  dessen Ansicht von oben;  $q_2'r_2'n_2'n't'g'$  und  $s_2't_2'o_2'm's'f'$  sind die Projektionen der beiden Lagerfugen im kleinern Gewölbe und  $n'm's't'$  ist die Projektion der Lagerfuge dieses Steins im grössern Gewölbe.

Am dritten Stein ist  $u_2'v_2'e'r's'f'$  die Projektion der untern Ansicht und  $w_3'w_2'r's'm'o_2'$  die Projektion der obern Ansicht;  $m'l'r's'$  bezeichnet die Projektion der Lagerfuge im grössern Gewölbe und  $v_2'w_2'r'e'$  die Projektion der untern Lagerfuge im kleinern Gewölbe.

Die Fig.  $x_2'y_2'd'S'g_2'r'e'$  ist die untere Ansicht des vierten Steins,  $a_4'z_2'g_2'r'$  die obere Ansicht desselben;  $g_2'r'l'S'$  ist die Projektion der Lagerfuge im grössern Gewölbe und  $y_2'd'S'z_2'$  die Projektion der untern Lagerfuge im kleinern Tonnengewölbe.

$a_3'r_3'c'v'y'S'd'$  ist die untere Ansicht des fünften Steins,  $b_3'y'S'b_4'$  dessen obere Ansicht;  $x'w'y'S'$  ist die Projektion der Lagerfuge im grössern Gewölbe und  $r_3'b_3'v'c'$  die Projektion der Lagerfuge im kleineren Gewölbe.

$c_3' d_3' b' z' a_2' v' c'$  ist die untere Ansicht des sechsten Steins und endlich  $m_3' n_3' a' c_2' d_2' z' b'$  die untere Ansicht des Anfängers.

Die sieben Steine, von welchen hier die Rede war, haben wir in Fig. 488 bis Fig. 494 dargestellt, und es bezeichnet Fig. 488 den Anfänger, Fig. 489 den zweiten Stein von unten, Fig. 490 den dritten, Fig. 491 den vierten, Fig. 492 den fünften, Fig. 493 den sechsten und endlich Fig. 494 den Schlussstein.

In Fig. 495 haben wir noch die innere Wölbungsfläche des kleineren Tonnengewölbes mit den zugehörigen Leibungsfugen und den daran liegenden Lagerfugen ausgetragen.

## §. 134.

Wenn ein Tonnengewölbe von einem andern kleinern Tonnengewölbe nicht in senkrechter, sondern in schiefer Richtung durchdrungen wird, so zeigen die auf Tafel XLI dargestellten Figuren das Princip des Fugenschnitts.

Es ist nämlich Fig. 497 der Grundriss,  $CD$  die Achse des grössern Tonnengewölbes, welches wir hier nur zur Hälfte gezeichnet haben, und  $MH$  ist die Achse des kleinern Tonnengewölbes.

Fig. 499 ist ein vertikaler Längendurchschnitt nach der Richtung der Linie  $CD$ , denselben auf eine Achse  $EF$  projicirt, welche mit  $CD$  parallel ist. Fig. 498 ist derselbe Durchschnitt, aber auf eine Achse  $BG$  projicirt, die auf der Achse  $MH$  des kleinern Gewölbes senkrecht steht.

Fig. 496 stellt einen andern vertikalen Durchschnitt vor, welcher nach der Linie  $MH$  genommen ist, denselben auf eine Ebene  $AB$  projicirt, welche gegen die Achse  $CD$  des grössern Tonnengewölbes eine normale Richtung hat.

Die in Fig. 497 umgeklappte Fig.  $KLNO PQ$  stellt das normale Haupt des kleinern Tonnengewölbes zur Hälfte vor und dient hier zur Feststellung der Leibungsfugen dieses Gewölbes.

In Fig. 500 haben wir noch den Schlussstein des kleinern Tonnengewölbes konstruirt, welcher den gegenseitigen Verband der beiden Gewölbe von der Stelle der Durchdringung vermittelt.

Es ist nicht zu verkennen, dass bei dieser Gewölbekonstruktion diejenigen Steine, welche den Verband an der Stelle vermitteln, wo das eine Gewölbe das andere durchdringt, keine rechtwinklige Ecken erhalten können, und dass diese um so spitzer ausfallen müssen, je schräger die Richtung ist, in welcher die Gewölbe sich durchdringen. Und da es eine bekannte Sache ist, dass die spitze Kante beim Steinverbande nur geringen Widerstand zu leisten im Stande ist, so ist es zweckmässig, entweder die scharfe Kante abzufasen oder den Fugenschnitt der Steine nicht nach Fig. 497, sondern nach Fig. 501 anzuordnen. Die schiefe Richtung, welche das kleinere Tonnengewölbe gegen das grössere hat, wird hier durch die angeordnete Gratlinie  $AB$  in der Weise gebrochen, dass die Durchdringung der Gewölbe in normaler Richtung geschieht.

## §. 135.

Die Fig. 502, 503 und 504 Tafel XLII stellen den Fall vor, wo ein Kugelgewölbe von einem Tonnengewölbe auf der einen Seite durchdringen wird. Fig. 503 ist der Grundriss dieser Gewölbekonstruktion, Fig. 502 ein vertikaler Längendurchschnitt nach der Linie  $M'A'$  des Grundrisses und Fig. 504 ein zweiter vertikaler Durchschnitt nach der Richtung  $B'C'$  Fig. 503. Das Tonnengewölbe ist kleiner als das Kugelgewölbe; die Achse desselben ist horizontal und geht durch die Achse des Kugelgewölbes, ohne jedoch durch den Mittelpunkt desselben zu gehen. In Fig. 504 ist  $M''$  der Mittelpunkt des Kugelgewölbes und  $D''$  der Mittelpunkt des Tonnengewölbes, es wird sonach die Achse des Kugelgewölbes von der Achse des Tonnengewölbes in der Höhe  $M''D''$  über dem Mittelpunkte  $M$  des Kugelgewölbes geschnitten.

Das Princip der Anordnung des Fugenschnitts ist hier dasselbe wie in den vorangegangenen Beispielen dieses Kapitels, indem auch hier die untern centralen Lagerfugen des Kugelgewölbes mit den Lagerfugen des eindringenden Tonnengewölbes im stetigen Zusammenhange stehen müssen, wie aus Fig. 504 deutlich zu sehen ist. Wenn daher beide Grundbogen dieser Gewölbe durch die lichte Weite derselben gegeben sind, so müssen mehrere Einteilungen der beiden Grundbogen versucht werden, um eine passende zu finden, welche den Bedingungen entspricht, dass

1. alle Steine im Tonnengewölbe und im Kugelgewölbe gleich gross sind;
2. dass die in concentrischen Kreisen ringsherum laufenden inneren Leibungsfugen des Kugelgewölbes in der Gegend, wo die Durchdringung stattfindet, in Centralfugen des Tonnengewölbes übergehen;
3. dass die Länge dieser Centralfugen der Stärke des Tonnengewölbes entspricht, und dass endlich
4. der Bogen  $a''b''$  Fig. 502 nicht zu klein ist, weil der Schlussstein, dem dieser Bogen angehört, als Widerlager der obern Steinschichten des Kugelgewölbes dient.

Sind die beiden Grundbogen in der Weise eingetheilt worden, dass diesen vier Bedingungen genügt wird, so konstruirt man die Ringleb, Steinschnitt.

beiden vertikalen Durchschnitte des Kugelgewölbes, wie solche Fig. 502 und Fig. 504 zeigen, und setze das Haupt  $c'''d'''e'''f'''g'''$  des Tonnengewölbes fest.

Wir haben hier dem Tonnengewölbe in den erstern Steinen, welche in das Kugelgewölbe eingreifen, eine grössere Stärke gegeben als in den übrigen Theilen dieses Gewölbes, wie solches aus Fig. 502 und Fig. 504 ersehen werden kann, woselbst der Bogen  $f'''g'''$  Fig. 504 den Rücken des stärkern Theils und  $h'''i'''$  den Rücken des schwächern Theils des Tonnengewölbes vorstellt.

Nachdem das Haupt des Tonnengewölbes festgesetzt worden ist, ermittle man die Kurve, in welcher die innere Fläche des Kugelgewölbes von der cylindrischen Fläche des Tonnengewölbes geschnitten wird. Zu dem Ende konstruirt man Mantellinien der Cylinderfläche und bestimme die Punkte, in welchen die Kugeloberfläche von den Mantellinien durchdrungen wird. Zu diesem Behufe denke man sich irgend eine horizontale Ebene, von welcher beide Gewölbflächen geschnitten werden, und bestimme denjenigen kleinern Kreis der Kugel, in welchem die innere Kugeloberfläche von dieser Ebene geschnitten wird. Hierauf ermittle man die beiden Mantellinien, in welchen die innere cylindrische Wölbungsfläche des Tonnengewölbes von der angenommenen horizontalen Ebene geschnitten wird: diese beiden Parallelen werden dann jenen kleineren Kreis der Kugel in zwei Punkten schneiden, welches zwei Punkte der verlangten Durchschnittslinie sind.

Um z. B. den Punkt  $k$  dieser Durchschnittslinie zu erhalten, ziehe man durch den Theilpunkt  $k'''$  Fig. 504 die gerade Linie  $F'''G'''$  parallel mit  $M'''K'''$  und betrachte diese Linie als den Schnitt einer horizontalen Ebene, welche beide Gewölbtheile durchschneidet, die Kugeloberfläche nämlich in einem kleinern Kreise, dessen Radius die Linie  $F'''G'''$  ist, und die cylindrische Fläche des Tonnengewölbes in der durch  $k$  gehenden Mantellinie des Cylinders. Man darf daher nur in Fig. 503 aus dem Mittelpunkte  $M'$  mit der Länge  $F'''G'''$  als Radius den Kreisbogen  $H'I'$  beschreiben und auf diesen den Punkt  $k'''$  nach  $k'$  in einer Richtung projiciren, welche auf  $M'''K'''$  senkrecht ist, so ist  $k'$  der Grundriss des Punktes  $k$  der in Rede stehenden Durchschnittslinie.

Der Aufriss  $k''$  des Punktes  $k$  ergibt sich nun sogleich aus dem Grundriss und aus der Seitenprojektion dieses Punktes, indem man die Höhe  $A^0N''$  Fig. 502 gleich der Höhe  $l''k'''$  Fig. 504 macht, sodann die gerade Linie  $N''k''$  parallel mit  $A^0M^0$  zieht und den Punkt  $k'$  in einer Richtung, welche auf  $A^0M^0$  senkrecht ist, nach  $k''$  projicirt. In derselben Weise werden alle übrigen Punkte der in Rede stehenden Durchschnittslinie erhalten.

Man schreite nun zur Konstruktion des gekrümmten Hauptes in der Kuppelleibung, indem man zunächst dessen Form in dem Durchschnitt Fig. 504 feststellt, den Grundriss und Aufriss desselben kann man alsdann aus der bekannten Seitenprojektion leicht finden. Um etwa mit Hilfe des Punktes  $h'''$  die Punkte  $h'$  und  $h''$  in Fig. 503 und Fig. 502 zu ermitteln, beschreibe man mit dem Radius  $O'''P'''$  Fig. 504 aus dem Punkte  $M'$  Fig. 503 einen Kreisbogen und projicire den Punkt  $h'''$  nach  $h'$  auf diesen Kreisbogen, so ist  $h'$  der Grundriss des Punktes  $h$ . Ferner mache man die Höhe  $M^0m''$  Fig. 502 gleich der Höhe des Punktes  $h'''$  über der Linie  $M'''K'''$  Fig. 504, ziehe sodann die gerade Linie  $m''h''$  parallel mit  $M^0A^0$  und projicire den Punkt  $h'$  auf diese Linie nach  $h''$ : dieser Punkt ist der verlangte Aufriss des Punktes  $h$ . In derselben Weise werden alle übrigen Punkte des gekrümmten Hauptes ermittelt.

Von den Steinen, welche den gegenseitigen Verband der beiden Gewölbtheile vermitteln, haben wir in Fig. 505 den Anfänger dargestellt, in Fig. 506 den gemeinschaftlichen Schlussstein und in Fig. 507 den Stein, welcher zur Seite des Schlusssteins sich befindet.

## §. 136.

## Absteigende Durchdringung zweier Tonnengewölbe.

Grundregeln: 1. Man mache die Anlage der Projektion stets so, dass die Achse des steigenden Tonnengewölbes parallel mit der Vertikalebene wird, oder wenn dies nicht möglich ist, projicire man das Gewölbe auf eine zur Achse parallele vertikale Ebene.

In nebenstehender Fig. I ist die Achse ( $mn, m'n'$ ) parallel zur Vertikalebene angenommen.

2. Projicire man das grössere Tonnengewölbe auf die Normalschnittsebene  $MN$  des steigenden Gewölbes und klappe diese Ebene um. (A Fig. I.)

3. Mache man den Fugenschnitt in der Umklappung der Normalschnittsebene, denn die Lagerfugen des steigenden Gewölbes gehen durch dessen Achse, stehen also auf der Normalschnittsebene senkrecht und zeigen sich deshalb in ihren Spuren  $a_0b_0, c_0d_0 \dots$

Um die Durchdringungskurven zu erhalten, in welchen sich die Rücken und die beiden Leibungen beider Gewölbe schneiden, verfähre man folgendermassen: Die Rückenante  $h_0$ , deren Aufriss  $h'k'$  ist, schneidet den Rücken des Gewölbes  $B$  in  $k'$ , der Grundriss  $hk$  aber ergibt sich, wenn man  $hk \parallel$  zu  $mn$  zieht, und zwar in