einen sogenannten Spiegel hat und deshalb auch Spiegelgewölbe genannt wird.

Fig. 335 zeigt den Grundriss mit den Projektionen der Stoss- und Lagerfugen zur Hälfte und Fig. 334 den lothrechten Querschnitt nach der Linie $A' B'$ des Grundrisses.

Die Grösse des Spiegels haben wir in diesem Beispiele dadurch bestimmt, dass wir die lichte Weite $c'' d''$ des Gewölbes in drei gleiche Theile $d'' a^0$, $a^0 b^0$ und $b^0 c''$ theilten, in den Punkten a^0 und b^0 Normalen $a^0 a''$ und $b^0 b''$ errichteten und mit der Länge $a^0 d''$ die Kreisbogen $d'' a''$ und $b'' c''$ aus den Punkten a^0 und b^0 beschrieben. Die Bogen $d'' a''$ und $b'' c''$ stellen dann die Durchschnittslinie der innern gekrümmten Wölbungsfläche vor, die gerade Linie $a'' b''$ aber die Durchschnittslinie des horizontalen Spiegels.

Die gekrümmte Wölbungsfläche läuft in gleicher Breite an den Widerlagsmauern rings herum und bildet dadurch die 4 Gratbogen in den Ecken. Die Projektionen der Lagerfugen in Fig. 334 schneiden sich nicht in einem Punkte, sondern in drei verschiedenen Punkten. Die Fugen in den gekrümmten Gewölbtheilen schneiden sich hinreichend verlängert gedacht in den Punkten a^0 und b^0, die Lagerfugen des Spiegels aber haben ihren Mittelpunkt in der Mittellinie des Gewölbes. Die Entfernung dieses Punktes von der Linie $a'' b''$ wird so festgesetzt, dass die Fugen im Spiegel nicht zu schräg, aber auch nicht zu steil zu liegen kommen.

In Fig. 336 haben wir noch die Schablonen der inneren Flächen derjenigen Gratsteine ausgetragen, deren Grundrisse in Fig. 335 mit L', M', N', O' und P' bezeichnet worden sind, diese Flächen als Ebenen gedacht.

§. 107.

Fig. 339 Taf. XXV ist der Grundriss eines Klostergewölbes mit doppelten Graten und mit einem Spiegelgewölbe in der Mitte, gegen welches die Grate anlaufen. Fig. 338 ist der vertikale Durchschnitt dieses Gewölbes nach der Linie $A' B'$ des Grundrisses. Die aus den vier Ecken hervorgehenden doppelten Grate bilden ein Sterngewölbe, welches in seiner Mitte eben, in allen übrigen Theilen aber cylindrisch ist. Das reguläre Achteck, dessen Grundriss die Fig. $b' c' d' e' f' g' h' i'$ ist, trennt die ebene Gewölbfläche von der cylindrischen und die gerade Linie $i' b'$ ist die Achse desjenigen cylindrischen Gewölbes, dessen Grundriss die Fig. $o' b' i' s'$ ist, weil sämmtliche centrale Lagerfugen dieses Gewölbtheils in der Linie $i' b'$ sich schneiden müssen, da der Mittelpunkt des Grundbogens $t'' a''$ Fig. 338 dieses Gewölbtheils in dem Punkte a^0 sich befindet und die Länge $a^0 t''$ mit $b' \beta'$ Fig. 339 gleich gross ist. Eben so gilt die gerade Linie $b' c'$ Fig. 339 als Achse desjenigen cylindrischen Gewölbes, welches zwischen den Gratlinien $o b$ und $o c$ sich befindet, ferner $c' d'$ als Achse des zwischen $o c$ und $p d$ befindlichen cylindrischen Gewölbes, u. s. f.

Die Fig. 340 zeigt den untersten Gratstein, welcher die Ecke einnimmt und als Anfänger gilt. Die obere Lagerfuge dieses Steins ist horizontal angenommen und die dadurch hervorgehende spitze Kante in der Wölbungsfläche nach der Richtung des Radius abgeschnitten worden. Um diesen Stein zu zeichnen, konstruire man zunächst das untere Lager desselben nach der Methode der schiefen Projektion. Sodann zeichne man die beiden Häupter des Steins, und zwar das vordere in geometrischer Form, kongruent der Stirnfläche dieses Steins, welche die Fig. 338 darbietet, und das andere Haupt nach der Methode der schiefen Projektion, indem man den Bogen $y a$ aus seinen Koordinaten bestimmt. Nachdem die beiden Häupter konstruirt worden sind, ist es leicht, den Stein vollends zu zeichnen.

Die Fig. 341 stellt den zweiten Gratstein von unten vor. Man konstruirt diesen Stein wie den vorigen Stein aus den beiden Häuptern.

Fig. 342 zeigt den dritten Gratstein. Auch dieser Stein wird vermittelst seiner beiden Häupter konstruirt.

§. 108.

Zum Schluss dieses Kapitels haben wir noch in Fig. 345 den Grundriss eines kreisrunden Gewölbes gegeben, dessen vertikaler Querschnitt nach der Linie $A' B'$ genommen entweder Fig. 343 oder Fig. 344 vorstellt. Im erstern Falle ist das Gewölbe ein scheitrechtes, im zweiten aber ein kegelförmiges Gewölbe mit vertikaler Achse.

Die Fig. 346 zeigt den Stein P, dessen Aufriss in Fig. 344 mit P'' bezeichnet ist.

Fig. 348 stellt den Grundriss und Fig. 347 den vertikalen Querschnitt desselben Gewölbes für den Fall vor, wenn dies Gewölbe oben eine Lichtöffnung erhält.

SIEBENTES KAPITEL.

Von den Kreuzgewölben.

§. 109.

Durchschneiden sich zwei Tonnengewölbe von gleichen Höhen, so entsteht das Kreuzgewölbe. Widerlager dieses Gewölbes sind die vier Ecken des überwölbten Raumes; die Gewölbstirnen können offen oder durch Schildmauern geschlossen sein.

Diejenigen Linien, in denen die Gewölbleibungen sich schneiden, werden Grate genannt; diese Grate springen beim Kreuzgewölbe stets nach innen vor und bilden eine scharfe Kante. Das Princip, welches ihre Form festsetzt, ist daher demjenigen entgegengesetzt, nach welchem die Form des Grates beim Klostergewölbe gebildet wird.

Die vier Kämpferpunkte, in welchen das Gewölbe beginnt, befinden sich in der Regel in einer horizontalen Ebene. Es kommen aber auch Fälle vor, wo diese vier Punkte in einer gegen den Horizont geneigten Ebene sich befinden; wie z. B. bei Unterbauungen oder Ueberbauungen der Treppen. Ein solches Kreuzgewölbe wird steigendes Kreuzgewölbe genannt.

Die Särke der Widerlager des Kreuzgewölbes ist ungefähr $^1/_6$ der lichten Weite, wenn der zu überwölbende Raum von vollen Mauern eingeschlossen wird. Ruht hingegen das Gewölbe nur auf vier Pfeilern, so muss deren Stärke $^2/_5$ bis $^1/_3$ der lichten Weite betragen.

Die Stärke des Gewölbes im Scheitel ist durchschnittlich $^1/_{25}$ von der lichten Weite desselben.

§. 110.

In den Fig. 349, 350 und 351 Taf. XXVI sind die Projektionen eines Kreuzgewölbes dargestellt, welches von zwei unter rechten Winkeln sich kreuzenden Tonnengewölben von gleicher Bogenhöhe, aber verschiedenen lichten Weiten gebildet wird.

Die Fig. 349 zeigt die Ansicht des kleinern Bogens, Fig. 350 den Grundriss und Fig. 351 die Ansicht des grössern Bogens.

Der Konstruktion des Kreuzgewölbes ist der Bogen des kleinern Gewölbes, welcher nach dem Halbkreis gebildet ist, zu Grunde gelegt. Der grössere Bogen muss in den beziehlich gleichen Punkten einerlei Höhe mit dem kleinern Bogen haben, und ist sonach eine Ellipse.

Um dieses Gewölbe zu konstruiren, setze man zunächst die Lage der beiden Pfeiler $A' B' C' D'$ und $a' h' q' p'$ Fig. 350 fest. Sodann beschreibe man mit der Linie $a' f'$, der halben lichten Weite des kleinern Gewölbes, den Kreisbogen $a'' f''$ Fig. 349, theile diesen nach der Anzahl der Gewölbsteine, welche er enthalten soll, in eine Anzahl gleicher Theile, wodurch die Punkte a'', b'', c'', d'', e'', f'' erhalten werden. Durch diese Punkte und durch den Mittelpunkt f^0 ziehe man die geraden Linien $f'' o''$, $e'' l''$, $d'' m''$, $c'' n''$, $b'' a''$, konstruire den Rücken $o'' n''$, so wie die Hintermauerung des Gewölbes: hierdurch wird der Fugenschnitt des kleinern Gewölbes festgesetzt. Nachdem dies geschehen ist, projicire man die Punkte a'', b'', c'', d'', e'', f'' auf die Linie $a' f'$, so erhält man in a', b', c', d', e', f' die Grundrisse jener Punkte.

Die Linien $f'k'$ und $v'\gamma'$ sind die Grundrisse der Achsen beider Gewölbe, verbindet man die Punkte p', v', so wie D', v' durch gerade Linien, so stellen diese die Grundrisse der beiden Gratbogen vor.

Wenn man ferner aus den Punkten b', c', d' und e' Parallelen mit der Achse $f'v'$ zieht und dieselben bis an die Linie $p'v'$ verlängert, so sind diese Linien die Grundrisse der inneren horizontalen Leibungsfugen im kleineren Gewölbe. Und zieht man noch aus den erhaltenen Punkten r', s', t' und u' die Linien $r'\varrho'$, $s'\pi'$, $t'\varphi'$ und $u'\delta'$ parallel mit $v'\gamma'$, dem Grundriss der Achse des grössern Gewölbes, so sind diese Linien die Grundrisse der horizontalen Leibungsfugen im grössern Tonnengewölbe.

In gleicher Weise werden die Fugen in den übrigen Quadranten des Kreuzgewölbes festgesetzt. Die übrigen Fugen, welche auf den Lagerfugen normal stehen und die Grundrisse der Stossfugen vorstellen, werden zwar beliebig angeordnet, es muss jedoch deren Anordnung theils nach der Grösse der Steine, welche zum Gewölbe verwendet werden können, theils nach dem zweckmässig guten Verbande, welcher erzielt wird, gehörig abgewogen werden.

Hiermit würde der Grundriss des Gewölbes festgesetzt sein.

Die Fig. 351 zu erhalten, projicire man etwa den Punkt φ' nach φ^2, ziehe $\varphi^2\varphi'''$ normal auf h^2B^2 und mache die Länge dieser Linie gleich d^0d'' Fig. 349. Eben so werden die Punkte q''', ϱ''', π''', δ''' und γ''' bestimmt, durch welche sich dann der elliptische Bogen $q'''\gamma'''$ legen lässt. Die Fugen dieses Bogens schneiden sich nicht in dem Mittelpunkte γ^2, da sie in die Richtung der betreffenden Kurvennormale fallen müssen.

Hiernach wird die Fuge $\varphi'''b_2'''$ erhalten, wenn man die Brennpunkte b^2 und q^2 in der Linie h^2B^2 bestimmt, indem man aus dem Punkte γ''' als Mittelpunkt, mit der Länge $C^2\gamma^2$ als Radius, die Linie h^2B^2 in den Punkten b^2q^2 schneidet. Ist dies geschehen, so ziehe man die zusammengehörigen Brennstrahlen $\varphi'''b^2$ und $\varphi'''q^2$, halbire den Winkel, welchen diese in φ''' mit einander bilden: die so erhaltene Linie ist die Richtung der Normale für den Punkt φ''' und ihre Verlängerung $\varphi'''b_2'''$ ist die Fuge für den Punkt φ'''.

Der äussere Punkt b_2''' wird in der Art festgesetzt, dass die Normale b^2b_2''' gleich m^0m''' Fig. 349 werde. Diese Bedingung ist durchaus nothwendig, damit alle homologen Punkte der beiden Tonnen in einerlei Horizontalebenen zu liegen kommen. — Man projicire nun den Punkt b_2''' nach b_2', den Punkt m'' nach m', und ziehe aus b_2' und m' gerade Linien $b_2'b_3'$ und $m'b_3'$ beziehlich parallel mit den Achsen der Tonnengewölbe: diese Linien stellen den Grundriss der äussern horizontalen Fuge vor, welche durch die Punkte $m''b_2'''$ geht. Auf demselben Wege werden die Linien $n'd_3'$ und $d_3'\varrho'$, so wie $l'a_3'$ und $a_3'a_2'$, die Grundrisse der übrigen äusseren horizontalen Fugen, erhalten.

Dieser Anordnung zu Folge wird der einspringende Grat des Gewölbrückens mit dem ausspringenden Grat der Leibung nicht in einerlei lothrechte Ebene zu liegen kommen, d. h. ihre Grundrisse werden nicht zusammenfallen.

Fig. 353 stellt die Abwicklung der Gewölbleibung mit den zugehörigen Lagerfugen der einen Hälfte des kleinern Tonnengewölbes vor.

Die Figur wird erhalten, wenn man die gerade Linie $(a)\,(f)$ mit dem Kreisbogen $a''f''$ Fig. 349 gleich lang macht und sie eben so eintheilt, wie jener Bogen durch die Punkte b'', c'', d'', e'' getheilt wird. Hierdurch erhält man die Punkte (b), (c), (d) und (e). Aus diesen Punkten ziehe man Linien normal auf $(a)\,(f)$ und mache sie mit den in Fig. 350 verzeichneten Grundrissen der inneren Lagerkanten beziehlich gleich lang, nämlich $(f)(v) = f'v'$, $(e)(u) = e'u'$, $(d)(t) = d't'$, $(c)(s) = c's'$, $(b)(r) = b'r'$ und $(a)(p) = a'p'$, verbinde die Punkte (v), (u), (t), (s), (r) und (p) durch eine stetige krumme Linie, so stellt $(a)(f)(v)(p)$ die Abwicklung der Leibungsfläche von der Hälfte des kleinern Tonnengewölbes vor.

Die Grösse der Lagerfugen zu erhalten, mache man $(e)\,(l) = e''l''$ Fig. 349, $(d)(m) = d''m''$, $(c)(n) = c''n''$, $(b)(\alpha) = b''\alpha''$ und ziehe aus den Punkten (l), (m), (n) und (α) Parallelen mit der Linie $(f)(v)$, mache ferner $(l)(a_3) = l'a_3'$, $(m)(b_3) = m'b_3'$, $(n)(\alpha_3) = n'd_3'$ und verbinde die erhaltenen Punkte durch gerade Linien: so stellen die Trapeze $(e)(l)(a_3)(u)$, $(d)(m)(b_3)(t)$ u. s. w. die Grösse der Lagerfugen in diesem Theile des Gewölbes vor.

Austragen der Steine in isometrischer Projektion. Fig. 354 zeigt den Anfänger des Kreuzgewölbes, Fig. 355 den zweiten Stein von unten und Fig. 357 den Gratstein zur Seite des Schlusssteins, dessen Grundriss die Fig. $u'n_2'n_4'b_3'n_5'n_7'$ ist.

Um den Anfänger Fig. 354 zu zeichnen, konstuire man zunächst die beiden geraden Häupter $abaih$ und $hiV\varrho q$. Das erstere wird rein geometrisch mit Hülfe des Mittelpunktes f nach Fig. 349 verzeichnet, das zweite aber muss perspektivisch dargestellt werden.

Zu dem Ende verzeichne man das untere Lager $apqh$, indem man die Linie ap perspektivisch normal auf ah zieht (unter einer Neigung von 45 Grad gegen ah), die Länge $ap = a'p'$ Fig. 350 macht, die Linie pq parallel mit ah zieht und die Linie hq parallel mit ap: so ist das untere Lager des Steins in der Fig. $ahpq$ perspektivisch dargestellt.

Aus den Punkten b, α und i ziehe man nun die geraden Linien br, αL und iV parallel mit ap und mache sie mit den in Fig. 350 dargestellten Grundrissen gleich lang. Verbinde sodann die Punkte L und V durch eine gerade Linie LV, und ziehe $r\varrho$ parallel ah. Endlich mache man noch $r\varrho = r'\varrho'$ und ziehe die Bogen pr und $q\varrho$, so ist der Stein perspektivisch dargestellt. In eben der Art wird der in Fig. 355 gezeichnete Stein dargestellt.

Der in Fig. 357 gezeichnete Gratstein ist nach einer andern Methode konstruirt worden. Wir haben nämlich ein Parallelepiped gedacht, welches diesen Stein umhüllt und die Form hat, welche Fig. 356 zeigt. Man erhält dasselbe, wenn man in Fig. 349 das Rechteck 5", 6", 7", 8", in Fig. 351 das Rechteck $L'''Q'''P'''N'''$ konstruirt und in Fig. 350 die Stossfugen $n_2'n_4'$ und $n_7'n_5'$ so weit verlängert, bis sie sich schneiden. Die im Grundriss erhaltene Figur stellt dann die Grundfläche vor und die Linie 5" 6" oder auch $L'''\ N'''$ die Höhe des in Rede stehenden Parallelepipeds. Mit diesen Abmessungen konstruire man nun das in Fig. 356 dargestellte Parallelepiped.

Um aber den Stein selbst zu verzeichnen, trage man die Abmessungen des Steins auf die Kanten des konstruirten Parallelepipeds, indem man in Fig. 357 die Länge $Ln_2 = L'''\delta'''$ macht, $Ln_3 = L'''\varphi'''$, $Nm_2 = N'''a_2'''$, $Pn_4 = Pb_2'''$ und die Fig. $n_2n_3n_4m_2$ konstruirt, diese Figur stellt die Stirnfläche dieses Steins im grössern Tonnengewölbe vor. Ferner mache man die Länge $8.n_7 = 8''.e''$, $8.n_6 = 8''.d''$, $7.l = 7''l''$ und $6.n_5 = 6''.m''$, ziehe aus den Punkten n_2, n_3 und n_4 gerade Linien parallel mit LZ, und aus den Punkten n_7, n_6 und n_5 Parallelen mit $8.Z$, ermittele deren Durchschnittspunkte u, t und b_3 und konstruire die Bogen n_6n_7, ln_5 und tu: so ist hiermit die Form dieses Steins perspektivisch vollendet, denselben auf dem Rücken liegend gedacht.

Wollte man den folgenden Gratstein zeichnen, so konstruire man ein Rechteck, welches durch die Punkte c'', d'', m'', n'' Fig. 349 geht und dessen Grundlinie parallel mit $h''f^0$ ist. Ein zweites Rechteck lege man durch die Punkte b_2''', d_2''', π''' und φ''' Fig. 351 in der Art, dass dessen Grundlinie parallel h_2B_2 ist und konstruire ein Parallelepiped, welches die Fig. $t'o_5'o_2'd_2'o_3'o_4'$ Fig. 350 zur Grundfläche und die Höhe jener Rechtecke zur Höhe hat. Nachdem dies Parallelepiped konstruirt ist, verfahre man wie beim vorigen Gratstein. Auf demselben Wege erhält man die Figur des Schlusssteins.

Bearbeitung der Steine des Kreuzgewölbes. Es ist bereits früher von uns bemerkt worden, dass die Bearbeitung der Steine nach zweierlei Methoden geschehen kann, nämlich: aus dem Vollen, auch Abvierung genannt, oder mittelst Schablone und Winkelschmiege.

Um den in Fig. 357 dargestellten Stein durch Abvierung zu bearbeiten, wird zunächst der in Fig. 356 dargestellte Körper vollendet. Ist dies geschehen, so werden auf den ebenen Flächen 5, 6, 7, 8 und $PQLN$ die beiden Häupter entweder mittelst Stichmass oder auch vermittelst Schablone aufgezeichnet und hiernach wird der Stein so bearbeitet, wie ihn die Fig. 357 darstellt.

Obgleich diese Methode die richtigste ist, wird doch in den meisten Fällen die zweite Methode, nämlich Bearbeitung nach Schablone und Winkelschmiege, angewendet. Nach dieser Methode wird der Stein zunächst so dargestellt, als wären die krummen Flächen tun_2n_3 und tun_7n_6 Fig. 357 zwei Ebenen, deren Durchschnittslinie die Linie tu vorstellt. Diese Ebenen bilden in der Linie tu einen Neigungswinkel, welcher mittelst Schmiege auf den darzustellenden Stein getragen werden muss. Wie dieser Winkel erhalten wird, lehrt uns die Projektionslehre auf verschiedene Weise. Der einfachste Weg möchte folgender sein:

Man konstruire die Durchschnittslinie $p'(v)$ Fig. 350 der beiden Wölbungsflächen und denke sich die Horizontalebene durch den Punkt u gelegt, so sind die Linien $u'n_7'$ und $u'n_2'$ die Spuren jener Ebenen und die Linie $u't'$ stellt den Grundriss der Durchschnittslinie jener beiden Ebenen vor.

Durch einen beliebig angenommenen Punkt w dieser Durchschnittslinie denke man eine Ebene E normal auf der Durchschnittslinie: die Linien wz und wy, in denen die Ebene E jene zwei Ebenen schneidet, bilden den gesuchten Neigungswinkel. Man ziehe nun die Linie $(u)(K)$ Fig. 350 parallel mit $v'p'$, die Linie $y'z'$ senkrecht auf $v'p'$ und verlängere sie bis zum Durchschnitt (w) in der Linie $(u)(K)$. Ferner fälle man aus dem Punkte (w) eine Senkrechte $(w)(x)$ auf die Sehne $(u)(t)$, so stellt diese die Höhe des Dreiecks zyw für die Grundlinie zy vor. Wenn daher $w'\beta' = (w)(x)$ gemacht und die Linien $z'\beta'$, $y'\beta'$ gezogen werden, so ist der Winkel $y'\beta'z'$ der gesuchte Winkel.

Dieser Winkel wird vermittelst der Schmiege abgenommen und in einer Kante eines Steins, welcher ungefähr den Dimensionen des darzustellenden Steins entspricht, angelegt. Nach den Schenkeln dieses Winkels werden sodann beide Ebenen bearbeitet. Ist dies geschehen, so werden die Schablonen jener zwei Ebenen, welche in der Linie ut sich schneiden, aufgelegt und die Fig. un_2n_3t und un_7n_6t mittelst Blutstein angegeben, worauf nun die Bearbeitung der durch die Linien n_2n_3 und n_6n_7 gehenden Häupter vermittelst Schablone ausgeführt werden kann.

Die Schablonen der Häupter sind aus Fig. 349 und Fig. 351 leicht zu entnehmen; die Schablonen der Ebenen $u t n_3 n_2$ und $u t n_7 n_6$ müssen aber erst ausgetragen werden. Zu dem Ende ziehe man die Diagonale $t' n_2'$ Fig. 350 und ermittele deren wirkliche Länge; dies geschieht in der Art, dass man die Länge der Linie $u' t'$ auf die Linie $L''' Q'''$ Fig. 351 von dem Punkte L''' aus abträgt und den erhaltenen Punkt mit dem Punkte δ''' durch eine gerade Linie verbindet, diese Linie ist mit der Geraden $n_2 t$ gleich lang; denn die gerade Linie $n_2 t$ ist die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen Katheten die Längen $n_2' t'$ Fig. 350 und $L''' \delta'''$ Fig. 351 sind.

Das Viereck $t u n_2 n_3$ kann nun leicht dargestellt werden, denn die Linien $u' n_2'$ und $t' n_3'$ sind schon wirkliche Seiten dieses Vierecks, die Länge der Linie $n_2 n_3$ ist der Sehne $\varphi''' \delta'''$ gleich und die Länge der Linie $u t$ ist gleich $(u)(t)$. Man kennt sonach die vier Seiten des Vierecks und eine Diagonale, woraus dasselbe leicht dargestellt werden kann. Die wirkliche Grösse des Vierecks $t n_6 n_7 u$ wird eben so erhalten.

In Fig. 352 sind die Schablonen dieser zwei Ebenen dargestellt.

§. 111.

In den Fig. 358, 359 und 360 Taf. XXVI sind die Projektionen eines Kreuzgewölbes mit doppelten Graten dargestellt.

Die Linien $g' i'$ und $f' h'$ liegen in einerlei Ebene und stellen die Achsen beider Tonnengewölbe vor. Die Punkte a', b' und e' sind dadurch erhalten, dass $f' a'$ gleich $f' e'$ gleich $\frac{1}{3}$ $f' g'$ und $f' b'$ gleich $\frac{1}{3}$ $f' h'$ gemacht worden ist. Die Linien $a' b'$ und $b' e'$ liegen daher auch in einerlei Ebenen, und zwar in der Ebene der Linien $g' i'$ und $f' h'$; es ist sonach der obere mittlere Gewölbtheil $a' b' e'$ horizontal. Die Linien $a' c'$, $b' c'$, $b' d'$ und $e' d'$ sind die Grundrisse der vier Gratbogen. Eine weitere Beschreibung dieses Gewölbes wird nicht nöthig sein, da alle Konstruktionen ziemlich dieselben sind, wie bei dem vorigen einfachen Kreuzgewölbe. Wir bemerken nur noch, dass Fig. 361 den Anfänger von oben angesehen bezeichnet und Fig. 362 den Stein zur Seite des Schlusssteins, dessen Grundriss die Fig. $q' r' s' t' u' m' o' p'$ Fig. 359 ist.

Der Schlussstein dieses Kreuzgewölbes hat die Form einer abgekürzten Pyramide.

In Fig. 363 haben wir noch ein unregelmässiges Kreuzgewölbe auf dem ungleichseitigen Viereck $A' B' C' D'$ dargestellt. Ueber der kleinern Seite $C' D'$ ist ein Halbkreis beschrieben worden, welcher der Konstruktion des Gewölbes zu Grunde gelegt worden ist und es sind sonach die drei anderen Bogen Ellipsen, welche mit jenem Halbkreise gleiche Höhe haben.

Der Punkt m', in welchem die Projektionen der Gratbogen zusammentreffen, ist hier dadurch erhalten worden, dass die Mitten zweier einander gegenüberliegenden Seiten des Vierecks durch die geraden Linien $a' b'$ und $c' d'$ verbunden worden sind, deren Durchschnitt den Punkt m' festsetzt.

Die Projektionen der inneren Lagerfugenkanten sind mit den Linien $a' b'$ und $c' d'$ beziehlich parallel und die Projektionen der Stossfugen haben eine normale Richtung gegen diese Linien.

§. 112.

Auf Taf. XXVII haben wir das Kreuzgewölbe über dem quadraten Raume vollständiger dargestellt als es in den Figuren auf Taf. XXVI geschehen ist.

Fig. 364 ist der Grundriss des Gewölbes, dasselbe von unten angesehen; Fig. 365 ist der Durchschnitt nach der Linie $A' B'$, Fig. 366 der Diagonalschnitt, Fig. 367 ein gerader Schnitt nach der Linie $E' F'$ und Fig. 368 ein schiefer Schnitt nach der Linie $G' H'$ des Grundrisses.

In Fig. 369 ist noch die innere Wölbungsfläche von einem Quadranten mit den zugehörigen Lagerfugen ausgetragen.

Das Gewölbe ist ausserhalb mit Gurtbögen eingefasst, wie dies aus Fig. 364 hervorgeht, wobei aber vorausgesetzt worden ist, dass an diese verstärkten Bogen noch andere Konstruktionstheile sich anschliessen, welche den Schub des Kreuzgewölbes aufnehmen, weil sonst die in der Zeichnung angegebene Stärke der Pfeiler nicht zureichend wäre. Die Konstruktion dieses Gewölbes ist folgende:

1. Wenn $d' O' T' W'$ Fig. 364 der quadrate Raum ist, welcher mit einem Kreuzgewölbe überspannt werden soll, so ziehe man die Linien $d' T'$ und $O' W'$, welche die Grundrisse der beiden Grate vorstellen und konstruire durch deren Mitte m_4' die beiden Achsen $A' B'$ und $G' Z'$ der sich kreuzenden Tonnengewölbe.

2. Nehme man die Pfeilervorlage $d' a_2'$ und $O' g_2'$ gleich $\frac{1}{12}$ bis $\frac{1}{16}$ der lichten Weite des Kreuzgewölbes, halbire die Länge $a_2' g_2'$ in m_2', projicire diesen Punkt auf die Linie $A'' B''$ nach m_2^0 Fig. 365 und beschreibe aus diesem Punkte mit der Länge $m_2' a_2'$ als Radius den Halbkreis $a_2'' b_2'' e_2''$.

3. Theile man diesen Halbkreis in eine ungerade Anzahl gleicher Theile, projicire die erhaltenen Punkte auf die Linien $d' O'$ und $W' T'$ und trage sie von hier auf die Linien $d' W'$ und $O' T'$.

4. Setze man nach der Stärke der Pfeiler das äussere Quadrat $C' X' D' Y'$ fest und ziehe aus den Theilpunkten in den Seiten des innern Quadrats $d' O' T' W'$ gerade Linien beziehlich parallel mit den Achsen $A' B'$ und $G' Z'$ zwischen den Seiten des äussern und des innern Quadrats, oder wenn b_2' der Grundriss des Punktes b_2'' Fig. 365 ist, so ziehe man die Linie $b_2' c_2'$ parallel mit der Linie $G' Z'$ und wiederhole dies Verfahren bei jedem andern Theilpunkte der Linie $d' O'$: so stellen die erhaltenen Linien die Grundrisse der innern Leibungsfugen der Bogen vor, von welchen das Kreuzgewölbe eingeschlossen wird.

5. Beschreibe man aus dem Mittelpunkte m_2^0 Fig. 365 mit der Länge $m_4' d'$ als Radius den Halbkreis $M'' p'' O''$ Fig. 365, welcher den Aufriss desjenigen Halbkreises vorstellt, in welchem die Wölbungsfläche des Kreuzgewölbes von der Stirnfläche des verstärkten Bogens geschnitten wird. Dieser Halbkreis kann aber auch als der Aufriss derjenigen Gratlängen angesehen werden, deren Grundrisse die Längen $d' m_4'$ und $O' m_4'$ sind.

6. Wenn der Punkt b_2'' Fig. 365 einer von den Theilpunkten des Halbkreises $a_2'' b_2'' e_2''$ ist, so ziehe man durch m_2^0 und b_2'' eine gerade Linie $b_2'' p''$, sodann durch den erhaltenen Punkt p'' die gerade Linie $p'' d_2''$ parallel mit $B'' A''$, projicire p'' auf die Linie $d' O'$ nach p' Fig. 364, ziehe $p' q'$ parallel mit $G' Z'$ und $q' d_2'$ parallel mit $B' A'$; diese Linien stellen dann die Projektionen der durch den Punkt p gehenden horizontalen Leibungsfugen des Kreuzgewölbes vor.

Auf demselben Wege erhält man die Projektionen aller übrigen Leibungsfugen.

7. Man ordne nun die Stossfugen so an, dass sich ein regelrechter Verband ergibt, und vollende den Durchschnitt Fig. 365.

Die gebrochene Linie $h_2'' l'' i_2'' i'' l_2'' g'' p_2'' e'' r_2''$ stellt die Abtreppung am äussern Haupt des Gurtbogens vor und die Linie $p'' i''$ die Stärke des Kreuzgewölbes.

8. Konstruire man den Diagonalschnitt Fig. 366.

Zu dem Ende ziehe man die gerade Linie $C''' D'''$ parallel mit $C' D'$ Fig. 364, projicire alle Fugenpunkte des Gewölbtheils $C' X' D'$ in normaler Richtung auf die Linie $C''' D'''$, errichte in den erhaltenen Punkten Senkrechte auf $C''' D'''$ und mache dieselben mit den entsprechenden Höhen dieser Punkte in Fig. 365 gleich gross. Um z. B. die Fuge $k''' q'''$ zu erhalten, projicire man q' Fig. 364 auf die Linie $C''' D'''$ nach q^2, ziehe $q^2 q'''$ normal auf $C''' D'''$ und mache sie mit der Höhe des Punktes p'' Fig. 365 über der Linie $A'' B''$ gleich gross. Ferner projicire man den Punkt k' Fig. 364 nach k^2 Fig. 366, konstruire $k^2 k'''$ normal auf $C''' D'''$ und mache diese Linie mit der Höhe des Punktes i'' Fig. 365 gleich gross: die gerade Linie $k'' q''$ stellt alsdann die Fuge für den Punkt q'' vor, deren Richtung nicht auf der innern Wölbungslinie normal steht, sondern durch den Punkt m_4''' geht. Denn diese Fuge ist die Durchschnittslinie der centralen Lagerfugen, welche durch die Linien $p q$ und $q d_2$ gehen; diese Fugen gehen durch die Achsen $G' m_4'$ und $A' m_4'$, ihre Durchschnittslinie geht deshalb durch m_4' und ihre Seitenprojektion durch den Punkt m_4''', welcher die Seitenprojektion des Punktes m_4 ist.

Auf demselben Wege erhält man den in Fig. 367 dargestellten Durchschnitt nach der Richtung $E' F'$ des Grundrisses, so wie auch den schiefen Schnitt Fig. 368 nach der Linie $G' H'$.

Auf Taf. XXVIII haben wir die wichtigsten Steine dieses Gewölbes mit ihren Schablonen dargestellt.

Fig. 370 ist der Anfänger Q, dessen Grundriss in Fig. 364 mit Q' bezeichnet ist; a ist die Schablone der innern Bogenwölbung, b die Schablone des obern horizontalen Lagers, d die des untern Lagers, c die der obern centralen Lagerfuge, e die vom äussern Haupte und endlich f die vom innern Haupte.

In Fig. 371 ist der zweite Stein P dargestellt, dessen Grundriss in Fig. 364 mit P' bezeichnet ist; g ist die Schablone des äussern Hauptes dieses Steins und h die der obern centralen Lagerfuge.

Fig. 372 zeigt den dritten Stein R, dessen Grundriss in Fig. 364 mit R' bezeichnet ist; i ist die Schablone vom Haupte, k die des obern horizontalen Lagers und l die der obern centralen Lagerfuge.

Fig. 373 zeigt den Stein J, dessen Grundriss in Fig. 364 J' ist, und Fig. 374 denselben Stein im andern Bogen, woselbst der Grundriss dieses Steins mit K' bezeichnet ist; m ist die Schablone des äussern Hauptes, n die der obern centralen Lagerfuge, und o die der Stossfuge im Kreuzgewölbe.

Fig. 375 zeigt den Gratstein N, dessen Grundriss in Fig. 364 mit $a_3' b_3' e_3' f' g_3' i_3'$ bezeichnet ist. Man konstruirt diesen Stein aus seinen rechtwinkligen Koordinaten, indem man die Punkte a_3, b_3, c_3, d_3, e_3, f, g_3, h_3, k_3, i_3 und h perspektivisch aufträgt, in denselben lothrechte Linien konstruirt und dieselben mit den entsprechenden Höhen dieser Punkte gleich gross macht.

Fig. 376 zeigt den Gratstein L, dessen Grundriss in Fig. 364 mit $l_3' p_3' r_3' m' t_3' v_3'$ bezeichnet ist. Man konstruirt diesen Stein ebenfalls aus seinen rechtwinkligen Koordinaten, indem man die Grenzpunkte $l_3 p_3 r_3 m t_3 v_3$ u. s. f. dieses Steins perspektivisch aufträgt, in denselben lothrechte Linien konstruirt und auf diesen