Form $z_7' 1 2 3 4$ erhalten und dadurch das vordere Mauerhaupt die Gestalt $c' z_5' 4 3 q' d'$ annehmen, dessen Aufriss $c'' z_5'' 4'' 3'' q'' d''$ ist.

§. 65.

Fig. 182 ist der Grundriss einer kegelförmigen Mauer, welche in schiefer Richtung von einem vollen Bogen durchdrungen wird. Fig. 179 sei der Aufriss dieses Bogens und Fig. 183 stellt die Abwickelung der Leibung mit den ausgetragenen Lagerbrettungen vor. Der Punkt R' Fig. 182 sei der Grundriss der Achse des Kegels, die also lothrecht stehend gedacht ist. Der Kreisbogen $K' x'$ sei der Grundriss der Grundfläche des normalen Kegels und $P' Q'$ das cylindrische hintere Mauerhaupt.

Wenn die Richtungslinie des Kegels ein Kreis ist, so sind auch alle Schnitte des Kegels, welche parallel der Richtungslinie gedacht werden, Kreise. Wenn man daher die Mantellinie $K' O'$ des abgekürzten Kegels in so viel gleiche Theile theilt, als die Mauer horizontale Steinschichten erhalten soll, und aus dem Mittelpunkte R' Kreisbogen beschreibt, welche durch die Theilpunkte L', M', N' und O' gehen, so sind dies die Grundrisse der horizontalen Fugenkanten. Die Konstruktion der Schnittkurve $a' b' c' d' \ldots$ der Lagerbrettungen, die Anordnung der Stossfugen, die Leibungsabwicklung etc. ist wie im vorigen Beispiel.

§. 66.

Schräger cylindrischer Bogen in einer schiefen kegelförmigen Mauer. (Fig. 184—186 Taf. X.) Das innere Mauerhaupt $X' X_2'$ ist senkrecht cylindrisch angenommen.

Die Begrenzungslinie $R' a' f' B'$ der Basis des Kegels sei ein Kreis mit dem Mittelpunkte in i'. Die lothrechte Ebene $A' B'$ schneidet den Kegel in der Mantellinie $B' A'$, deren Umklappung $B' S$; A' ist also der Grundriss der Kegelspitze und $i' A'$ der Grundriss der Kegelachse, deren Umklappung $i' S$ ist. Trägt man nun die im Aufriss der Mauer (Fig. 184) gegebenen Schichthöhen auf $A' S$ ab und zieht durch die Punkte G, L, N, P Linien parallel zu $A' B'$, so sind $i^2 H$, $i^3 M$, $i^4 O$, $i^5 Q$ die Radien der Lagerfugenkanten in der Umklappung. Ihre Grundrisse ergeben sich, wenn man von $i^2, i^3 \ldots H, M, O \ldots$ Lothe auf die Linien $A' B'$ fällt. Beschreibt man nun mit den Radien $i_2' T_2'$, $i_3' U_2' \ldots$ die Kreise $T_2' T'$, $U_2' U' \ldots$, so sind dies die Lagerfugenkanten des kegelförmigen Mauerhauptes.

Um die Durchdringungskurve $a' d' g' f'$ zu erhalten, schneide man die cylindrische Bogenleibung und den Kegel durch horizontale Ebenen. Diese letztern schneiden den Cylinder in Mantellinien, den Kegel in Kreisen. Die durch die Punkte b'' und e'' gehende Ebene z. B. schneidet den Cylinder in den beiden Mantellinien $b' b_3$ und $e' e_3'$ und den Kegel in dem Kreis $b' c'$, den man erhält, wenn man $A E$ gleich der Höhe $b^0 b''$ macht, $E F \parallel A' B'$ zieht und von den Punkten K und F Lothe auf $A' B'$ fällt.

Der Kreis $e' b'$ schneidet die beiden Mantellinien $b' c_3'$ und $e' e_3'$ in den Punkten b' und e', die der Durchdringungskurve angehören.

Die Brettungsebene $d'' s''$ schneidet die Bogenleibung in der Mantellinie $d' d_3'$, das Lager $r'' s''$ in der mit $d' d_3'$ parallelen Geraden $s' s_3'$, das innere Mauerhaupt in dem Bogen $d_3' s_3'$ und das kegelförmige Mauerhaupt in dem elliptischen Bogen $d' s'$. Der Grundriss der Brettung $d'' s''$ ist also die Fig. $d' d_3' s_3' s'$.

Zur genauen Bestimmung der Kurven $s' d'$ ist wenigstens noch ein weiterer Zwischenpunkt nöthig, wie dies am Bogen $g' v'$ der Brettung $g' v' v_3' g_3'$ gezeigt ist. Um z. B. den Zwischenpunkt h'' zu finden, mache man $A J = h^0 h''$, ziehe $J K$ und fälle von l und K Senkrechte auf $A' B$, dadurch erhält man den Mittelpunkt und Radius des Kreises $h_4' h_5'$, auf welchem der Grundriss h' des Punktes h'' liegt.

Die Anordnung der Stossfugen ist entsprechend den obenbeschriebenen Beispielen.

§. 67.

In dem Bisherigen wurde vorausgesetzt, dass die Länge des cylindrischen Gewölbes, gemessen in der Richtung der Achse, von einem einzigen Stein eingenommen werden könne, wobei also Stossfugen der Gewölbsteine gar nicht vorkommen können. Wenn dagegen die Länge des Gewölbes so bedeutend ist, dass die Länge eines einzigen Steins nicht mehr ausreichend ist, so wird jede Gewölbschicht aus mehreren Steinen gebildet, welche mit ihren Stirnenden stumpf gegen einander gestossen werden. Die Stossfugen müssen aber gehörig wechseln, damit die Steine einen regelrechten Verband erhalten. Der mittlere Theil des in Fig. 189 Taf. XI dargestellten cylindrischen Gewölbes zeigt die Art und Weise dieser Verbindung. Die verschiedenen Gewölbsteine sind hier entweder gleich lang und werden alsdann so verlegt, dass die Stossfuge der einen Schicht auf die Mitte des Steins der nebenliegenden Schicht trifft, oder die Länge der Steine ist verschieden, in welchem Falle ein kurzer Stein mit einem längeren in ein und derselben Steinschicht in der Art wechselt, dass die Mitte des kleineren Steins genau auf die Mitte des grösseren Steins der nebenliegenden Steinschicht trifft.

Wenn die Länge des cylindrischen Gewölbes durch einen einzigen Stein nicht mehr eingenommen werden kann, so nennt man dasselbe nicht mehr Gewölbebogen, sondern Tonnengewölbe.

Schiefe Tonnengewölbe.

§. 68.

Wenn die Häupter eines Tonnengewölbes eine schiefe Lage gegen die Richtung der Widerlager des Gewölbes haben, so ist die Konstruktion desselben mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft. Es sei z. B. Fig. 189 $i' i_2'$ die Richtung eines Stromes und $A' B'$ oder $C' D'$ sei die Richtung der Strasse, in welcher ein schiefes Brückengewölbe über den Strom angeordnet werden soll. Konstruirt man hier aus dem Punkte i_2' eine Normale $i_2' i_3'$ auf die Linie $k' k_2'$ und lässt man die Leibungsfugen in gerader Richtung parallel mit dem Widerlager bis an beide Häupter heranreichen, wie in Fig. 157 geschah, so mangelt dem dreieckförmigen Gewölbtheile $i_2' i_3' k_2'$ auf der einen Seite das Widerlager gänzlich, weshalb denn auch sehr oft dieser Theil des Gewölbes von dem mittleren Gewölbe sich trennt und dadurch den Einsturz des Gewölbes herbeiführt. Ist die Länge $k_2' i_3'$ Fig. 189 kleiner oder gleich der halben Länge eines Gewölbsteins, so dass also derselbe noch mit seiner halben Länge in den mittleren normalen Gewölbtheil eingreift, so wird zwar die in Fig. 157 gegebene Konstruktion noch zulässig sein, fehlerhaft ist sie aber jedenfalls, wenn $k_2' i_3'$ Fig. 189 grösser als die halbe Länge eines Steins ist.

Hier in Fig. 189 ist das Dreieck $i_2' k_2' i_3'$ so bedeutend, dass die Leibungsfugen nicht in gerader Richtung bis an die Häupter reichen durften, sie sind deshalb in der Nähe der Häupter in der Art gebrochen worden, dass die Richtung derselben auf den schiefen Häuptern normal steht.

Die Konstruktion dieses schiefen Gewölbes ist folgende:

Es wird zunächst der normale Querschnitt Fig. 187 dieses Gewölbes konstruirt, alsdann werden die Punkte a'', b'', c'', d'', e'', f'' u. s. f. auf die Durchschnittslinie $O' P'$ Fig. 189 projicirt und durch die erhaltenen Punkte a', b', c', d', e', f' u. s. f. gerade Linien parallel mit der vorgeschriebenen Richtung der Achse des Gewölbes gezogen. Wird ein Cylinder durch eine Ebene geschnitten, welche gegen die Achse desselben eine geneigte Lage hat, so ist die Durchschnittslinie eine Ellipse und es ist sonach der äussere Bogen jedes schiefen Hauptes ein elliptischer Bogen. Diese Ellipse konstruirt man aus ihren Achsen, die Länge $i' k'$ oder $i_2' k_2'$ ist die grosse Achse und der Radius $M'' a''$ des normalen Cylinders die kleine Achse dieser Ellipse. Ist der elliptische Bogen konstruirt, so theile man denselben in eben so viel gleiche Theile als der Halbkreis des normalen Querschnittes Fig. 187 eingetheilt worden ist. Sollten aber die Steine des schiefen Hauptes bei dieser Eintheilung zu gross ausfallen, so theile man den elliptischen Bogen so ein, dass jeder Theil ziemlich genau so gross wird, als jeder Theil $a'' b''$, $b'' c''$, $c'' d''$, $d'' e''$ u. s. f. des normalen Bogens Fig. 187. Es wird alsdann das schiefe Haupt einen Stein oder auch wohl drei oder fünf Steine mehr erhalten als der normale Bogen.

Es seien $l_{,,}$, $m_{,,}$, $n_{,,}$, $o_{,,}$, $p_{,,}$, $q_{,,}$ u. s. f. Fig. 188 die Theilpunkte des elliptischen Bogens, ihre Anzahl muss natürlicherweise eine ungerade Zahl sein, damit die Anzahl der Steine ungerade sei. Durch diese Theilpunkte konstruire man gerade Linien normal auf dem elliptischen Bogen. Für den Punkt $s_{,,}$ z. B. wird diese Richtung erhalten, wenn man die Brennpunkte r' und q' der Ellipse ermittelt, die geraden Linien $s_{,,} r'$ und $s'' q'$ zieht und den Winkel $r' s_{,,} q'$ durch die gerade Linie $\alpha_{,,} s_{,,} t_{,,}$ halbirt. Die Richtung $s_{,,} t_{,,}$ ist die verlangte Richtung der Normale des Punktes $s_{,,}$. Eben so werden die übrigen Normalen erhalten. Sind sämmtliche Normalen konstruirt, so lege man durch jede eine Ebene und zwar normal auf der Richtung des schiefen Hauptes. Diese Ebenen schneiden die Cylinderfläche ebenfalls in elliptischen Bogen, deren Richtungen auf $A' B'$ normal stehen.

Um die Grundrisse dieser Schnitte zu erhalten, konstruire man mehrere Ebenen $v' u'$, $x' w'$, $z' y'$, $\gamma' \beta'$, $\varepsilon' \delta'$ parallel mit dem schiefen Haupte $A' B'$. Jede dieser Ebenen schneidet die Cylinderfläche in einer Ellipse, welche kongruent der Ellipse $i' l_{,,} m_{,,} n_{,,} o_{,,} p_{,,} q_{,,} s_{,,} k_{,}$ ist. Diese elliptischen Bogen werden daher erhalten, wenn man den Punkt u' auf die Linie $A' B'$ nach $u_{,,}$ projicirt, den Punkt w' nach $w_{,,}$, y' nach $y_{,,}$, β' nach $\beta_{,,}$ und δ' nach $\delta_{,,}$. Wenn man eben so auf der andern Seite des Widerlagers den Punkt v' nach $v_{,,}$ projicirt, x' nach $x_{,,}$, z, nach $z_{,,}$, γ' nach $\gamma_{,,}$ und ε' nach ε'', sodann über den Längen $u_{,,} v_{,,}$, $w_{,,} x_{,,}$, $y_{,,} z_{,,}$, $\beta_{,,} \gamma_{,,}$ und $\delta_{,,} \varepsilon_{,,}$ halbe Ellipsen konstruirt, welche kongruent der halben Ellipse $i' l_{,,} m_{,,} n_{,,} q_{,,} s_{,,} k'$ sind, so schneiden diese jede Lagerfuge des elliptischen Hauptes in Punkten, die Fuge $s_{,,} t_{,,}$ z. B. in den Punkten $\varphi_{,,}$, $\pi_{,,}$, $\delta_{,,}$, $\mu_{,,}$, $\sigma_{,,}$. Diese Punkte projicire man auf die Parallelen $v' u'$, $x' w'$, $z' y'$ u. s. f. und zwar den Punkt $s_{,,}$ nach s', $\varphi_{,,}$ nach φ', $\pi_{,,}$ nach π', $\varrho_{,,}$ nach ϱ', $\mu_{,,}$ nach μ' und $\sigma_{,,}$ nach σ'; die durch diese Punkte gelegte Kurve ist der verlangte Grundriss des Schnitts,