

Form $z_7'1234$ erhalten und dadurch das vordere Mauerhaupt die Gestalt $c'z_3'43q'd'$ annehmen, dessen Aufriss $c''z_3''4''3''q''d''$ 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 Abwicklung 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 $a'b'c'd'$. . . 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^2H, i^3M, i^4O, i^5Q die Radien der Lagerfugenkanten in der Umklappung. Ihre Grundrisse ergeben sich, wenn man von $i^2, i^3, \dots H, M, O, \dots$ Lothe auf die Linien $A'B'$ fällt. Beschreibt man nun mit den Radien $i_2'T_2', i_3'U_2', \dots$ die Kreise $T_2'T_2', U_2'U_2', \dots$, 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 $b'e'$, den man erhält, wenn man AE gleich der Höhe b^0b'' macht, $EF \parallel A'B'$ zieht und von den Punkten K und F Lothe auf $A'B'$ fällt.

Der Kreis $e'b'$ schneidet die beiden Mantellinien $b'e_3'$ 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 $g'v'e_3'g_3'$ gezeigt ist. Um z. B. den Zwischenpunkt h'' zu finden, mache man $AJ = h^0h''$, ziehe JK und falle von l und K Senkrechte auf $A'B'$, dadurch erhält man den Mittelpunkt und Radius des Kreises $h_4'h_3'$, 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 Gewölbesteine 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 Gewölbesteine 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 $k_2'k_2'$ 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 Gewölbesteins, 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 dürften, 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 Einteilung 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 konstruirt 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 a,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, konstruirt man mehrere Ebenen $v'w', x'w', z'y', \gamma'\beta', \epsilon'\delta'$ parallel mit dem schiefen Hauptes $A'B'$. 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 w' auf die Linie $A'B'$ nach u , projicirt, den Punkt w' nach w , y' nach y , β' nach β und δ' nach δ . Wenn man eben so auf der andern Seite des Widerlagers den Punkt v' nach v , projicirt, x' nach x , z nach z , γ' nach γ und ϵ' nach ϵ , sodann über den Längen $u, v, w, x, y, z, \beta, \gamma$ und δ, ϵ 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 $q, \pi, \delta, \mu, \sigma$. Diese Punkte projicirt man auf die Parallelen $v'w', x'w', z'y'$ u. s. f. und zwar den Punkt s nach s', q nach q', π nach π', δ nach δ', μ nach μ' und σ nach σ' ; die durch diese Punkte gelegte Kurve ist der verlangte Grundriss des Schnitts,

welcher durch die Fuge $s, t,$ geht. In derselben Weise werden die übrigen Schnitte erhalten.

In sofern die Konstruktion der Ellipse immer unbequem ist, möchte die folgende Konstruktion der Kurve $s' \sigma'$ Fig. 189 zweckmässiger sein.

Man zeichne Mantellinien des Cylinders und bestimme die Punkte, in welchen dieselben von der durch die Linie $s, t,$ Fig. 188 normal auf das schiefe Haupt gedachten Ebene geschnitten werden: diese Durchschnittspunkte sind Punkte der verlangten Kurve $s' \sigma'$. Die Cylindermantellinien sind parallel mit der Achse des Cylinders, ihre Grundrisse sind daher parallel mit der Kämpferlinie $i' i_2'$ und die Aufrisse sind parallel der Linie $A' B'$. Wenn man daher aus beliebigen Punkten des elliptischen Bogens $h' s, v'$ Fig. 188 gerade Linien parallel mit der Linie $A' B'$ konstruirt, jene Punkte auf die Linie $A' B'$ projicirt und aus den erhaltenen Punkten Parallelen zu $i' i_2'$ konstruirt, so sind dies die Projektionen beliebiger Mantellinien des Cylinders. Und wenn man die Punkte, in welchen die gerade Linie $s, t,$ Fig. 188 von den parallel zu $A' B'$ konstruirten Linien geschnitten wird, auf die entsprechenden parallel zu $i' i_2'$ konstruirten Linien projicirt, so sind dies Punkte der verlangten Kurve. Diese Konstruktion der Kurve $s' \sigma'$ ist weit zuverlässiger, als die erstere Konstruktion.

Die Fig. 188, welche eine Ansicht des schiefen Hauptes vorstellt, zeigt zugleich noch einen Theil der inneren Leibungsfugen des schiefen Tonnengewölbes.

Die Fig. 190, 191, 192 und 193 zeigen eine andere Konstruktion des schiefen Brückengewölbes. Fig. 191 ist der Grundriss, Fig. 190 die Ansicht des Hauptes, Fig. 192 ein Längendurchschnitt des Gewölbes nach der Linie $A' B'$ des Grundrisses und Fig. 193 eine Ansicht des ganzen Gewölbes von vorn.

Das schiefe Gewölbe besteht aus fünf einzelnen normalen Bogen, deren Häupter stumpf gegen einander stossen und deren Anfänger, nach Erforderniss der schiefen Richtung, verschoben sind. Es müssen deshalb diese Bogen vermittelt durchgehender eiserner Anker mit einander verbunden werden. Diese Anker dürfen nicht durch alle Bogen hindurchreichen, weil sie alsdann zu lang ausfallen würden. Es genügt, wenn die Anker durch je zwei oder je drei Bogen hindurchreichen, um diese fest zusammen zu halten. Die innere Wölbungsfläche dieses schiefen Gewölbes ist keine zusammenhängende cylindrische Fläche, da die hervorstehenden Kanten der einzelnen normalen Bogen diese Fläche brechen, wie aus Fig. 192 und Fig. 193 zu ersehen ist. Es ist deshalb diese Konstruktion des schiefen Tonnengewölbes auch nur bei Ueberbrückungen anzuwenden, wo die unregelmässige Form der inneren Wölbungsfläche nicht weiter auffällt, denn sie würde hier nur wahrgenommen werden können, wenn man unter der Brücke sich befände. Bei Ueberbrückungen ist diese Konstruktion des schiefen Gewölbes allen übrigen Konstruktionen vorzuziehen.

§. 69.

Eine andere Konstruktion des schiefen Tonnengewölbes enthält Taf. XII. — Fig. 195 ist der Grundriss dieses Gewölbes, Fig. 194

die Ansicht des Hauptes, Fig. 197 der Längendurchschnitt nach der Linie $m' t'$ des Grundrisses, Fig. 198 ein normaler Querschnitt nach der Linie $C' D'$ und Fig. 199 ein zweiter normaler Querschnitt nach der Linie $A' B'$ des Grundrisses. Fig. 196 stellt die Abwicklung der inneren Wölbungsfläche des schiefen Tonnengewölbes vor. Diese Konstruktion ist ebenfalls nur bei Ueberbrückungen anwendbar und zwar in Fällen, wo $a' a_2'$ Fig. 195 die Richtung eines Stromes und $u' v'$ die Richtung einer auf den Strom stossenden Strasse vorstellt.

Die Konstruktion dieses Gewölbes ist nun folgende:

1. Aus dem Punkte a' fälle man eine Normale $a' b'$ auf die Richtung $b' d'$, so wie aus d' eine zweite Normale $d' c'$ parallel mit jener.

2. Aus dem Mittelpunkte m' der Linie $a' c'$ beschreibe man den Halbkreis $a' q' c'$ und denke sich einen halben normalen Cylinder, dessen Richtungslinie jener Halbkreis und dessen Höhe gleich $a' b'$ ist.

3. Nachdem man die Längen der Linien $a' i', l' n', e' d', f' h'$ in der Art festgesetzt hat, dass die Richtung der Linien $h' i'$ und $n' e'$ parallel der Richtung des Stromes wird, denke man sich durch diese letzteren Linien lothrechte Ebenen E und F gelegt, durch welche von jenem normalen Cylinder die Stücke $e' n' l' c'$ und $i' b' f' h'$ abgeschnitten werden.

4. Ziehe man $l' q'$ normal auf $a' b'$ und konstruirt über dem mittleren Theile des halben normalen Cylinders, welcher zwischen den lothrechten Ebenen E und F sich befindet, ein normales cylindrisches Gewölbe. Der Konstruktion zufolge kann dies Gewölbe keine symmetrischen Häupter haben, da das eine die Form $a' q' l'$, das andere aber die Form $d' w' f'$ hat. In Fällen, wo diese unregelmässigen Häupter nicht zulässig sind, kann man mittelst eines Schildbogens dieselben in Spitzbogen verwandeln, wie der Aufriss Fig. 194 zeigt. — $l' k' g' n'$ und $f' p' o' h'$ Fig. 195 sind die Grundrisse dieser Schildbogen. Diese Schildbogen müssen aber so angelegt werden, dass sie nicht vom Hochwasser und noch weniger vom Eisgange erreicht werden können. Sollte dies nicht angehen, so müssen sie entweder fortgelassen werden oder man konstruirt sie aus Holz.

In den normalen Querschnitten Fig. 198 und Fig. 199 sind s'' und r'' die Mittelpunkte der inneren Wölbungsbogen und s_2'' , r_2'' die Mittelpunkte der Oberbogen. Die Kurve $x'' z'' y''$ Fig. 197 stellt den elliptischen Bogen vor, in welchem der normale Cylinder von den lothrechten Ebenen E und F geschnitten wird. Oberhalb dieses elliptischen Bogens beginnt die Wölbungsfläche, unterhalb desselben ist der Raum $m'' x'' z'' y''$ eine lothrechte Ebene.

Fig. 200 stellt den Anfänger dieses Gewölbes vor, denselben in der schiefen Projection gezeichnet,

Fig. 201 den Stein zur Seite des Anfängers,

Fig. 202 den Stein zunächst über dem Anfänger und

Fig. 203 endlich den Schlussstein.

DRITTES KAPITEL.

Von den konischen Gewölben, Trompen.

§. 70.

Unter konischen Gewölben versteht man diejenigen Gewölbe, deren Leibung eine kegelförmige Fläche bildet. Die Erzeugende dieser Wölbungsfläche ist entweder ein voller Kreis oder ein Halbkreis oder eine beliebige offene Kurve, welche in vertikaler oder in horizontaler Lage sich befindet, je nachdem die Achse der Kegelfläche eine horizontale oder vertikale Richtung hat. In dem gegenwärtigen Kapitel werden wir uns jedoch auf diejenigen konischen Gewölbe beschränken, deren Achse horizontal ist. Die konischen Gewölbe zerfallen überhaupt in zwei Abtheilungen, nämlich:

1. in solche, deren innere Wölbungsfläche einen abgekürzten Kegelmantel oder irgend einen beliebigen Theil desselben bildet;

2. in solche Gewölbe, deren Leibung entweder einen vollen normalen Kegelmantel oder einen beliebigen Theil desselben bildet.

§. 71.

Grundregeln für den Fugenschnitt konischer Gewölbe.

1. Die Lagerbrettungen sind Ebenen, welche durch die Achse des Kegels zu legen sind; die Leibungskanten der Brettungen sind daher Kegelmantellinien.

2. Zur Ausführung der Aufgabe ist stets eine Projektion auf einer Ebene nothwendig, welche auf der Kegellachse senkrecht steht,