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 $k' s_{,,} i'$ 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 vermittelst 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 Abwickelung 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 $a' l'$ und konstruire 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 vermittelst 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 Querdurchschnitten 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 Kegelachse senkrecht steht,

weil in diesem Falle die Kegelachse sich als Punkt x projicirt, die Brettungsebenen senkrecht auf der angenommenen Projektionsebene stehen und sich als gerade Linien darstellen, welche strahlenförmig vom Punkte x ausgehen.

3. Die Stossfugen in der konischen Leibungsfläche stehen senkrecht auf der Leibung, sind also Theile von Kegelflächen, welche in der betreffenden Leibungskante normal auf der die Leibung bildenden Kegelfläche stehen.

§. 72.

Fig. 204 Taf. XIII ist der Aufriss, Fig. 205 der Grundriss und Fig. 206 der Schnitt durch den Scheitel eines kegelförmigen Bogens in einer geraden Mauer. Der Punkt n'' ist der Aufriss der auf der Aufrisstafel senkrecht stehenden Achse. Die Brettungsebene $i''t''$ schneidet die Leibung des Bogens in der Mantellinie $i''c''$, deren Grundriss $i'c'$ ist, das vordere Haupt in $c''t''$ (im Grundrisse $c't^0$), das hintere Haupt in $i''t''$ (im Grundriss $i't'$), so dass die Brettung im Grundriss die Form $i'c't^0t'$ erhält. In gleicher Weise werden auch die übrigen Brettungen konstruirt.

Fig. 207 zeigt die Leibungsabwickelung und die wahre Form der Brettungen. Die Leibungsabwickelung erhält man dadurch, dass man mit $(n)\,(a) = n'a'$ (Mantellinie des Kegels) den Kreis $(a)\,(f)$ und mit $(n)\,(g) = n'g'$ den Kreis $(g)\,(m)$ beschreibt, sodann den Bogen $(a)\,(f)$ gleich dem Bogen $a''b''c''\ldots f''$ macht und die Gerade $(n)\,(f)$ zieht; die Fläche $(a)\,(f)\,(m)\,(g)$ ist sodann die abgwickelte Leibungsfläche.

Klappt man z. B. die Brettungsebene $t''i''n''$ nach links in die Kämpferebene um, so fällt die Leibungskante $i''c''$ mit der Kämpferlinie $a''g''$ im Grundriss mit $a'g'$ zusammen, während die obere Lagerkante bei der Drehung den Bogen $t''t_4$ beschreibt und nach t_4, im Grundriss nach t_5t_6, zu liegen kommt, so dass nunmehr die Fläche $t_5a'g't_6$ die wahre Grösse der Brettung $i''t''$ ($i'c't_0t'$) darstellt.

Fig. 208 stellt den Anfänger, Fig. 209 den Schlussstein und Fig. 210 den mittleren Gewölbstein in isometrischer Projektion dar.

§. 73.

Bildet die Leibung des Gewölbes eine vollständige Kegelfläche, wie in Fig. 212 ($a'f'$ Grundfläche, m' Spitze), so muss, da die Brettungsebenen $u''i''$, $v''k''$ u.s.f. (Fig. 211), bis zur Achse m_2'' verlängert, hier sehr scharfe Kanten erzeugen würden, stets zur Vermeidung dieses Umstandes ein sogenanntes Auge $g''i''n''$ eingefügt werden, wobei als Regel zu merken ist, dass die Grundfläche des Kegels ($g''i''k''n''$), welcher die Leibung des Auges bildet, stets ein mit der Grundfläche oder mit der Leitlinie der konischen Leibung paralleler Schnitt ist ($g'n' \parallel a'f'$) Fig. 212.

§. 74.

In Fig. 211 ist der Aufriss, in Fig. 212 der Grundriss und in Fig. 213 der Querschnitt eines Trompengewölbes dargestellt. Dasselbe ist zwischen zwei rechtwinklig zusammenstossenden Mauern $o'p'n'$ und $y'x'n'$ angeordnet und vermittelt den Uebergang zu einer dritten quer über den Winkel $p'n'x'$ gestellten Mauer, deren Flucht $a'b'$ ist.

In der vordern Mauerflucht $a''t''w''f''$ liegt die Grundfläche $a''c''d''f''$ des Kegels (der Grundbogen), dessen Achse im Grundriss $m'm_2'$ und dessen Spitze in m' (im Aufriss in m_2'') liegt.

Schneidet man den Kegel durch die Ebene $g'n' \parallel a'f'$, so erhält man einen dem Grundbogen $a''c''d''f''$ ähnlichen Schnitt, d. h. den Kreis $g''i''n''$ (im Querschnitt $m'''\alpha'''$). Dieser Kreis bilde die Grundfläche des Auges. Würde man nun den Rücken des Auges von hier an cylindrisch gestalten, so würde dasselbe an dieser Stelle eine scharfe Kante erhalten; um dies zu vermeiden, wird hier eine kegelförmige Fläche $g'n'3'2'$ (im Querschnitt $m_1'''\alpha'''4'''2'''$) angeordnet, welche auf der Gewölbleibung senkrecht steht, so dass der cylindrische Rücken des Auges die Form $2''3''4''$ erhält. (S. Fig. 214.)

Die Brettungsebenen gehen durch die Achse des Kegels, zeigen sich demnach im Aufriss einfach in ihren Spuren, d. h. in den Geraden $h''s''$, $i''u''$, $k''o''$ ... Die Brettung $i''u''$ erhält nun im Grundriss folgende Gestalt: sie schneidet die Gewölbleibung in der Mantellinie $i''c''$ (im Grundriss $i'c'$), das Mauerhaupt in $c''u''$ (im Grundriss $c'u'$), die kegelförmige Abstumpfung des Auges in $i''5''$ (im Grundriss $i'5'$), ferner das Lager $t''w''$ in u'' (im Grundriss $u'u_1'$) und den cylindrischen Rücken des Auges in der Mantellinie $5''$ (im Grundriss $5'5_1'$), so dass die Brettung im Grundriss die Form $u_1'u'c'i'5'5_1'$ erhält. Ebenso ergibt sich die Form der Brettung $h''s''$ im Grundriss, nämlich $a_1'a'6'h'6'u_1'$ u. s. f.

Das Heraustragen der Brettungen und der Steine macht keine Schwierigkeit. Fig. 215 zeigt den Schlussstein, Fig. 214 den Anfänger mit dem Auge.

§. 75.

Fig. 217 ist der Grundriss, Fig. 216 der Aufriss und Fig. 218 der Längendurchschnitt eines in der Ecke zweier zusammenstossenden Mauern angebrachten konischen Gewölbes, welches in seiner Konstruktion von dem vorigen Gewölbe nur darin verschieden ist, dass die Gewölbsteine wegen der grösseren Tiefe durch Stossfugen getheilt werden. Diese Stossfugen sind mit der Grundlinie $a''f''k''$ des Gewölbes parallel (§. 73) und es müssen deshalb die Linien, in welchen die innere Wölbungsfläche von den Stossfugen geschnitten wird, Kreisbogenstücke sein, welche parallel der Richtungslinie der kegelförmigen Wölbungsfläche sind.

§. 76.

Fig. 220 ist der Grundriss, Fig. 219 der Aufriss, Fig. 221 die Ansicht des einen Hauptes von einem konischen Gewölbe, welches in der Ecke zweier sich schneidenden Mauern angebracht ist und dazu dient, die Verlängerungen zweier anderen Mauern zu stützen. Fig. 222 ist der Längendurchschnitt nach der Linie $s'f'$ des Grundrisses. Die Linien $s'a'$ und $s'n'$ sind die Projektionen der Aussenseiten derjenigen Mauern, in deren Ecke das konische Gewölbe beginnt; $a'f_2'$ und $n'f_3'$ sind dagegen die Projektionen der Aussenseiten zweier anderen Mauern, welche mit den ersteren in irgend einer Weise Zusammenhang haben und deren Verlängerungen bis zu ihrer Begegnung in f' durch das konische Gewölbe gestützt werden sollen. Die Konstruktion dieser Figuren ist folgende:

Man ziehe die Linie $s'f'$ Fig. 220; diese Linie ist die Achse des konischen Gewölbes.

Auf $s'f'$ konstruire man die Linie $f'x$ normal und verlängere $s'a'$ bis zu ihrer Begegnung x mit der Linie $f'x$: das Dreieck $s'f'x$ stellt dann das Dreieck vor, durch dessen Umdrehung die Kegelfläche beschrieben wird. Hierauf ziehe man die Linie $n'a'$ und betrachte dieselbe als den Grundriss der Leitlinie (Grundfläche) der Kegelfläche. Der Aufriss dieser Leitlinie wird alsdann erhalten, wenn man mit $m'a'$ als Radius aus dem Punkte s'' Fig. 219 den Kreisbogen $n''n_2''n_3''n_4''n_5''$ u. s. f. beschreibt. Diesen Kreisbogen theile man in eine ungerade Anzahl von gleichen Theilen und verbinde jeden dieser Theilpunkte mit der Spitze s'' durch gerade Linien, so stellen diese den Aufriss der inneren Leibungskanten vor. Um die Grundrisse dieser Leibungskanten zu erhalten, projicire man den Punkt n_2'' Fig. 219 auf die Linien $n'a'$ nach n_2' Fig. 220, den Punkt n_3'' nach n_3', n_4'' nach n_4', n_5'' nach n_5' n_6'' nach n_6' u. s. f., verbinde sodann diese Punkte mit s' durch gerade Linien und verlängere dieselben bis zur Linie $a'f'$ oder $n'f'$: diese so erhaltenen Linien sind die Grundrisse der innern Leibungskanten. Um die zerbrechlichen dünnen Kanten der Gewölbsteine zu beseitigen, konstruire man das Auge, dessen Aufriss die Fig. $u''e_2''v''$ Fig. 219 vorstellt, projicire dann den Punkt u'' nach u' und ziehe $u'v'$ parallel $a'n'$: die Fig. $u'v's'$ ist der Grundriss des Auges.

Die Kurven $a''f''$ und $n''f''$ Fig. 219 werden nun erhalten, wenn man im Punkte s'' eine Senkrechte $s''f''$ auf $n''a''$ errichtet und diese mit $f'x$ Fig. 220 gleich lang macht. Dies gibt den Punkt f''. Die übrigen Punkte zu erhalten, projicire man den Punkt e' auf die Linie $e_2''n_6''$ nach e'', den Punkt d' nach d'', c' nach c'' und b' nach b'': durch diese Punkte wird die Kurve $a''b''c''d'$ $e''f''$ bestimmt. Ebenso werden Punkte der Kurve $n''f''$ erhalten. Sind die einzelnen Gewölbschichten so lang, dass sie aus einem einzigen Steine nicht angefertigt werden können, so ordnet man in jeder Schicht Stossfugen an. Die inneren Leibungsfugen dieser Stossfugen müssen mit der Leitlinie der Wölbungsfläche eine parallele Richtung haben; es sind daher ihre Grundrisse parallel der Linie $a'n'$ und die Aufrisse sind koncentrische Kreisbogen zum Mittelpunkte s''. Diese Fugen werden daher erhalten, wenn man zunächst ihre Grundrisse in passenden Entfernungen festsetzt. Ist z. B. $\alpha'\beta'$ Fig. 220 der Grundriss einer Stossfuge, so verlängere man die Linie $\beta'\alpha'$ bis z in der Linie $s'x$ und beschreibe mit der Länge $m_3'z$ aus dem Punkte s'' den Kreisbogen $\alpha''\beta''$: dieser Bogen stellt den Aufriss der Leibungsfuge vor, deren Grundriss die Linie $\alpha'\beta'$ ist. Eben so werden die Projektionen der übrigen Stossfugen erhalten.

Fig. 221 stellt das eine Haupt des konischen Gewölbes vor. Diese Figur wird erhalten, wenn man in den Punkten o', i', h', g' und f' gerade Linien senkrecht auf $n'f'$ konstruirt, wenn man ferner aus den Punkten o'', i'', h'', g'' und f'' Senkrechte auf $s''n''$ fällt und die Höhen $o'o_{,,}$, $i'i_{,,}$, $h'h_{,,}$, $g'g_{,,}$ und $f'f_{,,}$ mit diesen Normalen beziehlich gleich lang macht, so erhält man dadurch die Punkte $o_{,,}$, $i_{,,}$, $h_{,,}$, $g_{,,}$, $f_{,,}$, durch welche die Kurve $n'f_{,,}$ gelegt werden kann.

Die Richtung der Lagerfugen geht durch die Achse des Kegels, es müssen deshalb die Fugen des Hauptes im Punkte f' sich schneiden.

Der Längendurchschnitt Fig. 222, welcher nach der Linie $s'f'$ des Grundrisses genommen ist, wird endlich erhalten, wenn man