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 $i'\,c'\,t^0\,t'$ 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 $t_5 t_6$, zu liegen kommt, so dass nunmehr die Fläche $t_5\,a'\,g'\,t_6$ die wahre Grösse der Brettung $i''t''$ ($i'\,c'\,t_0\,t'$) 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 $m'''a'''$). 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 $m_1'''a'''4'''2'''$) 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 die Punkte g', h', i', o' und n' auf die Linie $s'f'$ nach g_2', m_3', i_2', o_2' und m' Fig. 220 projicirt; alsdann in Fig. 222 die Länge

$$s'' n''' = s' m' \text{ Fig. 220,}$$
$$s''' o_2 = s' o_2',$$
$$s''' i_2 = s' i_2',$$
$$s''' h_2 = s' m_3',$$
$$s''' g_2 = s' g_2',$$

und endlich $s''' f_2 = s' f'$ macht. Wenn man ferner in den Punkten o_2, i_2, h_2, g_2 und f_2 Senkrechte auf der Linie $s''' f_2$ errichtet und dieselben mit den entsprechenden Höhen $o' o_{,,}$, $i' i_{,,}$, $h' h_{,,}$, $g' g_{,,}$ und $f' f_{,,}$ Fig. 221 gleich lang macht, so erhält man die Punkte o''', i''', h''' g''' und f'''. Wenn man endlich noch diese Punkte mit der Spitze s''' durch gerade Linien verbindet und die Kurve $n''' f'''$ konstruirt, die Projektionen der Stossfugen und des Auges auf gleichem Wege ermittelt, so erhält man die verlangte Figur.

§. 77.

Auf Taf. XIV sei Fig. 224 der Grundriss, Fig. 223 der Aufriss und Fig. 225 der Längendurchschnitt eines konischen Gewölbes, welches in der Ecke zweier sich schneidenden Mauern angebracht ist und im Uebrigen mit dem im vorigen Paragraphen beschriebenen Gewölbe, mit Ausnahme des Hauptes, übereinstimmt. Das Haupt dieses Gewölbes bildet nämlich eine normale Cylinderfläche, wogegen das Haupt des vorigen Gewölbes eine gebrochene Ebene bildet.

Die Schnittkurve $a'' e'' d'' h''$ der konischen Leibung mit dem cylindrischen Haupt $a' m' h'$ erhält man leicht vermittelst der Mantellinien.

$a' h'$ ist der Grundriss und $a'' p'' h''$ der Aufriss der Leitlinie des Kegels; die verlängerte Mantellinie $s' p'$, deren Aufriss $s'' p''$ ist, schneidet die Cylinderfläche im Punkte d', der als Aufriss den Punkt d'', also einen Punkt der verlangten Schnittkurve ergibt.

Die Schnittkurve $h''' m'''$ im Querschnitt (Fig. 225) erhält man, wenn man z. B. $k''' f''' = k'' f''$ macht u. s. f.

§. 78.

Die sogenannten überhängenden Gewölbe werden im Princip eben so behandelt wie die konischen Gewölbe.

So ist z. B. Fig. 227 der Grundriss eines überhängenden Gewölbes in runder Wendung auf einer geraden Mauer, Fig. 226 der Aufriss dieses Gewölbes und Fig. 228 der Durchschnitt nach der Linie $m_2' v'$ des Grundrisses. $A' B'$ sei der Grundriss der Aussenseite der Mauer, worauf die Wölbung sich befindet, und $A'' B''$ sei der Aufriss derselben.

Dasselbe dient zur Unterstützung eines Balkons oder eines runden Thurmes oder irgend eines anderen Vorbaues. Die Konstruktion dieses Gewölbes ist folgende:

Aus dem Punkte m_2' Fig. 227 beschreibe man den Kreisbogen $a' v' h'$ der Grösse des Vorbaues entsprechend. Der Aufriss der Richtungslinie mag ein Halbkreis sein, der erhalten wird, wenn man den Punkt a' Fig. 227 nach a'' auf die Linie $A'' B''$ Fig. 226 projicirt, den Punkt h' nach h'', m' nach m'' und aus diesem letzteren Punkte den Halbkreis $a'' v'' h''$ beschreibt. Diesen Halbkreis theile man in so viele gleiche Theile, als man Gewölbsteine im Haupte haben will. Dies gebe die Punkte b'', c'', d'', e'', f'' und g''. Hierauf setze man die Grösse des Auges in der Art fest, dass die einzelnen Gewölbsteine in der Nähe desselben nicht zu dünn ausfallen und beschreibe den Halbkreis $n'' s'' w''$ als Begrenzung des Kerns. Man ziehe ferner aus den Theilpunkten b'', c'', d'' u. s. f. gerade Linien $b'' i''$, $c'' x''$, $d'' y''$ u. s. f., deren Richtung durch den Mittelpunkt m'' geht, diese Linien sind die Aufrisse der Leibungsfugen. Die Grundrisse dieser Fugen werden nun erhalten, wenn man die Kreisbogen $o'' t'' q''$ und $p'' u'' r''$ beliebig annimmt, den Punkt n'' nach n' projicirt, o'' nach o' und p'' nach p'. Wenn man ferner aus dem Mittelpunkte m_2' die Kreisbogen $n' s' w'$, $o' t' q'$ und $p' u' r'$ zeichnet, den Punkt i'' auf das Kreisbogenstück $n' w'$ nach i' projicirt, den Punkt k'' nach k', l'' nach l' und b'' nach b', die durch die erhaltenen Punkte konstruirte Kurve $i' k' l' b'$ Fig. 227 ist der Grundriss derjenigen Leibungsfuge, deren Aufriss die gerade Linie $i'' b''$ ist. Ebenso werden die Grundrisse der übrigen Leibungsfugen erhalten.

Das Kreisbogenstück $n' s' w'$ stellt hier die Projektion desjenigen Bogens vor, welcher das Auge oder den sogenannten Kern von dem übrigen Gewölbe abgrenzt.

Es ist hier angenommen worden, dass jede Steinschicht des Gewölbes aus einem einzigen Stein konstruirt werden könne, was bei kleinen Dimensionen des Gewölbes immer möglich ist. Sollten jedoch die Steine zu lang ausfallen, so kann man in jeder Steinschicht eine oder mehrere Stossfugen anordnen. Die Aufrisse dieser Stossfugen sind alsdann Kreisbogenstücke, deren Mittelpunkt der Punkt m'' Fig. 226 ist und die Grundrisse sind ebenfalls Kreisbogenstücke, deren Mittelpunkt der Punkt m_2' Fig. 227 ist.

Der Durchschnitt Fig. 228, welcher nach der Linie $m_2' v'$ des Grundrisses gedacht ist, wird erhalten, wenn man

$$m_2''' m''' = m_2' m' \text{ Fig. 227,}$$
$$m_2''' s_2 = m_2' s',$$
$$m_2''' t_2 = m_2' t',$$
$$m_2''' u_2 = m_2' u',$$
$$m_2''' v_2 = m_2' v' \text{ macht,}$$

sodann in den Punkten s_2, t_2, u_2 und v_2 gerade Linien normal auf $m_2''' v_2$ Fig. 228 konstruirt und diese beziehlich gleich lang macht mit den Linien $m'' s''$, $m'' t''$, $m'' u''$ und $m'' v''$ Fig. 226, die Kurve $m''' s''' t''' u''' v'''$, welche durch die gefundenen Punkte gelegt wird, stellt den Durchschnitt der Wölbung vor.

Fig. 229 zeigt die Form der ausgetragenen oberen Lagerfuge des Steins über dem Anfänger. Diese Figur wird erhalten, wenn man

$$(m_3)\ (m_8) = z''\ z_5'' \text{ Fig. 226 macht,}$$
$$(m_3)\ (m_4) = z''\ z_2'',$$
$$(m_3)\ (m_5) = z''\ z_3'',$$
$$(m_3)\ (m_6) = z''\ f'',$$
$$\text{und } (m_3)\ (m_7) = z''\ z_4'';$$

wenn man sodann in den erhaltenen Punkten gerade Linien senkrecht zu der Linie $(m_3)\ (m_8)$ zieht und von diesen

$$(m_3)\ (z) = m_3'\ z' \text{ Fig. 227 macht,}$$
$$(m_4)\ (z_2) = m_4'\ z_2',$$
$$(m_5)\ (z_3) = m_5'\ z_3',$$
$$(m_6)\ (f) = m_6'\ f',$$
$$(m_7)\ (z_4) = m_7'\ z_4',$$
$$(m_8)\ (z_5) = m_8'\ z_5' \text{ und endlich}$$

die Punkte $(z)\ (z_2)\ (z_3)\ (f)$ durch eine entsprechende Kurve verbindet, diese krumme Linie $(z)\ (f)$ stellt die wirkliche Form der Leibungsfuge vor, deren zweite Projektion die Linie $z'' f''$ ist. Verbindet man endlich die drei Punkte $(f)\ (z_4)\ (z_5)$ durch eine Kurve, so stellt diese den elliptischen Bogen vor, in welchem die in Rede stehende Lagerfuge den cylindrischen Theil dieses Gewölbes in der Aussenseite, d. i. in dem cylindrischen Haupte, schneidet. In derselben Art werden alle übrigen Lagerfugen ausgetragen.

Die Bearbeitung der Steine dieses Gewölbes kann nur nach Schablonen geschehen, es ist deshalb nöthig, dass alle Schablonen des Umfanges eines Steins angefertigt werden.

§. 79.

Fig. 231 ist der Grundriss eines anderen vorspringenden Gewölbes.

Fig. 230 ist der Aufriss dieses Gewölbes, Fig. 232 das Haupt der einen Seite und Fig. 233 das der anderen Seite. — Bei der Wendung enger Strassen, wo die Passage behindert ist, kann man genöthigt sein, zur Erleichterung der Passage, von diesem Gewölbe Gebrauch zu machen, weil dasselbe gestattet, die Ecke eines Hauses bis auf eine gewisse Höhe lothrecht abzuschneiden. Auch zur Unterstützung eines Balkons oder irgend eines andern Vorbaues kann diese Gewölbekonstruktion angebracht werden.

Man konstruirt dies konische Kerngewölbe in folgender Art:

Die Linie $a' i'$ Fig. 231 sei der Grundriss der lothrechten Ebene, durch welche die Ecke $a' e' i'$ des Gebäudes abgeschnitten wird. Die Längen $a' e'$ und $i' e'$ seien ungleich. Ueber der Linie $a' e'$ konstruire man irgend eine steigende Kurve $a' e_{,,}$ Fig. 232, deren Höhe $e' e_{,,}$ anderthalb bis zwei Mal grösser ist als ihre Basis $a' e'$. Diesen Bogen theile man sodann in eine ungerade Anzahl von gleichen Theilen, nehme $e_{,,} d_{,,}$ gleich gross mit dem einen dieser Theile; $d_{,,} b_{,,}$ und $b_{,,} a$, u. s. f. aber doppelt so gross. Hierauf konstruire man über $i' e'$ einen zweiten steigenden Bogen $i' e_{,,}$ Fig. 233, welcher mit $a' e_{,,}$ in den entsprechenden Punkten gleiche Höhe erhält, indem man die Linien $b_{,,} b'$ und $d_{,,} d'$ senkrecht zu $a' e'$ zieht, $b' h'$ und $d' f'$ parallel $a' i'$ zieht, in den Punkten h', f' und e' gerade Linien $h' h_{,,}$, $f' f_{,,}$, $e' e_{,,}$ normal auf $i' e'$ konstruirt und $h' h_{,,}$ gleich $b' b_{,,}$, $f' f_{,,}$ gleich $d' d_{,,}$ und $e' e''$ Fig. 233 gleich $e' e_{,,}$ Fig. 232 macht. Die Kurve $i' h_{,,} f_{,,} e_{,,}$ Fig. 233 ist die verlangte.

Der Bogen $a' e''$ Fig. 232 sei die Leitlinie der cylindrischen Wölbungsfläche und $a' i'$ die Richtung der Mantellinie derselben. Es ergibt sich dann die Wölbungsfläche dieser Kernwölbung, wenn man die gerade Linie $a' i'$ auf den beiden Kurven $a' e_{,,}$ Fig. 232 und $i' e_{,,}$ Fig. 233 in der Art fortbewegt, dass jede neue Lage parallel der ersteren ist. Der Punkt e im Raum ist dann der höchste Punkt der cylindrischen Wölbungsfläche.