sondern Schnittpunkt in dieser Achse und es liegt derselbe entweder oberhalb des Gewölbes oder unterhalb desselben. Betrachtet man z. B. die dritte Lagerfuge, welche im Durchschnitt Fig. 435 mit *br* bezeichnet ist, so wird man bemerken, dass die Achse *oc* von dieser Fuge in dem Punkte *c* geschnitten wird, und es gilt dieser Punkt als Spitze eines normalen Kegels, dessen Radius die Linie *ab* ist und dessen Höhe *ac* ist. Diese Lagerfuge bildet sonach einen abgekürzten Kegelmantel, dessen Seite die Linie *br* ist.

Um daher die Lagerfugen dieses Gewölbes auszutragen, darf man nur nach dem Princip, welches in dem Kapitel von den Kugelgewölben befolgt wurde, verfahren.

In Fig. 437 haben wir die Lagerfuge der dritten Steinschicht ausgetragen; Fig. 438 stellt einen Anfänger vor, welcher in der äussersten Steinschicht des Gewölbes sich befindet, und endlich Fig. 439 einen Stein der nächstfolgenden Schicht.

NEUNTES KAPITEL.

Vom Kernbogen und dem sphärischen Strebebogen.

§. 130.

Wenn die innere Gewölbfläche eines Bogens aus verschiedenen Flächen besteht, welche nach irgend einem System in Zusammenhang gebracht sind, so nennt man diesen Bogen einen Kernbogen. Das System des Zusammenhanges der verschiedenen Wölbungsflächen ist aber so unbestimmt und der Bedingungen, nach welchen jene Flächen erzeugt werden können, sind so viel, dass es eine unzählige Menge von möglichen Kernbogen giebt, von denen wir hier nur die wichtigsten und brauchbarsten betrachten wollen.

Taf. XXXVI enthält vier verschiedene Kernbogen, deren man sich zur Ueberwölbung der Fensteröffnungen, der Thür- oder Thorwegsöffnungen bedienen kann. Fig. 447 ist der Grundriss und Fig. 446 die gerade Ansicht eines Fensterbogens mit zwei verschiedenen Wölbungsflächen, von welchen die eine cylindrisch, die andere aber kegelförmig ist.

Fig. 448 zeigt die Form des Schlusssteins, Fig. 449 die des zunächst folgenden Steins und Fig. 450 stellt den Anfänger vor. Die Fig. *abcden* in Fig. 447 ist die ausgetragene Lagerfuge des Schlusssteins. Um diese Lagerfuge auszutragen, mache man die Länge *ab* Fig. 447 gleich der Länge *gk* Fig. 446, ziehe *bc* normal auf *ab*, mache *ne* Fig. 447 gleich *gh* Fig. 446 und *cd* gleich *ki*: die so entstandene Fig. *abcden* ist die verlangte Lagerfuge. In derselben Weise werden die übrigen Lagerfugen ausgetragen.

Fig. 452 ist der Grundriss und Fig. 451 der Aufriss eines Fensterbogens, welcher von dem vorigen sich nur darin unterscheidet, dass hier der Grundbogen der Wölbung ein voller Halbkreis ist, wogegen in dem vorigen Bogen der Grundbogen der Wölbungsfläche ein Kreisbogenstück war. Fig. 453 zeigt den Anfänger und Fig. 454 den Schlussstein. Die Fig. *abcden* ist die ausgetragene Lagerfuge des Schlusssteins.

Fig. 456 ist der Grundriss und Fig. 455 die hintere Ansicht eines Bogens, welcher vorn in der Mauer eine cylindrische Wölbungsfläche hat, in dem hintern Theile der Mauer aber anstatt der runden Wölbung scheitrecht eingewölbt ist, damit eine rechtwinklige Vertiefung für die Thür- oder den Thorwegsflügel gebildet werde.

Fig. 457 zeigt den Anfänger und Fig. 458 den Schlussstein. *A* ist die ausgetragene Schablone der Lagerfuge des Schlusssteins.

Die Fig. 459 und 460 zeigen eine andere Konstruktion des Kernbogens. Fig. 460 ist der Grundriss und Fig. 459 die hintere Ansicht. Der Wölbungsbogen in der Mauer ist nach vorn cylindrisch im vollen Zirkel konstruirt und in derselben Weise ist der Falz für den Anschlag gestaltet; der hintere Wölbungsbogen ist aber nach einem eigenthümlichen Princip gebildet. Es ist nämlich angenommen, dass die Durchschnittslinien *ae* und le_2, in welchen die Wölbungsfläche von den lothrechten Abschrägungen, deren Grundriss in Fig. 460 mit $e'a'$ und $g'l'$ bezeichnet sind, geschnitten wird, Kreisbogen vorstellen, welche mit dem Halbkreise $a^0n''l^0$ Fig. 459 einerlei Radius haben.

Wenn man daher die Länge $a'm'$ Fig. 460 gleich $a'w'$ macht, aus dem Punkte m' den Kreisbogen $a'(e)$ beschreibt und in dem Punkte e' die Linie $e'(e)$ senkrecht auf $a'e'$ zieht, so stellt der Kreisbogen $a'(e)$ die Umklappung der Durchschnittslinie vor, in welcher die Wölbungsfläche von der lothrechten Abschrägung geschnitten wird.

Um nun den Aufriss a^0e'' Fig. 459 dieser Durchschnittslinie zu erhalten, errichte man in beliebigen Punkten b', c', d' der Linie $a'e'$ Fig. 460 Senkrechte $b'(b)$, $c'(c)$, $d'(d)$ auf $a'e'$, projicire den Punkt a' nach a^0, b' nach b^0, c' nach c^0, d' nach d^0 und e' nach e^0 Fig. 459, errichte in den erhaltenen Punkten Lote auf der Linie e^0g^0 und mache b^0b'' gleich $b'(b)$, c^0c'' gleich $c'(c)$, d^0d'' gleich $d'(d)$ und e^0e'' gleich $e'(e)$: die Punkte a^0, b'', c'', d'', e'' sind dann Punkte des Aufrisses jener Durchschnittslinie. In derselben Weise werden die Punkte $l^0k''i''h''e_2''$ auf der andern Seite des Bogens erhalten.

Um die äussere Begrenzung der Wölbungsfläche zu erhalten, nehme man den Punkt t'' Fig. 459 beliebig an (etwa so, dass $n''t'' = l^0g^0$ werde) und ziehe durch die drei Punkte e'', t'', e_2'' den Kreisbogen $e''t''e_2''$, derselbe bildet die obere Begrenzung der Wölbungsfläche. Um für diese Wölbungsfläche noch andere Bestimmungsstücke zu erhalten, ziehe man noch die drei Kreisbogen $d''s''h''$, $c''r''i''$ und $b''o''k''$, zu welchem Zweck man nur die Punkte s'', r'' und o'' zu bestimmen hat, indem man die Längen $f'x'$ Fig. 460 gleich $n''t''$ Fig. 459 macht und die gerade Linie $w'x'$ zieht; wenn man ferner die Linien $b'k'$, $c'i'$, $d'h'$ parallel mit $e'g'$ zieht und $n''o''$ Fig. 459 gleich $v'v_2'$ Fig. 460 macht, $n''r'' = z'z_2'$ und $n''s'' = y'y_2'$: dadurch werden die Punkte o'', r'', s'' bestimmt, durch welche die drei Kreisbogen $d''s''h''$, $c''r''i''$ und $b''o''k''$ nun gezogen werden können.

Die Wölbungsfläche ist nun in der Art bestimmt, dass sie durch diese drei zuletzt gezeichneten Kreisbogen, durch den Halbkreis $a^0n''l^0$ und durch den Kreisbogen $e''t''e_2''$ geht.

In Fig. 461 haben wir den Anfänger dieses Kernbogens dargestellt, in Fig. 462 den nächsten Stein über dem Anfänger und in Fig. 463 den Schlussstein.

Die mit *A*, *B*, *C* und *D* bezeichneten Figuren sind die ausgetragenen Lagerfugen dieses Bogens; *A* ist die Lagerfuge des Schlusssteins, *B* die des zweiten Steins von oben, *C* die Lagerfuge des dritten Steins und endlich *D* die obere Lagerfuge des Anfängers.

§. 131.

Fig. 464 Taf. XXXVII ist der vierte Theil des Grundrisses eines sphärischen Strebebogens auf dem quadraten Raume, dessen Bestimmung dahin geht, als Basis eines runden Thurmes zu dienen, dessen innere Richtungslinie der Kreisbogen *EKF* ist, dessen Grundriss in Fig. 464 mit $E'K'F'$ bezeichnet ist. Die Konstruktion ist ganz analog der der Hängekuppel.

Fig. 465 ist ein vertikaler Durchschnitt nach der Richtung $A'B'$ des Grundrisses; Fig. 466 ist ein anderer vertikaler Durchschnitt nach der Richtung der Diagonale $A'C'$ und Fig. 467 eine Ansicht nach der Richtung der Diagonale. In Fig. 468 haben wir noch den Anfängerstein, der in Fig. 464 mit $H'G'J'R'X'Y'$ bezeichnet ist, in der schiefen Projektion dargestellt.

Die Zwickelwölbung, welche in der krummen Linie $J'S'$ Fig. 464 beginnt, hat zur innern Leibung eine Kugelfläche, deren Radius die Länge $A'R'$ Fig. 464 oder M_2R_2 Fig. 466 ist.

Die Fig. 469 und 470 zeigen eine andere Konstruktion des sphärischen Strebebogens auf dem quadraten Raume. Fig. 470 ist die Hälfte des Grundrisses und Fig. 469 ein vertikaler Durchschnitt nach der Linie $A'B'$ des Grundrisses. Die Zwickelwölbung zwischen den Gurtbogen ist ebenfalls kugelförmig, wie im vorigen Beispiele, sie beginnt aber nicht in einer Linie, sondern in einem Punkte. Im Uebrigen sind alle Konstruktionen dieser sphärischen Strebebogen dieselben, wie bei der Hängekuppel über dem quadraten Raume, und es kann deshalb eine weitere Beschreibung der Konstruktion dieser Strebewölbung hier übergangen werden.

Zum Schluss haben wir auf Taf. XXXVIII in Fig. 471, Fig. 472 und Fig. 473 die Konstruktion eines sphärischen Nischengewölbes dargestellt. Fig. 472 ist der Grundriss, Fig. 471 eine gerade Ansicht von vorn und Fig. 473 ein vertikaler Durchschnitt nach der Linie $A'B'$ des Grundrisses.

Dies Nischengewölbe hat einen Kern D, wie die konische Kernwölbung (Trompengewölbe), an welchem die centralen Lagerfugen ihre Begrenzung finden. Die innere Wölbungsfläche ist aber nicht konisch, sondern kugelförmig.

Sämmtliche Lagerfugen schneiden die innere Kugelfläche in grössten Kreisen, da ihre Richtung durch den Mittelpunkt der Kugel geht, aber die Stossfugen schneiden die Kugelfläche in kleineren Kreisen, welche mit der äussern Stirnfläche parallel laufen. In Fig. 474 haben wir den Anfänger E dargestellt, in Fig. 475 den Schlusstein F und in Fig. 476 den Kern D.

ZEHNTES KAPITEL.

Von dem gegenseitigen Durchdringen zweier Gewölbe von verschiedenen Höhen.

§. 132.

Auf Taf. XXXIX haben wir das Princip der Anordnung des Fugenschnitts dargestellt, wenn ein grösseres Tonnengewölbe von einem kleineren auf der einen Seite in normaler Richtung durchdrungen wird. Fig. 478 ist der Grundriss dieser Konstruktion, Fig. 477 ein vertikaler Durchnitt nach der Linie A' B' des Grundrisses und Fig. 479 ein anderer vertikaler Durchschnitt nach der Linie C' D'.

Wir haben hier vorausgesetzt, dass die lichte Weite eines jeden Tonnengewölbes gegeben sei und dass der Rücken der Tonnengewölbe nicht rund, sondern gebrochen angeordnet werden solle.

Zur Erreichung eines soliden und festen Steinverbandes ist es nothwendig, dass die horizontalen Fugen des grössern Tonnengewölbes, in welchen die innere Wölbungsfläche von den Lagerfugen geschnitten wird, in der Weise angeordnet werden, dass sie in der Nähe des kleineren Gewölbes ihre horizontale Richtung ändern und in die Centralfugen des kleineren Tonnengewölbes übergehen. Es ist dies deutlich aus Fig. 479 zu ersehen, wo die horizontalen Leibungsfugen h''' v_2''' und k''' l''' in den Punkten v_2''' und l''' ihre Richtung ändern, indem sie von hier aus die Richtung durch den Mittelpunkt M''' des Hauptes vom kleineren Tonnengewölbe nehmen. Die Punkte v_2''' und l''' dürfen nicht beliebig angenommen werden, insofern eines Theils die Fugeneintheilung in dem Haupte des kleineren Tonnengewölbes von der Wahl jener Punkte abhängig ist und diese Fugeneintheilung, wegen der Symmetrie, stets in der Weise geschehen muss, dass die Bogen $a'''p'''$, $p'''q'''$, $q'''r'''$, $r'''w'''$ u. s. f. gleich gross werden, anderen Theils die Längen $v_2'''p'''$ und $l'''q'''$ die Gewölbestärke des kleineren Gewölbes, welche dasselbe in den Punkten p''' und q''' hat, repräsentiren. Um nun diesen Bedingungen zu genügen, muss man mehrere Eintheilungen der Grundbogen o'' x_2'' a'' Fig. 477 und a''' b''' c''' Fig. 479 versuchen, und sehen, welche von diesen jenen Bedingungen am besten entspricht.

Ist die Eintheilung der beiden Grundbogen festgesetzt, so ermittele man die Kurve $a'b'c'$ Fig. 478, den Grundriss derjenigen krummen Linie, in welcher die beiden cylindrischen Wölbungsflächen sich durchdringen. Man erhält einen Punkt p' dieser Kurve, wenn man aus der gegebenen Seitenprojektion p''' den Aufriss p'' des Punktes p ermittelt, indem man die Linie $p'''E$ parallel mit $a'''y'''$ zieht, HF gleich HE macht und durch den Punkt F die gerade Linie $\beta''p''$ parallel mit $\delta''a''$ zieht: der Punkt p'', in welchem der Grundbogen o'' x_2'' a'' des grössern Tonnengewölbes von jener Linie geschnitten wird, ist der Aufriss des Punktes p. Man hat sonach nur die einfache Aufgabe der Projektionslehre zu lösen, aus der gegebenen Seitenprojektion p''' eines Punktes p und aus dem Aufriss p'' dieses Punktes den Grundriss p' zu finden. Man löst diese Aufgabe, wenn man die Linie $p'''z'''$ Fig. 279 senkrecht auf $a'''c'''$ zieht und durch diesen Punkt die gerade Linie $\beta'p'$ parallel mit der Achse $B'f'$ des kleineren Tonnengewölbes, sowie durch den Punkt p'' die gerade Linie $p''p'$ parallel mit der Achse $C'D'$ des grössern Tonnengewölbes zieht: der Durchschnittspunkt p' dieser beiden Linien ist der gesuchte Grundriss p' des Punktes p der Durchschnittslinie beider Gewölbflächen. In derselben Weise werden die Grundrisse q', r', w', b' u. s. f. der Punkte q, r, w und b jener Durchschnittslinie ermittelt.

Nachdem diese Durchschnittslinie bestimmt worden ist, ordne man in der Wölbungsfläche des grösseren Tonnengewölbes das Haupt des kleineren Gewölbes in derselben Art an, wie beim Haupt in der geraden lothrechten Mauer, und ermittele den Grundriss dieses Fugenschnitts; dadurch erhält man die Grundrisse der einzelnen Steine, welche den gegenseitigen Verband des kleineren Gewölbes mit dem grösseren vermitteln.

Auf der einen Seite des kleineren Gewölbes haben wir in Fig. 478 die Grundrisse jener Steine vollständig angegeben, und es bezeichnet die Fig. $a_2'b_2'v_2'p'c_2'd_2'$ den Grundriss des Anfängers, die Fig. $g_2'e_2'i_2'l'q'$ den des zweiten Steins, $l_2'h_2'v', s'r'$ den des dritten Steins, $o_2'm_2't'x'w'$ den des vierten Steins und endlich $r_2'\varphi'\varrho'x't_2's_2'$ den Grundriss des Schlusssteins.

$p_2'w'x't_2'u_2'q_2'$ ist der Grundriss von den zwei verschiedenen inneren Wölbungsflächen des Schlusssteins, P, $p_2'w'x'\varrho'\varphi'$ ist der Grundriss der einen Lagerfuge und $q_2'u_2't_2's_2'r_2'$ der Grundriss der zweiten Lagerfuge des Schlusssteins.

Fig. 480 zeigt die Form des Anfängers O, dessen Grundriss in Fig. 478 mit O' bezeichnet ist. An diesem Steine befinden sich auf der einen Seite die Leibung und die Lagerfuge des kleineren Tonnengewölbes, auf der andern Seite aber die Leibung und die Lagerfuge des grösseren Gewölbes. K ist die Schablone der Stossfuge im grössern und L die Schablone der Stossfuge im kleineren Tonnengewölbe.

Fig. 481 und Fig. 482 zeigen die Form des Schlusssteins P, welcher den Verband des kleineren Gewölbes mit dem grösseren vermittelt; erstere Figur ist eine Ansicht von unten, letztere eine Ansicht von oben. E ist die ausgetragene Lagerfuge dieses Steins und F ist die Schablone der Stirnfläche oder der Stossfuge.

Um Fig. 481 zu zeichnen, konstruire man wie folgt:

Man ziehe die gerade Linie $w_2'f'$ unter 45° Neigung gegen die Grundlinie und $w_2'w_2$ lothrecht, beschreibe aus dem Punkte w_2' als Mittelpunkt den Kreisbogen p_2q_2 mit dem Radius $M'''b'''$ Fig. 479 des kleineren Tonnengewölbes, und mache w_2p_2 gleich w_2q_2 gleich $b'''w'''$ Fig. 479.

Durch den Punkt q_2 ziehe man die Linie $w_2'r_2$, mache die Länge q_2r_2 gleich lang mit $w'''\varrho'''$ Fig. 479, und ziehe die geraden Linien p_2w, q_2u_2 und r_2s_2 parallel mit $w_2'f'$. Sodann mache man die Längen p_2w und q_2u_2 gleich lang mit $p_2'w'$ Fig. 478, w_2b gleich $w_2'b'$ und r_2s_2 gleich $r_2's_2'$, ziehe $s_2\varrho$ parallel mit der angenommenen Grundlinie und mache sie gleich lang mit $s_2'\varrho'$ Fig. 479, verbinde endlich noch die drei Punkte w, b, u_2 durch eine entsprechende krumme Linie: so bedarf man zur Vollendung des Steins nur noch der Punkte x und t_2.

Diese zwei Punkte ermittele man aus den zugehörigen Koordinaten, indem man die Länge $w_2'f'$ Fig. 481 gleich lang mit $w_2'f'$ Fig. 478 macht, die gerade Linie $x't_2$, in der schiefen Pro-