tale Lager vor und die beiden vertikalen Ebenen $lqedrsl$ und $q_,hgr_,s_,$ sind die Stossfugen dieses Steins, welche in der vertikalen Achse des Gewölbes sich schneiden. Die ringförmige Fläche $eqq_,h$ bezeichnet die centrale Lagerfuge, welche einen Theil des abgekürzten Kegelmantels darstellt und die Fläche $dehg$ ist der Theil der inneren Kugelfläche, welche jeder Stein der zweiten Gewölbeschicht darbietet.

Wir kommen zur Konstruktion des in Fig. 245 dargestellten Steins der dritten Gewölbeschicht.

Die Fig. $\delta'' \pi'' \sigma'' \omega''$ Fig. 238 stellt den normalen Querschnitt der dritten Steinschicht vor und $m_2' m_3' m_4' m_5'$ Fig. 239 den Grundriss eines Steins dieser Schicht. Durch die grössten Abmessungen dieses normalen Querschnitts lege man das Rechteck $\gamma'' \varphi'' \lambda'' \mu''$ Fig. 238 und konstruire ein Cylinderstück, welches das Rechteck $\gamma'' \varphi'' \lambda'' \mu''$ zur Stirnfläche hat; dessen innerer Radius gleich der Länge $e_2'' \gamma''$, der äussere Radius aber der Länge $e_2'' \mu''$ gleich ist und dessen Centriwinkel mit dem des zu konstruirenden Steins der Kuppel übereinstimmt, also dem Winkel $m_2' m' m_5'$ Fig. 239 gleich ist. — Dies gebe die Fig. $\mu \lambda \varphi \gamma \gamma_, \varphi_, \lambda_,$ Fig. 245. Hierauf mache man die Längen

$\lambda \sigma$ und $\lambda_, \sigma_,$ Fig. 245 gleich $\lambda'' \sigma''$ Fig. 238,
$\varphi \pi$ » $\varphi_, \pi_,$ » » » $\varphi'' \pi''$ » »
$\varphi \delta$ » $\varphi_, \delta_,$ » » » $\varphi'' \delta''$ » »
$\gamma \omega$ aber » $\gamma'' \omega''$ » »

und verbinde die zusammengehörigen Punkte durch entsprechende Linien: die hervorgehende Fig. $\omega \sigma \pi \delta \delta_, \pi_, \sigma_,$ stellt alsdann einen Stein der dritten Schicht des sphärischen Gewölbes vor. In derselben Weise werden alle übrigen Steine konstruirt, deren Rücken rund ist.

§. 86.

Bearbeitung der Steine.

Die Bearbeitung der Steine des sphärischen oder sphäroïdischen Gewölbes geschieht zum Theil nach der rechtwinkligen Behauungsmethode, zum Theil nach Schablonen. Um z. B. den in Fig. 243 dargestellten Stein der unteren Schicht zu bearbeiten, sucht der Arbeiter zunächst erst das Cylinderstück anzufertigen, welches Fig. 242 darstellt.

Um dies Cylinderstück zu erhalten, wählt der Arbeiter ein Parallelepiped, welches den Dimensionen des darzustellenden Steins so ziemlich entspricht, bearbeitet an demselben das untere Lager, legt die Schablone der unteren Lagerfuge auf die bearbeitete Fläche, zeichnet den Umriss derselben auf den Stein und bearbeitet nach diesem Umrisse die vier Seitenflächen des Steins normal auf dem Lager. Damit aber die vier Seitenkanten tu, wv, $t_,u_,$ und $w_,v_,$ auf der unteren Ebene genau normal stehen, gebraucht der Arbeiter die Vorsicht, die Richtung jeder derselben in Bezug auf zwei sich schneidende gerade Linien abzuwinkeln, weil eine gerade Linie nur dann auf einer Ebene normal steht, wenn sie mit zwei sich schneidenden geraden Linien in dieser Ebene rechte Winkel bildet. — Nachdem die Steitenkanten genau eingerichtet und die Seitenebenen bearbeitet sind, geschieht dasselbe mit der oberen Ebene des Steins. Der Stein hat alsdann die Form, welche Fig. 242 zeigt.

Diesem Stein wird nun die Form gegeben, welche Fig. 243 zeigt. Zu dem Ende legt der Arbeiter auf beide Stirnflächen $vwtu$ und $v_,w_,t_,u_,$ Fig. 242 die Schablone der Stossfuge und zeichnet den Umriss derselben auf den Stein. Dadurch werden die Kreisbogen $c\alpha$ und $c'\alpha'$, so wie die geraden Linien $\alpha\beta$ und $\alpha_,\beta_,$ Fig. 243 erhalten. Diese Linien und der Bogen cc', welcher auf das untere Lager des Steins vermittelst der Schablone getragen wird, dienen dem Arbeiter bei der Bearbeitung der Kugelfläche zur Richtschnur, dabei bedient derselbe sich noch einer an dem grössten Kreise der inneren Gewölbefläche aufgenommenen Lehre, welche während der Bearbeitung auf die beiden Kreisbogen $c\alpha$ und $c'\alpha'$ Fig. 243 gelegt wird, um zu untersuchen, ob diese Lehre die bearbeitete Fläche überall innig berühre.

§. 87.

Die Hängekuppel.

Fig. 246 ist der vertikale Durchschnitt und Fig. 247 der halbe Grundriss einer Kuppel über einem quadraten Raume. Dieser Raum wird von vier Mauern eingeschlossen, welche die Widerlager des sphärischen Gewölbes vorstellen.

Der Durchschnitt in der Diagonale des quadraten Raumes schneidet die Kugel in einem grössten Kreise; der Schnitt durch die Mitte zweier parallelen Seiten des Quadrats schneidet die Kugel dagegen in einem Kreisbogenstück, welches kleiner als der Halbkreis ist. Daher ist die innere Wölbungsfläche nur in der Richtung der Diagonale des Quadrats eine vollständige Halbkugel.

Die innere Seitenfläche jeder Mauer schneidet die Kugelfläche in einem Halbkreise, dessen Durchmesser gleich der Seite des inneren Quadrats ist; der Halbkreis $c^0 x'' y^0$ Fig. 246 stellt diese Durchschnittslinie vor.

Die Fig. 246 und 247 zu konstruiren, verfahre man wie folgt:

Aus dem Mittelpunkte m' Fig. 247 des quadraten Raumes ziehe man die Diagonale $m'p'$ und beschreibe mit derselben aus dem Punkte m'' Fig. 246 den Halbkreis $p'' r'' o'' a'' v''$. Diesen Halbkreis theile man in eine ungerade Anzahl gleicher Theile, indem man $p''r'' = r''o'' = o''a'' = a''q'' = q''s''$ u. s. w. macht. Bei dieser Eintheilung muss aber darauf Rücksicht genommen werden, dass in den Punkt c'', den Durchschnittspunkt der geraden Linie $c^0 c''$ und jenes Halbkreises, kein Theilpunkt komme, denn an dieser Stelle darf keine Fuge angebracht werden.

Die oberen Lagerfugen der zwei unteren Steinschichten können hier horizontal angenommen werden, weil sie zum grössten Theil in die gerade Mauer fallen. Erst von der dritten, durch den Punkt a'' gelegten Lagerfuge an, geht die Richtung derselben durch den Mittelpunkt m'' der Kugel. Man verbinde nun die Theilpunkte s'' und t'', q'' und u'', a'' und v'' durch gerade Linien; diese stellen den Aufriss derjenigen kleineren Kreise vor, in welchen die innere Kugelfläche von den ringsherum laufenden centralen Lagerfugen geschnitten wird. Aus den Punkten o'' und r'' ziehe man ferner gerade Linien parallel der Linie $p''y^0$, projicire die Punkte a'', q'' und s'' nach a', q' und s' Fig. 247 und konstruire koncentrische Kreise, welche durch diese Punkte gehen und m' zum Mittelpunkt haben; diese drei koncentrischen Kreise sind die Grundrisse jener kleineren Kreise.

Man konstruire ferner den Bogen $d_2'f_2'$ Fig. 247 mit dem Radius $o''o_4''$ Fig. 246, so wie auch den Bogen $d_3'f_3'$ mit der Länge $r''r_4''$ als Radius und ordne die Stossfuge im Grundrisse in der Weise an, dass ein guter Steinverband entstehe. Nachdem alle Fugen im Grundrisse festgesetzt worden sind, ermittele man ihre Aufrisse in Fig. 246, wobei man jetzt keine Schwierigkeiten weiter finden wird.

Fig. 248 stellt den Eckstein A vor, dessen Grundriss die Fig. $l'a_3'a_2'w'a_4'$ Fig. 247 ist. Dieser Stein hat oben und unten horizontale Lager $\alpha r \beta \gamma \delta \varepsilon$ und $w a_2 a_3 l a_4$; die beiden Stirnflächen $\beta \gamma a_3 a_2$ und $\alpha \varepsilon a_4 w$ stehen normal auf der Richtung der Mauern und in der innern Ecke beginnt die kugelförmige Wölbung in einem Punkte.

Die innere Kugelfläche wird von dem oberen horizontalen Lager dieses Steins in dem Kreisbogen $\alpha r \beta$ geschnitten, dessen Grundriss in Fig. 247 der Kreisbogen $a_2'w'$ ist. Man erhält daher die Punkte α und β, wenn man pw Fig. 248 gleich $p'w'$ Fig. 247, pa_2 gleich $p'a_2'$ macht, in den Punkten w und a_2 die Normalen $w\alpha$ und $a_2\beta$ konstruirt und deren Länge gleich der Linie $l''k''$ Fig. 246 macht. Den Punkt r bestimme man aus seinen rechtwinkligen Koordinaten, indem man aus dem Punkte r' Fig. 247 Senkrechte auf $p'a_2'$ und $p'w'$ fällt, diese Längen auf pw und pa_2 Fig. 248 trägt und damit ein perspektivisches Quadrat konstruirt; dadurch wird der Punkt r_2 erhalten. In diesem Punkte konstruire man nun die lothrechte $r_2 r$ und mache sie mit $l''k''$ Fig. 246 gleich lang; der so erhaltene Punkt r giebt einen dritten Punkt zur Bestimmung des Bogens $\alpha r \beta$.

Fig. 249 stellt diejenigen zwei Steine vor, welche in der zweiten Schicht die Ecke der Mauern einnehmen und hier die Verbindung der Kugel mit den geraden Mauern vermitteln; ihre ersten Projektionen sind in Fig. 247 mit $m_2'c_2'd_2'e_2'f_2'g_2'h_2'l_2'k_2'$ bezeichnet worden.

Die Fig. $NKLM\alpha PIHO$ stellt die untere Steinschicht der Mauer vor, die Linien Lm und Im die Mittellinien des Quadrats und m den Mittelpunkt der innern Kugelfläche. LK und HI bezeichnen die Stärke der Mauern und LM die Höhe der unteren Steinschicht. Diese Steine zu konstruiren stelle man zunächst dasjenige zusammengesetzte Parallelepiped dar, dessen Grundriss die Fig. $m_2'l_2'h_2'g_2'z'c_2'$ Fig. 247 ist, indem man die Längen βc_3 und βg_3 Fig. 249 mit $z'c_2'$ Fig. 247 gleich lang macht und die Höhe $g_3 g_2$ Fig. 249 gleich $r_4''o_4''$ Fig. 246.

Um den Bogen $d_2 e_2 f_2$ zu erhalten, mache man die Länge $c_2 d_2 = c_2'd_2'$ Fig. 247, ebenso $g_2 f_2 = g_2'f_2'$ und bestimme einen dritten Punkt e_2 aus seinen rechtwinkligen Koordinaten.

Das obere horizontale Lager der zweiten Steinschicht würde die Kugelfläche in einem zu spitzen Winkel schneiden und mit derselben eine spitze zerbrechliche Kante bilden. Aus diesem Grunde fanden wir uns bewogen, durch eine centrale Abschrägung nach der Linie $o''n''$ Fig. 246 jene spitze scharfe Kante zu beseitigen. In der geraden Mauer fällt diese Abschrägung aber fort, weshalb die mit B bezeichneten Ecksteine ungleiche Höhen haben, in sofern der Theil derselben, welcher die Kugelfläche aufnimmt, eine grössere Höhe hat als derjenige, welcher als Stein der geraden Mauer gilt.

Der Unterschied dieser Höhen ist die Länge $y_2 z_2$ Fig. 249, welche in dem Unterschiede der Höhen der Punkte n'' und v'' Fig. 246 erhalten wird.