falle, über welchem das Klostergewölbe konstruirt werden soll. Hieraus geht hervor, dass der Grundriss eines regelmässigen Klostergewölbes entweder die Form eines Quadrats oder eines Rechtecks haben muss, wenn dasselbe zwei sich schneidende Grate haben soll. Es kann aber auch über jedem andern regulären oder irregulären Polygon ein Klostergewölbe konstruirt werden, dasselbe erhält alsdann so viele Grate als das Polygon Ecken hat. Der Fugenschnitt jeder einzelnen Wange ist wie beim Tonnengewölbe.

§. 101.

Die Fig. 311 bis 315 auf Taf. XXIII stellen die Projektionen eines Klostergewölbes vor, dessen Grundriss Fig. 311 ein Rechteck ist. Fig. 312 zeigt den Durchschnitt nach der Linie $C'D'$ des Grundrisses, Fig. 313 den Durchschnitt nach der Linie $A'B'$, Fig. 314 zeigt die Projektionen eines schiefen Schnittes nach der Linie $E'F'$ und Fig. 315 endlich den geraden Durchschnitt nach der Linie $G'H'$, welcher aber im mittlern Gewölbtheile nicht lothrecht, sondern in der Richtung der Lagerfuge gedacht ist.

Der Konstruktion dieses Klostergewölbes ist der halbkreisförmige Bogen über der kleinen Seite des Rechtecks, welches der Grundriss bildet, zu Grunde gelegt. Da der Bogen über der grösseren Seite des Rechtecks mit dem halbkreisförmigen Bogen über der kleineren Seite in den beziehlich gleichen Punkten gleiche Höhe haben muss, ist derselbe ein elliptischer Bogen. Die Fugen dieses in Fig. 313 dargestellten elliptischen Bogens schneiden sich nicht in ein und demselben Punkte, wie dies beim halbkreisförmigen Bogen der Fall ist, sondern sie fallen in die Richtung der Kurvennormale, deren Konstruktion oben beim elliptischen Bogen beschrieben ist.

Erhalten die Gewölbtheile gleiche Stärke, so folgt leicht, dass der äussere Grat des Gewölbes mit dem innern nicht in ein und dieselbe Vertikalebene zu liegen kommen kann, was aber der Solidität keinen weitern Abbruch verursacht.

§. 102.

Die Projektionen des Klostergewölbes zu verzeichnen, setze man zunächst die Form des Rechtecks fest, welches die Umfassungsmauern im Grundriss Fig. 311 bilden sollen. Hierauf konstruire man den in Fig. 312 gegebenen halbkreisförmigen Bogen, theile denselben in eine ungerade Anzahl von gleichen Theilen und verbinde die gleich hochliegenden Theilpunkte, welche die inneren Fugenpunkte vorstellen, durch gerade Linien: diese laufen parallel mit der Achse JK und stellen die Aufrisse der horizontalen inneren Leibungsfugen vor. Sodann projicire man normal auf der Linie JK die Fugenpunkte i'', l'', n'', p'' auf eine der Diagonalen des Grundrisses nach i', l', n' und p', ziehe aus diesen gefundenen Punkten Parallelen mit den Umfassungsmauern und verlängere sie bis zum Durchschnitt mit der andern Diagonale des Grundrisses: so erhält man in diesen Linien die zwei Dimensionen der Rechtecke, welche von den Projektionen der inneren horizontalen Leibungsfugen gebildet werden.

Die Projektionen der Stossfugen, welche auf jenen Fugen normal stehen, können nun beliebig angeordnet werden, nur darf in der Durchschnittslinie der Gewölbflächen, d. h. im Grat, keine Fuge angebracht werden.

Die Fig. 313 zu erhalten, projicire man normal auf LM den Punkt i' des Grundrisses nach i''', den Punkt l' nach l''', den Punkt n' nach n''' und den Punkt p' nach p''', gebe diesen Punkten mit den in Fig. 311 beziehlich gleichen Punkten gleiche Höhen über der Linie LM und lege durch sie den elliptischen Bogen. Sodann bestimme man die Richtung der Lagerfugen für diesen Durchschnitt und konstruire den äusseren Bogen, indem man den äusseren Fugenpunkten dieses Bogens mit den in Fig. 312 beziehlich gleichen Punkten einerlei Höhe über der Linie LM giebt.

Werden endlich noch je zwei innere Fugenpunkte dieses Durchschnitts, welche in einerlei Horizontalebene liegen, durch gerade Linien verbunden, so sind diese parallel mit der Linie LM und stellen die Seitenprojektionen der inneren horizontalen Fugen vor.

Die Projektionen der Stossfugen sind im Grundriss festgesetzt, ihre Lage ist daher vollkommen besimmt. Um nun aber die Projektionen dieser Fugen in Fig. 312 zu erhalten, braucht man nur die Grundrisse derselben normal auf der Linie JK zwischen die horizontalen Leibungsfugen zu projiciren. Eben so werden diese Fugen in Fig. 313 erhalten. In beiden Figuren bilden die Projektionen der Stossfugen gerade Linien, welche auf den horizontalen Leibungsfugen senkrecht stehen.

Die Fig. 314 zu erhalten, projicire man im Grundriss alle Fugenpunkte auf die Durchschnittslinie $E'F'$ und verfahre dann eben so, wie vorhin bei der Konstruktion des in Fig. 313 vorgestellten Durchschnitts gezeigt wurde.

Die Projektionen der inneren horizontalen Fugen bilden auch hier gerade Linien, welche mit der Linie RS parallel laufen. Die Projektionen der Stossfugen aber erscheinen als elliptische Bogenstücke wegen der schiefen Ansicht des Bogens.

Fig. 315 wird eben so erhalten wie Fig. 312.

Die Fig. 316 bis 321 zeigen die perspektivischen Bilder von verschiedenen Steinen dieses Gewölbes. Fig. 316 stellt die Form des Anfängers vor, dessen Grundriss in Fig. 311 mit a' bezeichnet worden ist, q bezeichnet die Stirn- oder Kopfschablone dieses Steins. Fig. 317 stellt den Anfänger vor, welcher die Ecke der Mauer einnimmt und deren Grundriss in Fig. 311 mit b' bezeichnet ist; r bezeichnet hier die Stirnschablone im elliptischen Haupte, s die in dem andern Haupte und t bezeichnet die Schablone von dem untern Lager dieses Steins.

In Fig. 318 ist der Gratstein vorgestellt, dessen Grundriss in Fig. 311 mit c' bezeichnet ist, u und v sind die Schablonen seiner beiden Häupter.

Fig. 319 zeigt den Gratstein, dessen Grundriss d' ist, w und z die Stirnschablonen desselben.

Die Fig. 320 und 321 stellen den Schlussstein vor, und zwar Fig. 320 eine Ansicht desselben von unten und Fig. 321 eine Ansicht von oben.

Auf Taf. XXIV ist noch in Fig. 337 die innere Wölbungsfläche eines Quadranten des Klostergewölbes, dessen Grundriss die Fig. $v'\,g'\,q'$ Fig. 311 ist, mit den zugehörigen Lagerfugen ausgetragen worden. Diese Figur wird in folgender Weise konstruirt.

Man mache die gerade Linie $(f)\,(q)$ gleich dem Viertelskreise $g''\,q''$ Fig. 312, theile dieselbe in $4\frac{1}{2}$ gleiche Theile, indem man $(f)\,(h) = (h)\,(k) = (k)\,(m) = (m)\,(o)$ macht und $(o)\,(q)$ halb so gross, als jeder von jenen 4 Theilen ist.

Durch die Theilpunkte (f), (h), (k), (m) und (o) ziehe man gerade Linien normal auf $(f)\,(q)$ und mache dieselben mit den inneren Leibungskanten gleich lang, alsdann wird

$$
\begin{aligned}
(f)\,(g) &= (f)\,(v) = f'\,v' \text{ Fig. 311,}\\
(h)\,(i) &= (h)\,(u) = h'\,u' \text{ — » — ,}\\
(k)\,(l) &= (k)\,(t) = k'\,t' \text{ — » — ,}\\
(m)\,(n) &= (m)\,(s) = m'\,s' \text{ — » — ,}\\
(o)\,(p) &= (o)\,(r) = o'\,r' \text{ — » — ,}
\end{aligned}
$$

Legt man nun durch die Endpunkte dieser parallelen Linien entsprechende Kurven, so stellen dieselben die zwei verstreckten Gratlinien vor, deren Grundrisse die halben Diagonalen $g'\,q'$ und $v'\,q'$ Fig. 311 sind.

Hierauf mache man $(o)\,(y) = (m)\,(z) = (k)\,(z_2)$, gleich der Stärke des Gewölbes, wie solche Fig. 312 angiebt, und die Länge $(h)\,(z_3)$ gleich der Länge $i''\,x''$ Fig. 312; durch diese Punkte ziehe man gerade Linien parallel mit $(v)\,(g)$,

$$
\begin{aligned}
\text{mache } (\alpha)\,(\beta) &= \alpha'''\,\beta''' \text{ Fig. 313,}\\
(\gamma)\,(\delta) &= \gamma'''\,\delta''' \text{ — » — ,}\\
(\varepsilon)\,(\varphi) &= \varepsilon'''\,\varphi''' \text{ — » — ,}\\
(\pi)\,(\sigma) &= \pi'''\,\sigma''' \text{ — » — ,}
\end{aligned}
$$

und ziehe die geraden Linen $(\pi)\,(u)$, $(\varepsilon)\,(t)$, $(\gamma)\,(s)$, $(\alpha)\,(r)$, $(p)\,(\beta)$, $(n)\,(\delta)$, $(l)\,(\varphi)$ und $(i)\,(\sigma)$, die hierdurch begränzten Ebenen, wie $(\pi)\,(u)\,(i)\,(\sigma)$ etwa, bezeichnen dann die umgeklappten Lagerfugen des Gewölbes.

Dergleichen umgeklappte Figuren (Brettungen) dienen theils zur bequemern Flächenbestimmung derselben, theils auch zur Anfertigung der Schablonen.

§. 103.

Die Fig. 316, welche den Stein der untersten Schicht vorstellt, dessen Grundriss mit a' bezeichnet ist, zu erhalten, verzeichne man zuerst das Haupt dieses Steins. Dies geschieht mit Hülfe der Fig. 312. Ist das Haupt verzeichnet, so werden durch sämmtliche Eckpunkte desselben gerade Linien gezogen, welche auf dem Haupte perspektivisch normal stehen und mit der Länge $P'Q'$ Fig. 311 gleich lang sind. Die Endpunkte dieser parallelen Linien bilden das andere Haupt des Steins, welches dem erstern congruent ist. Der in Fig. 317 dargestellte Stein wird in derselben Weise verzeichnet. Dieser Stein hat zwei verschiedene Häupter, da das eine dem kreisförmigen, das andere aber dem elliptischen Normalschnitte entspricht. Das eine Haupt erscheint rein geometrisch, da es parallel mit der Bildfläche gedacht ist, das andere Haupt hingegen steht auf der Bildfläche senkrecht und erscheint deshalb in perspektivischer Form.

Man beginne nun das Zeichnen dieses Steines damit, das geometrische Haupt mit Hülfe des geraden Durchschnitts Fig. 313 festzustellen. Sodann ziehe man durch alle Eckpunkte der erhaltenen Figur gerade Linien, welche auf dem Haupte perspektivisch normal stehen, und mache deren Länge mit den beziehlich gleichen inneren und äusseren Fugen des Steins in demjenigen Gewölbtheile, welchem dies Haupt entspricht, gleich gross.

Durch die gefundenen Endpunkte jener parallelen Linien ziehe man andere Parallelen, welche auf jenen perspektivisch normal stehen, trage auf sie die Längen, wie sie der Grundriss vorschreibt, und lege durch die Endpunkte dieser letzteren Parallelen das perspektivische Haupt. Ganz eben so werden die in Fig. 318 und Fig. 319 verzeichneten Steine erhalten. Der Schlussstein in Fig. 320 und 321 wird mit Hülfe rechtwinkliger Koordinaten verzeichnet. Es werden nämlich im Grundriss Fig. 311 die Projektionen von den inneren und von den äusseren Fugen ermittelt. Die durch diese Projektionen gebildeten zwei Rechtecke trage man sodann perspektivisch auf, konstruire in jedem Eckpunkte lothrechte Linien und mache dieselben mit den entsprechenden Höhen der Fugen dieses Steins, welche aus dem Duschschnitt Fig. 312 zu entnehmen sind, gleich gross.

Endlich verbinde man die zusammengehörigen Punkte durch gerade oder krumme Linien, je nachdem die Form des Steins es erheischt, dadurch erhält man das perspektivische Bild dieses Steins.

Bearbeitung der Steine. Jeder Gratstein, mit Ausnahme des Schlusssteins, bildet ein Rechteck, dessen eine Ecke zum Theil herausgeschnitten ist. Es wird daher am zweckmässigsten sein, jeden von diesen Steinen aus dem Vollen zu bearbeiten, indem ein Parallelepiped bearbeitet wird, dessen Abmessungen den grössten Abmessungen des Steins entsprechen und dessen Grundfläche jenem Rechteck gleich kommt. Ist dies Parallelepiped dargestellt, so werden die beiden Stirnschablonen und die Schablone des untern Lagers aufgelegt und nach diesen der Stein bearbeitet.

Zur Bearbeitung der Steine, welche nicht vom Grat eingenommen werden, bedarf es nur einer Stirnschablone.

§. 104.

In den Fig. 322 und 323 Taf. XXIV sind die Projektionen eines Klostergewölbes mit achteckigem Grundriss dargestellt. Fig. 323 zeigt den Grundriss mit den Stoss- und Lagerfugen und Fig. 322 den lothrechten Durchschnitt nach der Linie $R' S'$ des Grundrisses.

In Fig. 324 ist einer der Anfängersteine verzeichnet, dessen Grundriss in Fig. 323 mit V' bezeichnet ist.

Fig. 325 zeigt das perspektivische Bild eines Steins Z, welcher die Stelle über dem Anfänger einnimmt, und Fig. 326 stellt den Schlussstein vor, welcher die Form einer abgekürzten achteckigen Pyramide hat. In Fig. 327 ist noch der Anfänger dargestellt, welcher die eine Ecke des achteckigen Raumes einnimmt und dessen Grundriss die Fig. $a_2' b_2' c_2' d_2' e_2' n_2'$ Fig. 323 ist.

Dieser Stein wird mit Hülfe rechtwinkliger Koordinaten konstruirt, die Linie $f_2' k_2'$ als Abscissenachse angenommen.

Alle die Steine dieses Gewölbes, welche nicht Gratsteine sind, werden vermittelst der Stirnschablone bearbeitet, die Gratsteine hingegen werden entweder aus dem Vollen gearbeitet, oder sie werden vermittelst Winkel und Schmiege dargestellt. In diesem letztern Falle werden die innern Wölbungsflächen, welche in der Gratlinie sich schneiden, zunächst als Ebenen dargestellt. Hierzu bedarf es des Neigungswinkels, welchen die beiden sich schneidenden Ebenen mit einander bilden, so wie auch noch der Schablonen dieser Ebenen. Um für den Anfänger, dessen Grundriss F' ist, den Neigungswinkel zu erhalten, ziehe man durch einen beliebig angenommenen Punkt x' in der Projektion der Gratlinie die gerade Linie $y' r'$ normal auf den Grundriss $a' u'$ der Gratlinie $a u$ und fälle aus x' eine Normale $x' x_2'$ auf die in dem umgeklappten elliptischen Gratbogen konstruirte Sehne $u' (x)$, welche dem Gratbogen des Anfängers entspricht. Sodann mache man $x' z' = x' x_2'$ und ziehe die geraden Linien $z' r'$ und $z' y'$, so schliessen diese den gesuchten Winkel ein. Die Richtigkeit der Konstruktion folgt leicht, denn die geraden Linien $n' y'$ und $u' r'$ sind die Grundrissspuren der beiden in der Gratlinie sich schneidenden Ebenen und $u' a'$, der Grundriss der Gratlinie, stellt die Projektion der Durchschnittslinie jener Ebenen vor. Der Neigungswinkel zweier sich schneidenden Ebenen wird aber erhalten, wenn man in diesen Ebenen durch einen beliebigen Punkt der Durchschnittslinie zwei Linien zieht, welche auf letzterer senkrecht stehen; der Winkel, den diese Senkrechten mit einander bilden, ist der Neigungswinkel der sich schneidenden Ebenen.

Die Ebene des Neigungswinkels steht sonach senkrecht auf der Durchschnittslinie der sich schneidenden Ebenen, daher muss auch der Grundriss $r' y'$ der Winkelebene auf der Projektion $u' a'$ der Durchschnittslinie senkrecht stehen.

Die Sehne $u' (x)$ stellt die umgeklappte Durchschnittslinie vor und die aus dem Punkte x' normal auf $u' (x)$ konstruirte Linie $x' x_2'$ die Höhe des Dreiecks, welches $r' y'$ zur Grundlinie hat und dessen beide andere Seiten den verlangten Neigungswinkel einschliessen. Wenn man daher $x' z'$ gleich $x' x_2'$ macht und die geraden Linien $z' r'$ und $z' y'$ zieht, so ist die Fig. $r' y' z'$ das umgeklappte Dreieck, welches an der Spitze z' den verlangten Neigungswinkel enthält.

In Fig. 328 sind die Schablonen der gedachten Ebenen der innern Seite der Gratsteine durch die Fig. A, B, C und F dargestellt. Die Fig. A wird aus ihrem Grundriss A' in Fig. 323 auf folgende Art erhalten:

In dem umgeklappten Gratbogen Fig. 323 ziehe man die Sehne $(a)(d)$, diese stellt die wirkliche Grösse der Linie vor, deren Grundriss $a' d'$ ist.

Die Längen af, de, ab und dc Fig. 328 sind ihren Grundrissen $a' f'$, $d' e'$, $a' b'$ und $d' c'$ beziehlich gleich und können aus dem Grundriss entnommen werden. Wenn nun noch die Länge der Diagonale ac oder ae bekannt wäre, so liesse die Fig. A sich verzeichnen.

Die Länge der Diagonale ac bildet aber die Hypotenuse eines rechtwinkligen Dreiecks, dessen eine Kathete gleich $ab = a' b'$ und dessen andere die Sehne $c'' b''$ Fig. 322 ist. Sie wird demnach erhalten, wenn man die Länge $b' h'$ der Sehne $c'' b''$ Fig. 322 gleich macht, und die Hypotenuse $a' h'$ zieht; letztere ist die gesuchte Länge der Diagonale ac. Das Dreieck acd ist nun aus seinen drei Seiten auf geometrischem Wege zu konstruiren. Das andere Dreieck abc ist nun auch bekannt, da die Länge der Linie bc ihrem Aufriss, nämlich der Länge der Sehne $c'' b''$ gleich ist. Das Viereck $afed$ ist dem Viereck $abcd$ kongruent, es lässt sich deshalb auch verzeichnen und damit wäre die Schablone A des Gratsteins, welcher neben dem Schlussstein sich befindet, bestimmt. Ganz eben so werden die Schablonen B, C und F der übrigen Gratseine gefunden.

Der Gratstein zur Seite des Schlusssteins wird nun in folgender Weise bearbeitet.

An einem passenden Stein wird eine Ebene bearbeitet, welche ungefähr der darzustellenden Ebene $abcd$ gleich kommt. Sodann wird eine gerade Seite dieser Ebene, in welche die Linie ad zu liegen kommen würde, tracirt, der Neigungswinkel, welcher in der Durchschnittslinie ad gebildet wird, an die tracirte Linie und Ebene angelegt, dadurch wird die Lage der zweiten Ebene $afed$ bestimmt.

Nachdem auch diese Ebene glatt bearbeitet ist, werden die beiden Theile der Schablone A auf die bearbeiteten Ebenen gelegt und die Richtungen der Stoss- und Lagerfugen vorgeschrieben. Die beiden Häupter des Steins werden sodann normal auf den dargestellten Ebenen, durch die festgesetzten Stossfugen gehend, bearbeitet, die Stirnschablone aufgelegt und deren Umriss auf den Stein gezeichnet. Nachdem dies geschehen ist, können alle Begränzungen des Steins, so wie auch die innere Wölbungsfläche leicht bearbeitet werden.

Eben so werden die übrigen Gratsteine hergestellt.

§. 105.

In den Fig. 329 und 330 sind die Projektionen eines Klostergewölbes dargestellt, dessen Grundriss eine längliche Form hat. Fig. 330 stellt den Grundriss dieses Gewölbes zur Hälfte vor, Fig. 329 den lothrechten Querdurchschnitt nach der Linie $A' B'$ des Grundrisses und Fig. 331 den lothrechten Längendurchschnitt nach der Linie $C' D'$. Der mittlere Theil dieses Gewölbes ist ein Tonnengewölbe und nur an beiden Enden schliesst der Raum mit einem Klostergewölbe ab.

In Fig. 332 sind (wie im vorigen Paragraphen beschrieben) die Schablonen G, H, I, K von den inneren Flächen derjenigen Gratsteine ausgetragen, deren Grundrisse in Fig. 330 mit G', H', I', K' bezeichnet worden sind, diese Flächen als Ebenen gedacht. Die Fig. G stellt die Schablone des Steins vor, dessen Grundriss in Fig 330 mit $m' n' d' a' p' e'$ bezeichnet ist, H bezeichnet die Schablone des nächsten Gratsteins, I die des dritten und endlich K die des Anfängers.

Zur Bearbeitung des Gratsteins, dessen Grundriss die Fig. $n' m' e' p' a' d'$ ist, bedarf man noch des Neigungswinkels, welchen die beiden Ebenen $epad$ und $emnd$ in ihrer Durchschnittslinie ed mit einander bilden. Diesen Winkel zu erhalten, schlage man die Gratlinie af, um ihren Grundriss gedreht, in die Horizontalebene herab. Zu dem Ende errichte man in den Punkten b', c', d', e' und f' Normalen auf $a' f'$ und mache dieselben beziehlich gleich gross mit den Gewölbehöhen, welche jenen Punkten entsprechen und die aus Fig. 329 entnommen werden können. Dadurch werden die Punkte (b), (c), (d), (e) und (f) erhalten. Durch diese Punkte und durch den Punkt a' lege man die elliptische Linie $a' (f)$ und ziehe die Sehnen $a' (b)$, $(b)(c)$, $(c)(d)$ und $(d)(e)$; die elliptische Linie $a' (f)$ stellt die niedergeschlagene Gratlinie vor.

Um nun den in Rede stehenden Neigungswinkel zu erhalten, ziehe man durch einen beliebigen Punkt g' der Linie $d' e'$ die Linie $k' l'$ normal auf $d' e'$, ziehe $d' h'$ parallel mit $(d)(e)$ und $g' i'$ normal auf $d' h'$. Endlich mache man $g' u'$ gleich $g' i'$ und ziehe die Linien $k' u'$ und $l' u'$, der Winkel $l' u' k'$ ist dann der verlangte Neigungswinkel. Auf demselben Wege erhält man die Fig. H, I, K, so wie auch ihre zugehörigen Neigungswinkel.

In Fig. 333 haben wir noch den Schlussstein, dessen Grundriss in Fig. 330 mit L' bezeichnet ist, in isometrischer Projektion gezeichnet, dargestellt.

§. 106.

In den Fig. 334 und 335 sind die Projektionen eines Klostergewölbes dargestellt, welches in der Mitte ein ebenes Gewölbe,