einiger Entfernung von einander auf die hohe Kante gelegt, unter dem scheitrechten Bogen angebracht.

Diese Trageisen werden in Nuthen gelegt, welches so tief in die Gewölbsteine eingearbeitet werden müssen, als das Trageisen hoch ist. Das Trageisen hat an jedem Ende eine Oese, durch welche Anker *cd* und *ef* geschoben werden, welche so lang sind, dass sie durch mehrere Steinschichten hindurchgehen. Die Anker verhindern das Einbiegen der Trageisen, und diese verhindern das Senken des scheitrechten Bogens. Anstatt der Anker *cd* und *ef* kann man auch Platten von Gusseisen anbringen, durch welche beide Trageisen hindurchgehen; vorgeschobene Splinte verhindern das Trennen der Platten vom Trageisen.

Eine andere Verbindung zeigt Fig. 292. Das Trageisen ist hier auf den Rücken des Gewölbebogens gelegt, um die Steine vermittelst der T-förmigen Hängeeisen tragen zu können. Die Hängeeisen haben oben eine Oese, durch welche das Trageisen hindurchgeht.

Die Anordnung zweier Trageisen über einander zeigen Fig. 293 und Fig. 294. Durch diese Verbindung wird der scheitrechte Bogen in einen Körper verwandelt, welcher nur eines festen Auflagers bedarf; einen Horizontalschub gegen die Widerlager kann derselbe kaum ausüben.

§. 97.

Häufig erfordert das horizontale und das lothrechte Princip der Struktur eines Bauwerkes, dass die schrägen koncentrischen Fugenschnitte eines scheitrechten Bogens äusserlich nicht wahrgenommen werden dürfen. In diesem Falle ordnet man in der äusseren Ansicht lothrechte Fugen an, welche aber nicht durch die ganze Dicke des Bogens hindurch gehen, sondern nur 10—15 cm Breite haben. Zwischen diesen lothrechten Fugen befinden sich die eigentlichen Lagerfugen.

Die Fig. 298, 299 und 300 Taf. XXII zeigen diese Konstruktion; Fig. 298 nämlich die Ansicht des scheitrechten Bogens von vorn, Fig. 299 den lothrechten Längendurchschnitt und Fig. 300 den Grundriss desselben von oben angesehen.

Fig. 301 zeigt die Konstruktion des Schlusssteins, Fig. 302 und Fig. 303 die des Steins zur Seite des Schlusssteins, Fig. 304 und Fig. 305 die des zweiten Steins neben dem Schlussstein, und Fig. 306 zeigt die Konstruktion des Anfängers.

In Frankreich wird der scheitrechte Bogen häufig mit sogenannten Verkröpfungen ausgeführt, wie die Fig. 307 und 308 zeigen. Fig. 307 stellt den Längendurchschnitt und Fig. 308 den Grundriss dieses scheitrechten Bogens vor, denselben von oben angesehen. Die Verkröpfung ist entweder auf den Häuptern sichtbar oder sie ist nur im Innern des Bogens angebracht. Der Schlussstein erhält keine Verkröpfung, indem er sonst seinem Zweck durchaus nicht entprechen würde. Es kann nicht in Abrede gestellt werden, dass dergleichen Verkröpfungen die Lagerung der Steine hinreichend sichern; dagegen verhindert die Verkröpfung die innige Verbindung der einzelnen Steine unter einander ausserordentlich, indem der Arbeiter die gebrochene Ebene der Verkröpfung nicht so scharf und so akkurat darzustellen vermag, wie dies bei der nicht gebrochenen Ebene der Fall ist. Aus diesem Grunde sind diese Verkröpfungen zu verwerfen.

In Fig. 309 und Fig. 310 haben wir den Stein neben dem Anfänger in der schiefen Projektion dargestellt, und zwar Fig. 309 mit der Ansicht der Verkröpfung, Fig. 310 aber mit der Ansicht der Nuthe.

§. 98.

Die ebenen Gewölbe werden so angeordnet, dass die verschiedenen Steinschichten derselben immer parallel sind mit den Seiten der Mauern, welche als Widerlager dienen. Wenn daher ein Gewölbe von dieser Art über einem Raume erbaut wird, welcher im Grundrisse ein beliebiges *n*Eck bildet, so werden die inneren Leibungskanten der Lagerfugen im Grundrisse ebenfalls *n*Ecke bilden, welche unter sich und der ganzen Figur ähnlich sind.

Sollte aber ein kreisförmiger Raum mit einem ebenen Gewölbe überdeckt werden, so würden die inneren Leibungskanten der Lagerfugen koncentrische Kreise beschreiben, zwischen welchen die verschiedenen Steinschichten ringsherum laufen, und der Schlussstein würde die Form des abgekürzten Kegels haben. Das Princip der Struktur des ebenen Gewölbes ist im Allgemeinen dasselbe wie beim Kuppelgewölbe, mit dem Unterschiede nur, dass die horizontalen ringsherum laufenden Steinschichten nicht in verschiedenen Ebenen über einander, sondern alle in einerlei Ebene sich befinden.

§. 99.

Fig. 295 ist der Grundriss eines ebenen Gewölbes über einem quadraten Raume und Fig. 296 der normale Querdurchschnitt desselben nach der Linie $A'B'$ des Grundrisses. Um dies Gewölbe zu konstruiren, setzt man zunächst den Durchschnitt Fig. 296 fest, zieht alsdann im Grundrisse die Diagonalen $a'b'$ und $c'd'$, und projicirt die Punkte e'', n'', m'' und o'' auf die Diagonale $a'b'$ nach e', n', m' und o'. Hierauf konstruirt man aus diesen Punkten zwischen den sich kreuzenden Diagonalen gerade Linien parallel mit den Mauersteinen, welche als Widerlager dienen, dadurch ergeben sich alle jene Quadrate, zwischen welchen die horizontalen Steinschichten sich befinden.

Die Stossfugen werden so angeordnet, dass ein guter Verband hervorgehe und dass in den Diagonalen, wo zwei verschiedene Steinschichten sich begegnen, keine Fuge komme. — Die Fig. 296 sei zugleich noch der Durchschnitt eines ebenen Gewölbes, dessen Konstruktion Fig. 297 im Grundriss zeigt. Da dergleichen ebene Gewölbe aussergewöhnliche starke Widerlager erfordern, wendet man sie nur selten an, und auch nur bei kleineren Räumen. Grosse Räume mit ebenen Gewölben überwölben zu wollen, würde jedenfalls sehr gewagt sein.

SECHSTES KAPITEL.

Von den Klostergewölben.

§. 100.

Das Klostergewölbe entsteht aus der Durchdringung zweier Tonnengewölbe, welche gleiche Höhe haben; es besteht aus vier cylindrischen Wangenstücken, die sich mit geraden Kämpferlinien an die Umfassungsmauern anschliessen und hier ihr Widerlager finden. Alle vier Umfassungsmauern sind sonach Widerlagsmauern, an denen die Kämpferlinie zusammenhängend fortläuft.

Die beiden Tonnengewölbe schneiden sich in krummen Linien, welche Grate genannt werden.

Beim Klostergewölbe tritt die scharfe Kante des Grates nach aussen, während innerhalb vertiefte Kehlen sichtbar sind. Die Form des Grates hängt von der Form der sich schneidenden Gewölbflächen und von der Lage der Achsen beider Gewölbtheile ab. Ist die Form und die Lage zweier cylindrischen Flächen gegeben, so ist nothwendigerweise auch die Form ihrer Durchschnittslinie gegeben, und ist umgekehrt die Form der Durchschnittslinie zweier cylindrischen Flächen gegeben und die Lage ihrer Achsen, so ist auch die Form der beiden cylindrischen Flächen hierdurch völlig bestimmt. Wenn daher bei gleichen Höhen die lichten Weiten der sich schneidenden Tonnengewölbe einander gleich sind, so sind auch die Grundbögen (Normalschnitte) dieser Gewölbe einander gleich. Sind hingegen die lichten Weiten ungleich, so sind die Grundbogen beider Gewölbe ungleich. Ist die eine ein Halbkreis, so hat die andere die Form einer Ellipse.

Von den zwei Grundbögen der Tonnengewölbe kann die eine beliebig gegeben sein, die andere hängt alsdann von der ersten, so wie noch von der Bedingung ab, dass der Grundriss der Durchschnittslinie beider Gewölbflächen in die Diagonale des Rechtecks 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

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

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 $(v)\,(g)$,

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

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