



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Die Lehre vom Steinschnitte der Mauern, Gewölbe, Bögen und Treppen

Paradies, Julius

Hannover, 1873

§. 13. Schiefes Tonnengewölbe.

[urn:nbn:de:hbz:466:1-66821](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-66821)

den zweiten Bogen geben die Fig. 152 und 153, Taf. X Aufschluss über die Ausführung.

Ist eine normale cylindrische Mauer durchbrochen, und es wird zur Ueberdeckung ein Bogen angewendet, dessen Achse mit der Achse der cylindrischen Mauer in einer zur Projectionsachse normalen Ebene liegt, so erhält man den concentrischen, cylindrischen Mauerbogen, 154—156, Taf. XI; während ein excentrischer, cylindrischer Mauerbogen erhalten wird, wenn die Achse des Mauerbogens in einer gegen die vertikale Projectionstafel geneigten Ebene sich befindet. Fig. 158—160. Für die Bearbeitung nach der Abbreitungsmethode geben die Fig. 157 beziehungsweise Fig. 161, Taf. XI für jeden der genannten Bögen die Verstreckung, sowie die Brettungen an. Die Lagerfugen sind hier in der Wirklichkeit Ellipsen; sie ergeben sich in den Durchschnitzzeichnungen Fig. 156 und 160 als krumme Linien, während die vorderen Ansichten Fig. 155 und 159, Taf. XI gerade Linien zeigen.

Die Bearbeitung der Steine aus dem „Vollen“ für die verschiedenen Bögen ist aus den Fig. 162—167, Taf. XI, zu entnehmen.

Nach dem Vorhergehenden wird es nunmehr auch nicht schwierig, einen Mauerbogen in dem cylindrischen Theil zusammentreffender Böschungsmauern (Auflösung in den Fig. 168—170, Taf. XII) oder in dem kegelförmigen Theil solcher Mauern (Auflösung in den Fig. 171—173, Taf. XII) anzuordnen.

§ 13. Schiefes Tonnengewölbe.

Das schiefe Tonnengewölbe kann in verschiedener Weise hergestellt werden und zwar:

I. Methode.

Ist die Abweichung der horizontalen Projection der Gewölbeachse gegen die Stirnfläche nicht sehr bedeutend (kleiner als 15°), so wird das Gewölbe noch immer so behandelt, wie das gerade Tonnengewölbe, indem die einzelnen Schichten parallel zur Gewölbeachse gelegt werden; die Stossfugen gehen normal zu dieser Richtung Fig. 174—176, Taf. XIII. Doch beobachtet man die Vorsicht, dass an den Stirnflächen die Steine länger genommen werden, weil die Keilform, die sie erhalten, sehr leicht, bei geringerer Länge, ein Auspringen derselben oder gar ein Zerdrücktwerden hervorrufen würde. Auch pflegt man wohl den letzten Steinen in der Stirnfläche eine derartige Richtung zu geben, dass sie normal zur Stirnfläche stehen, was jedoch eine sehr erschwerte, nicht zu empfehlende Anordnung ist.

II. Methode.

Ist die innere Form der Leibung und das Aussehen derselben nebensächlich, so zerlegt man das Gewölbe durch zur Stirnfläche parallele Ebenen in mehrere Streifen gleicher Länge (etwa 1 Meter) und behandelt jeden solchen als einen für sich besonders herzustellenden Gewölbebogen (Gurt, Zone), wodurch das Gewölbe eine grössere Spannweite und im Innern eine Treppenform erhält. Die einzelnen Gurte werden untereinander durch eiserne Anker derart verbunden, dass ein bestimmter Wechsel in der Verankerung eintritt. Fig. 177—179, Taf. XIII. Diese Constructionsmethode kann jedoch an Stellen wo Eisgang zu befürchten ist, nicht angewendet werden.

III. Methode.

Aehnlich diesem Verfahren führte man auch einige Gewölbe in der Art aus, dass man über den ganzen Grundriss einen Halbcylinder sich dachte, dessen Spannweite gleich ist der normalen Entfernung zweier durch die spitzen Ecken der Widerlager normal zur Stirnfläche gehenden Ebenen. Man erhält hierdurch an den Stirnseiten ansteigende Bögen, ebenso auch eine krumme ansteigende Kämpferlinie. Nachtheile, welche die Construction sehr erschweren, ohne ihr eine dauernde Stabilität zu verleihen. Man suchte das nichtschöne Aussehen durch Spitzbögen an der Stirnfläche zu verdecken, wodurch jedoch der Steinschnitt nur noch mehr erschwert wird, und man hat daher auch diese Methode beinahe vollständig verlassen.

IV. Methode.

An das in der zweiten Methode angegebene Verfahren anlehnend ordnet man den Steinschnitt derartiger Gewölbe so an, dass selbst bei sehr schiefen Gewölben eine Herstellung möglich wird, indem man den Stossflächen eine ganz oder mindestens **nahezu** normale Stellung zu den Lagerflächen giebt. Es wird dies dadurch erreicht, dass man den schiefen Halbcylinder in Streifen von gleicher Länge und beliebiger Anzahl zerlegt denkt, Fig. 180—182, Taf. XIV, auf den beiden Gewölbestirnflächen die Steine aufträgt und hierauf die Lagerfugen in der innern Leibung derart bestimmt, dass sie **womöglich** durch die ganze Länge des Gewölbes laufen und krumme Linien sind, die man erhält, wenn man von dem erhaltenen Fugenpunkte des ersten Kreises (wenn der Stirnbogen ein Kreis ist) eine Linie nach dem Mittelpunkte des zweiten Kreises so lange zieht, bis dieser zweite Kreis getroffen wird; von diesem Punkte eine Linie nach dem Mittelpunkte des dritten Kreises, bis der dritte Kreis getroffen wird und führt dies bis zum letzten Kreise in gleicher Weise durch. Die zwischen je zwei Kreisen erhaltenen Abschnitte dieser Radien ergeben durch eine stetige Verbindung eine krumme Linie, eine Lagerfuge, oder (wie unten gezeigt wird) zum Mindesten einen Theil derselben. Nach dieser Methode werden die Lagerfugen (Laufsichten, Schichtenlinien, Lauffugen) sämtlicher Steine bestimmt. Bemerkenswert ist hierbei, dass man bei der Zeichnung dieser Linien immer so vorgeht, dass man von der einen Stirnfläche gegen die andere gelangen muss: also von der vordern nach der rückwärtigen und ebenso auch in umgekehrter Richtung.

Die Stossflächen sind Ebenen parallel zur Stirnfläche, die in der Wirklichkeit als Durchschnitte mit der innern Leibung, Bogenlinien von der Form der innern Leibung ergeben und erhält man die Horizontal-Projection der Lager- und Stossfugen durch die gewöhnliche Art des Projicirens.

Werden die Steine, wie hier angegeben, in den Projectionen eingetheilt, so ergibt eine einfache Betrachtung, dass dieselben im Gewölbe verschieden stark (breit) werden, was so lange noch keinen Nachtheil hat, als die Steine nicht zu schwach werden, um durch eine zu grosse Ungleichförmigkeit zerdrückt zu werden. Tritt jedoch eine zu grosse Verschiedenheit in den Dimensionen ein, so theilt man zuerst die beiden Stirnflächen in eine ganz gleiche (aber ungerade) Anzahl Steine ein (Zahl der Stirnwölbesteine), und construirt Linien nach der eben beschriebenen Weise, die sowohl von der vordern Stirnfläche nach rückwärts, als auch in umgekehrter Richtung laufen und behält von diesen Linien nur jene Stücke bei, die sich durch eine richtige Steinvertheilung bei gehörigem Wechsel in den Stoss- sowohl wie in den Lagerfugen ergeben. Es wird daher von jeder Linie nur ein grösseres oder kleineres Stück beizubehalten sein, je nach dem jeweiligen Bedürfnisse, wie dies aus den Fig. 180—182 zu entnehmen ist.

Ist die Rückenleibung parallel zur innern Leibung, dann trägt man in den Durchschnittpunkten der Radien mit den Hilfscurven, in der Richtung des Radius, die erforderliche Gewölbestärke an, wodurch die Rückenlagerfuge erhalten wird.

In derselben Weise verfährt man auch, wenn die Durchschnittlinie der Stirnfläche mit der innern Leibung eine andere stetig gekrümmte Linie ergibt; man hat in einem solchen Falle nur nothwendig, statt der Radien die zugehörigen Normalen nach bekannten Sätzen (aus den Leitstrahlen und der Tangente) zu zeichnen.

Zur Bestimmung der Leibungsschablonen ist eine Abwicklung der Cylinderfläche, Fig. 183, Taf. XIV, nothwendig, um die an den Schablonen sich befindlichen krummen Lauffugen zu erhalten; im Uebrigen kann aber die Bearbeitung aus der geometrischen Zeichnung erfolgen. Die Abwicklung erfolgt nach bekannten Sätzen.

Man nennt diese Construction: „die Construction mit veränderlichem Fugenwinkel“.

V. Methode.

Man wickelt die innere und äussere Leibungsfläche des Gewölbes nach bekannten Sätzen aus dem Normalschnitt Fig. 184 und dem Grundriss Fig. 185, Taf. XV, ab und legt die beiden abgewickelten Flächen abcd (innere) Fig. 186, Taf. XV, und ABCD (äussere) Fig.

187, Taf. XVI derart untereinander, dass die Durchschnitte der Scheitellinien gh auf der innern und GH auf der äussern Mantelfläche senkrecht unter einander liegen, zieht die Sehnen ab und cd an der bei der Abwicklung der innern Mantelfläche sich ergebenden Curve, fällt aus dem Endpunkte a eine Normale ao auf die gegenüberliegende Sehne cd und theilt letztere in eine ungerade Anzahl gleicher Theile (Zahl der Steine an der Stirnfläche). Die beste Theilung ist dann die, wenn ein solcher Theilungspunkt mit dem Durchschnitte der zur Sehne $Normalen$ ao zusammenfällt; häufig ist dies jedoch schwer zu erreichen und sucht man daher durch eine grössere (oder wohl auch geringere) Zahl von Theilen ein sehr nahes Zusammenrücken der beiden Punkte zu ermöglichen; dann giebt der, dem Punkt o zunächst liegende Theilpunkt p , den Fugenpunkt der Stirnfläche, welcher mit dem Punkte a zu verbinden ist, wodurch man in ap die Richtung der Lagerfugen erhält. Die übrigen Lagerfugen gehen durch die Theilpunkte parallel mit a . Die Stossfugen sind zu den Lagerfugen normale Linien, die nach einem angemessenen Fugenwechsel anzuordnen sind, jedoch so, dass die Steine an der Stirnfläche nicht zu kurz werden.

Um die Rückenlagerfuge zu erhalten, denkt man sich den innern Cylinder durch eine zu den Erzeugenden normale Ebene durch den Punkt a' geschnitten und ihn soweit verlängert, bis die verlängerte ap die gegenüberliegende Widerlagslinie bf in f schneidet und legt durch die so erhaltenen Punkte einen Cylinder mit dem Halbmesser der Rückenleibung. Die hiezu gehörigen Abwickelungen würde man also erhalten, wenn man die beiden innern Widerlagslinien ad und bc so weit verlängert, bis bc von ap in f getroffen wird, und aus diesem Punkte f eine Normale fe auf ad und aus a eine Normale ak auf bc zieht und ferner diese Normalen so weit verlängert, bis die Widerlagslinien BC und AD der äussern Abwicklung des schrägen Cylinders in F und E beziehungsweise A und K getroffen werden. Verbindet man dann den Punkt A mit F , so giebt dies die Richtung der äussern (Rücken-) Lagerfuge, welche der Linie ap entspricht. Zieht man von dem Durchschnitte der innern Lagerfugen mit einer der innern Widerlagslinien oder mit der innern Scheitellinie, Normale zu den zugehörigen äussern Widerlagslinien, beziehungsweise zu der äussern Scheitellinie (immer in der Abwicklung) und legt durch die so erhaltenen Schnittpunkte Parallele zur ersten Rückenlagerfuge, so erhält man auch die übrigen. Die Stossfugen erhält man, wenn man die Endpunkte der Stossfugen in der innern Abwicklung lm in die zugehörige Rückenlagerfuge LM projicirt. Aus diesen beiden Zeichnungen lassen sich nunmehr leicht die Projectionen der einzelnen Steine, also des ganzen Gewölbes in seiner Zusammensetzung bilden und sind sämtliche Fugen in Wirklichkeit Spirallinien.

Aus der Abwicklung der Rückenleibung ist zu ersehen, dass an der einen Seite des Widerlagers durch den Schnitt des schrägen Cylinders ein Stück $a'd'A'$, Fig. 185, Taf. XV, wegfällt und an der andern Seite ein genau so grosses Stück hinzugegeben wird. Ebenso ergibt sich weiter aus den beiden Abwickelungen, dass der Winkel v der innern Lagerfuge mit der innern Erzeugenden kleiner ist als der Winkel w der äussern Lagerfuge mit der äussern Erzeugenden und treffen auch die sämtlichen Lagerfugen die betreffenden Erzeugenden eines und desselben Mantels unter einem und demselben Winkel. Da ferner, die in der Abwicklung sich befindlichen Fugenlinien die Tangenten der wirklichen Spirallinien sind, so schliessen auch die krummen Linien, die Spiralen, mit den Erzeugenden an diesen Stellen den gleichen Winkel ein. Diesen Umstand, sowie die Differenz der beiden Winkel w und v benutzt man um die Grösse der Windschiefe der Fläche auf den Stein zu übertragen und den letztern herichten zu können und geschieht dies in folgender Weise:

Ist der Rücken des Gewölbes parallel zur innern Leibung, also das Gewölbe in allen Theilen gleich stark und hat man nur die Steine am Widerlager herzustellen, wie dies bei solchen Gewölben aus Backsteinen vorkommt, so beschreibt man über die Länge eines Steines ac Fig. 190, Taf. XVI, einen Halbkreis, trägt an den einen Endpunkt c den Winkel w an und zeichnet das Dreieck abc im Halbkreise, so erhält man in diesem Dreieck abc die Schablone für die innere Leibung. Trägt man an denselben Punkten c, f den Winkel w an, verlängert die vorhergezogene Höhe gb des Dreiecks bis der Schenkel fe in e getroffen wird und verbindet e mit a , d so ist das Dreieck fed die Schablone für den Rücken. Beide Schablonen sind in beziehungsweise auf die,

vorher, genau cylindrisch bearbeiteten Leibungen des Steines zu drücken und die Lager- und Stossfugen so herzustellen, dass ein normal gegen die Linien cb und fe , Figuren 189 und 190, Taf. XVI, fortgewegtes Richtscheit immerfort in Berührung mit den Punkten der Linien und den dazwischen liegenden Punkten der Fläche bleibt. Die Linien ad, cf , Fig. 189 und 190 sind normal zur Achse des schiefen Gewölbes, nur an den Stirnflächen nicht.

Alle übrigen Gewölbesteine, mag Länge und Stärke was immer für eine sein, werden nach Einer Methode bearbeitet und stellt man sich zu diesem Zwecke eine sogenannte „windschiefe Lehre“ her. Diese besteht aus zwei Brettstücken, von denen das eine die Form eines Rechtecks $abcd$, das andere die Form eines Trapezes $efkh$ Fig. 191, Taf. XVI hat, der Art, dass die Seiten $ke = bc = ad$ und $ef = ab = cd$ sind; die Seite fh erhält jedoch eine solche Länge, als die Differenz der Winkel $w - v$ es ergibt. In den auf eine horizontale Unterlage gelegten Stein werden nun in einer Entfernung gleich der Stärke des Gewölbes $R - r$ an der betreffenden Stelle zwei Falze (Schläge) der Art eingearbeitet, das wenn die beiden Bretter $abcd$ und $efkh$ vertikal in diese Schläge gesetzt werden, die Oberkanten ab und ef vollständig genau in Einer horizontalen Ebene liegen; das zwischen den beiden Schlägen sich befindliche Steinmaterial wird bis auf den Grund der Schläge so weggenommen, dass ein lm und on normal bewegtes Richtscheit mit den Schlägen und der dazwischen liegenden Fläche in fortwährender Berührung bleibt. Hiebei hat man darauf zu sehen, an welcher Stelle der tiefer liegende Punkt sich befinden muss. Zu diesem Zwecke dient folgende Betrachtung: Geht man zur Stirne eines solchen schiefen Gewölbes normal und muss man sich, um in die Richtung der Axe zu gelangen, nach rechts wenden, so hat man ein rechtshändiges, rechtsseitiges Gewölbe und steigt dann die Rückenlagerfuge von rechts nach links, Fig. 193; wendet man sich links, so hat man ein linkshändiges, linksseitiges Gewölbe, bei welchem die Rückenlagerfuge von links nach rechts steigt, Fig. 194. Bei erstern muss man das Brett so einsetzen, dass der Punkt m tiefer liegt, also h bei m und nicht h bei l ; bei letzterem umgekehrt.

In gleicher Weise wird die correspondirende Lagerfläche bearbeitet.

Um die wirkliche Krümmung der begrenzenden Spirallinie zu finden, die doch in ihrer ganzen Ausdehnung eine doppelt gekrümmte Linie ist, nimmt man, für die Praxis genügend genau, das Stück einer solchen Linie als einfach gekrümmt an, und findet dieselbe wie folgt: Man setzt ein rechtwinkliges Dreieck nop , Fig. 195, Taf. XVI aus den Stücken $n'p' = r$ und $n'o = n'o'$, Fig. 185 Taf. XV zusammen ($n'o$, Tangente der inneren Spirale), und beschreibt durch die zwei Endpunkte der Hypothenuse einen Halbkreis so weit bis die Linie np in ihrer Verlängerung in s getroffen wird; das Stück ns giebt den Halbmesser der Krümmung der innern Spirale. In gleicher Weise wird man leicht den Halbmesser der äussern (Rücken-) Spirale finden. Fig. 196, Taf. XVI. Dieser Bogen wird dann nach dem bezüglichen Halbmesser auf ein Bogenbrett übertragen und dasselbe Fig. 192, Taf. XVI, so an den Stein angelegt, dass der Punkt u mit n und o mit v zusammenfällt und die krumme Linie derart auf den Stein aufgerissen.

Der Krümmungshalbmesser der Leibung wird gefunden, indem man in n' Fig. 185, Taf. XV, eine Normale $n'q'$ zur $n'o'$ fällt, aus den Stücken nq Fig. 197, Taf. XVI, und $np = r$ ein rechtwinkliges Dreieck construirt, ($nq = n'q'np = n'p'$ Fig. 185, Taf. XV), durch die Punkte p und q einen Halbkreis legt, bis die Verlängerung in t getroffen wird; dann ist nt der verlangte Krümmungshalbmesser der Leibung, nach welchem eine Bogenschmiege angefertigt wird, um die Leibung richtig bearbeiten zu können. Hierauf nimmt man aus der Abwicklung die zum Steine gehörige Schablone und drückt dieselbe der Art ein, dass die Leibung von der Curve der Fuge genau begrenzt wird und bestimmt hierdurch die Stossfugen, welche richtig bearbeitet sind, wenn ein Richtscheit, parallel zu of fortbewegt, mit den dazwischenliegenden Punkten der Fläche und den Linien mo und fh , Fig. 192, Taf. XVI immerfort in Berührung bleibt.

Nach dieser Methode bearbeitet man die sämtlichen Steine eines solchen Gewölbes mit Ausnahme der Steine an der Stirnfläche;

die, weil sie von einer vertikalen Ebene geschnitten werden, noch besonders herzurichten sind, zuvor aber der erwähnten Bearbeitungsmethode unterliegen. Auch zeigt die Ansicht des schiefen Gewölbes, Fig. 188, Taf. XV, dass die Fugen beim Halbkreisbogen-Gewölbe in der Nähe der Widerlager nicht normal zur innern Leibung stehen würden, und hängt diese Abweichung mit der Neigung des Gewölbes zusammen. Volle Bögen werden auch aus dieser Ursache bei dieser Construction vermieden und lieber Kreissegmente angeordnet. Man nennt diese Construction die „Construction mit constantem Fugenwinkel“.

§ 14. Die Stichkappe.

Es tritt öfters der Fall ein, dass ein Tonnengewölbe durchbrochen und diese Durchbruchöffnung dann durch ein der kleinern Spannweite und Pfeilhöhe entsprechendes Tonnengewölbe überdeckt wird; man nennt dann dieses kleinere Gewölbe *Stichkappe*, *Gewölbeauge*, *Gewölbeohr*. Die Richtung dieser Stichkappe kann eine zur Achse des grössern Gewölbes winkelrechte oder geneigte sein, die Kämpferlinien beider Gewölbe können sich in einer Horizontalebene befinden oder die Kämpferlinien der Stichkappe liegen in einer gegen den Horizont geneigten Ebene, eine ansteigende Kappe, oder sie liegen in verschiedenen Höhen.

Der Steinschnitt beider sich durchdringenden Gewölbe ist der Art anzuordnen, dass in der Nähe der Durchdringung sich jedes Mal Steine befinden, die in beide Gewölbe zugleich eingreifen. Die Schichten in beiden Gewölben müssen daher diesem Zwecke entsprechend eingetheilt werden. Man erreicht dies auf dem Wege des Versuches, indem man die Normalbogen der beiden Gewölbe in eine bestimmte (ungerade) Zahl von gleichen Steinen theilt und untersucht, welche von diesen Theilungen der Bedingung gerecht wird, dass die Punkte, in welchen der Uebergang aus der horizontalen Lagerfuge in die der Gewölbefuge der Kappe hergestellt wird, der Art liegen, dass durch diese auch gleichzeitig die Stärke der Kappe sich bestimmt, wodurch die horizontale Schicht des grössern Tonnengewölbes zum Widerlager für das kleinere wird.

Ist diese Theilung gefunden, so ermittelt man die Durchdringungslinie in der Weise, dass man die Erzeugenden der einen Cylinderfläche mit den Erzeugenden der andern Cylinderfläche zum Durchschnitte bringt.

Hat man wie in Fig. 198—200, Taf. XVII, eine normale Stichkappe, mit in einer Horizontalebene liegenden Kämpfern, so wird die Zeichnung der Fugen der gemeinschaftlichen Steine durch eine zweite Vertikal- oder Horizontal-Projection leicht erreicht, nachdem man vorher die Form der Stirnfläche, die in dieser Projection bequem zu zeichnen ist, dargestellt hat.

Etwas schwieriger wird die Construction und die Ausführung, wenn nicht wie beim vorhergehenden Beispiele ein treppenförmiger, sondern ein nach einer Curve geformter Rücken angenommen wird. Fig. 206—208, Taf. XVIII. Man theilt wieder die Normalbogen der beiden Gewölbe in eine ungerade Anzahl gleicher Theile mit Berücksichtigung dass die Schichten des grössern Gewölbes als Widerlager für die kleinern zu dienen haben, und bestimmt hierauf die zweite Vertikal- oder Horizontal-Projection (Durchschnitt durch die Scheitellinie des grossen Tonnengewölbes), wodurch die in beide Gewölbe greifenden Steine leicht dargestellt werden können und sucht hierauf die Durchdringungslinie und ebenso die Projection der gebrochenen Lagerfugen. Die Steine des kleinen Gewölbes sollen keinen cylindrischen Rücken erhalten, und muss ein jeder solcher Stein eine Lagerfläche für das kleinere und eine solche im grössern Tonnengewölbe erhalten. Die Steine erhalten an dem äussern Mantel eine gekrümmte Lagerfuge. Die Lagerflächen werden gebrochen um ein Widerlager im grössern Tonnengewölbe und eine Verbindung mit demselben herzustellen.

Steht das kleinere Tonnengewölbe in schräger Richtung gegen die Achse des grössern Tonnengewölbes, eine steigende Kappe, so geht man in ähnlicher Weise vor, nur hat man bei der Zeichnung der Durchdringungslinie zuerst den Normalbogen des kleinern Gewölbes, auf welchem auch die Steineintheilung vorzunehmen ist, darzustellen. Auch hier hat man darauf zu sehen, dass die Steine

gegen eine Schicht im grössern Gewölbe sich stützen, daher auch hier die Lagerfugen gebrochen werden. Im Uebrigen wird die Zeichnung eben so durchgeführt, wie in den beiden vorangeführten Fällen.

Das Austragen der Steine ist für die Construction in Fig. 198 bis 200, in den Fig. 201—205, Taf. XVII, für die zweite Construction in den Fig. 208—213, Taf. XVIII, dargestellt. Fig. 214 zeigt die Leibungsschablone und die Brettungen des zweiten Beispiels.

§ 15. Das Klostergewölbe.

Durchdringen sich zwei Tonnengewölbe von congruenter Bogenform und zieht man von diesen sich durchdringenden Körpern nur jene Stücke in Betracht, die mit geraden Kämpferlinien sich an die Umfassungsmauern anschliessen (*Gewölbewangen*), so erhält man ein Klostergewölbe über einem quadratischen Grundriss. Bei gleicher Entstehungsweise kann jedoch der Grundriss auch eine beliebige andere (gewöhnlich regelmässige) Vielecksfigur sein. Die Durchschnittslinien der Wölbungsflächen heissen hier *Grate*, *Gräte*. Die sämtlichen Umfassungsmauern sind *Widerlagsmauern*.

Die Lager- und Stossfugen werden so angeordnet, wie bei dem Tonnengewölbe und müssen die einzelnen Schichten in den Wangen in gleicher Höhe sich befinden. Der Grat wird an einem Stein eingearbeitet, der jedesmal in zwei Gewölbewangen eingreift. Die Lagerfugen, die in einer Höhe sich befinden, bilden dem Grundriss ähnliche Figuren. Fig. 215—217, Taf. XIX.

Die Bearbeitung der sämtlichen Steine am Grate geschieht am Bequemsten aus dem Vollen. Man stellt zuerst ein Prisma mit den grössten Dimensionen des Steines her und drückt dann die Stirnschablonen so wie die untere Lagerschablone auf. Fig. 218—223, Taf. XIX. Die übrigen Steine werden ebenso wie die Steine eines geraden Tonnengewölbes zugerichtet. Die Leibung wird durch die Leibungsschablonen richtig hergestellt.

§ 16. Das Kreuzgewölbe.

Von den sich durchdringenden Tonnengewölben werden hier jene Theile, die beim Klostergewölbe weggelassen wurden, beibehalten, und die andern (Wangen) fortgelassen. Hierdurch wird die Stirnseite des Gewölbes sichtbar (wenn sie nicht durch eine Schildmauer geschlossen wird), ebenso fällt hier die horizontal fortlaufende gerade Kämpferlinie fort, und bilden dann die Ecken des Grundrisses die Widerlagsstellen, an welchen in der Regel Verstärkungen oder besondere Pfeiler, *Widerlagspfeiler*, angeordnet werden. Auch hier erhält man an der innern Leibung Gratlinien. Die Kämpfer können in einer oder mehreren Horizontalebene sich befinden und unterscheidet man hiernach gerade von steigenden Kreuzgewölben. Der Grundriss kann jede beliebige regelmässige oder unregelmässige Vielecksfigur sein.

Als Theile von Tonnengewölben wird der Steinschnitt in denselben ebenso angeordnet wie bei diesen. Die Lagerfugen parallel zur Achse, die Stossfugen normal hinzu; nur müssen auch hier die Gratlinien sich in einem Steine befinden, der in zwei zusammenstossende Kappen greift und müssen die Lagerfugen immer normal zur innern Leibung gestellt werden. Bei unregelmässigem Grundriss wird gewöhnlich die kleinste Spannweite mit dem Normalbogen versehen und die übrigen Bögen des Gewölbes hiernach vergattert.

Die Steine dieses Gewölbes können entweder aus dem Vollen oder auch durch Schablone und Winkelschmiege bearbeitet werden. Nach der ersten Bearbeitungsmethode stellt man wieder zuerst ein Parallelepiped mit den grössten Dimensionen her und trägt die beiden Stirnflächen auf, was entweder durch Stichmaass oder direkt durch die Schablone geschehen kann. Bei der zweiten Bearbeitungsart betrachtet man die beiden, den Theil der Gratlinie bildenden Flächen vorläufig als Ebenen und die Gratlinie als eine Gerade. Diese Ebenen sind gegen diese Linie geneigt und kann man daher den Neigungswinkel vermittelst der Schmiege auf das Werkstück übertragen, welches die grössten Dimensionen des herzustellenden Steines besitzen muss, wodurch man die Richtungslinien für die Flächen erhält. Die zur Bearbeitung der Leibungen und Stirnflächen nöthigen Schablonen sind leicht zu zeichnen.