



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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

Paradies, Julius

Hannover, 1873

Zweiter Abschnitt. Die Gewölbe.

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

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Gewölbe.

§. 10.

Wird ein Raum durch eine Steinconstruction überdeckt, in welcher die Elemente derselben derart aneinander gefügt sind, dass sie sich gegenseitig stützen, so entsteht hierdurch ein Gewölbe. Die Mauern, die zur Stütze der ganzen Construction dienen, nennt man Widerlager, und können diese in manchen Fällen (Brücken, Kreuzgewölbe und dergl.) auch Pfeiler, Widerlagspfeiler, sein. Wölbefläche, Leibungsfläche nennt man die innere, sichtbare, Rücken, Mantel die äussere, unsichtbare Gewölbefläche. Die sichtbare Querschnittsfläche eines Gewölbes heisst Gewölbestirn und Mauern, die an dieser Stelle den überwölbten Raum abschliessen, heissen Stirn- oder Schildmauern. Gewölbefuss ist der tiefste Theil des Gewölbes, er ruht auf der Gewölbesohle. Kämpferlinie ist der Durchschnitt der Gewölbesohle mit der Leibung und die Steine, die sich daselbst befinden, sind die Kämpfer, Anlaufsteine. Die in der höchsten Schicht sich befindlichen Steine heissen Schlusssteine. Gewölbeachsen hat ein Gewölbe so viele, als es Cylinder- oder Kegelflächen zur Leibung hat.

Der Steinschnitt der Gewölbe ist in solcher Weise zu bestimmen, dass die einzelnen Steine möglichst normal zur Richtung der Mittelkraft des Druckes sich befinden. Man kann jedoch die Masse bei einem Gewölbe derart vertheilen, dass die Mittellinie des Druckes ganz oder nahezu parallel zur innern Leibung sich befindet, und müssen daher die Steine normal gegen die innere Leibung gerichtet werden. Man nennt die zur inneren Leibung normalen Flächen der Steine Lagerflächen, und die zu diesen letztern normalen Flächen Stossflächen. (Die Durchschnitte der Lager- und Stossflächen mit der innern Leibung, Lagerfugen, beziehungsweise Stossfugen.) Die Lagerflächen sollen so viel als möglich nur Ebenen sein; sehr häufig muss man jedoch der Beschaffenheit des Gewölbes entsprechend, windschiefe oder auch Kegelflächen als solche anordnen.

§. 11. Tonnengewölbe.

Ist das Tonnengewölbe von einer zur Achse normalen Stirnfläche begrenzt, so erhält man ein gerades, ist hingegen die Begrenzung eine zu dieser geneigte, jedoch vertikale Ebene, so erhält man ein schiefes Tonnengewölbe.

Die innere Leibung eines solchen Gewölbes kann nach jeder beliebigen krummen Linie geformt sein, meistens ist sie jedoch ein Halbkreis, eine überhöhte oder gedrückte Ellipse (Korbogen), seltener eine Parabel oder eine Kettenlinie. Der Rücken desselben kann eine verschiedene Form erhalten:

1) Nach einer Linie parallel zur inneren Leibung Fig. 123, Taf. IX.

2) Der obere Theil wird von einem Bogen begrenzt, der untere hingegen wird bis auf eine Höhe von $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ der ganzen Gewölbehöhe durch eine vertikale Hintermauerung verstärkt. Fig. 124, Tafel IX.

3) Der obere Theil ist bis auf eine gewisse Breite geradlinig, das Uebrige jedoch, an den Seiten treppenförmig bearbeitet. Fig. 125, Tafel IX.

4) Der ganze Rücken des Gewölbes ist in allen Theilen treppenförmig hergestellt. Fig. 126, Taf. IX.

Die Form der Wölbsteine des Tonnengewölbes ist eine keilförmige, grösstentheils mit rechteckigem Grundriss und ist das beste Verhältniss der mittleren Breite zur Stärke wie 2:3 auch wohl 1:2, manches Mal auch sogar 1:3, welches letztere Verhältniss doch nur bei Gewölben anzuwenden ist, bei denen das Aeusserere derselben mit dem Uebrigen in Berührung kommt und dadurch in Einklang gebracht werden muss. Betreffs der Baukosten geht man im Innern von diesen Regeln ab und macht die Steine lieber breiter als stärker; doch dürfen die Gewölbe dann keine zu grossen Weiten haben.

Sehr häufig findet man auch die untersten Steine im Gewölbe bis auf eine Höhe von etwa 30—36° so bearbeitet, dass sie als Theile der Hintermauerung anzusehen sind, Fig. 127, Taf. IX. Man vermeide ferner Hakensteine, Fig. 127, weil die Haken so wie die Setzung des Gewölbes eintritt, sehr leicht abspringen können; auch vermeide man die Anordnung des Kämpfers, wie es Fig. 128, Taf. IX angiebt, man trachte vielmehr dem Unterlager eine bedeutende Höhe zu geben, so dass ein Abspringen einer Kante nicht zu befürchten ist. Fig. 129, Taf. IX.

Die weitere Ausführung des Steinschnittes gerader Tonnengewölbe, so wie die Verwechslung der Fugen ist aus den Fig. 130, 131, Taf. IX. zu entnehmen.

§. 12. Mauerbögen.

Reichen die Tonnengewölbe nur durch eine Mauer, ist also ihre Länge nicht grösser als die Mauerstärke und dienen dieselben dann zur Ueberdeckung einer Durchbrechung in der Mauer, so nennt man sie dann ausschliesslich Mauerbögen. Die Steine werden bei diesen Bautheilen so bearbeitet, dass der auf die Ueberdeckung wirkende Druck seitlich in das Mauerwerk übergeleitet wird; aus dieser Ursache erhalten die einzelnen Steine entweder gebrochene Lagerflächen (Hakensteine wie Fig. 127, Taf. IX in der Nähe des Kämpfers) oder was besser ist, man bearbeitet sie derart, dass an der Verbindungsstelle mit der Mauer scharfe Kanten (spitze Winkel) nicht entstehen. Ausserdem erhalten die Steine ebenso wie beim gewöhnlichen Tonnengewölbe die Keilform und gelten auch hier alle beim geraden Tonnengewölbe angeführten Sätze.

Der einfachste und gewöhnlichste Mauerbogen entsteht, wenn eine gerade Mauer von gleicher Stärke durchbrochen ist, ein gerader Mauerbogen, dessen Anordnung nach Fig. 130 und 131, Taf. IX (mit Ausschluss der Stossfugen, wegen der geringern Längendimension) erfolgt.

Verjüngt sich die Mauer nach der einen Seite hin, ist also dieselbe nicht gleich stark, so erhält man bei der Anlage eines Mauerbogens in einer solchen einen Mauerbogen mit ungleicher Mauerstärke, Fig. 132—134 Taf. IX. Bei der Bearbeitung dieser Steine wird zuerst das Lager des Anfängers und dann werden die hiezu winkelrechten Stirnflächen vorgerissen; hierauf legt man die Schablone der Stirnfläche an und bestimmt die obere Lagerfuge und die Krümmung des Bogens, wonach dieser Stein (der Anfänger) und in derselben Weise auch die übrigen angefertigt werden können. Die Schablonen sind aus Fig. 135, Taf. IX zu entnehmen. (Unter Brettung versteht man die Lagerschablone.)

Die Ueberdeckung einer Durchbrechung bei einer Mauer, die an der einen Seite geböschet, an der andern jedoch vertikal begrenzt ist, nennt man einen anlaufenden Bogen, Fig. 135—138, Taf. IX, zum Unterschiede von einem Bogen, der sich in einer geböschten Mauer befindet, die sich nach der einen Seite hin auch verjüngt und welcher dann ein anlaufender Bogen mit ungleicher Mauerstärke genannt wird. Fig. 140—142, Taf. X.

Benutzt man die Schablonen in Fig. 138, Taf. IX beziehungsweise in Fig. 143, Taf. X zur Bearbeitung, so wird zunächst das untere Lager genau bearbeitet und die normale Stirnfläche auf diesem Lager vorgerissen. Hiernach wird der Umfang der Stirnfläche vorgezeichnet und diese hergestellt. Die geböschte Stirnfläche erhält man dann, indem man entweder die Schmiege benutzt, um den Böschungswinkel anzutragen, oder man überträgt die Längen der obern Lagerfugen, wodurch sich dann ebenfalls die Abschrägung herstellen lässt.

Wird ein Mauerbogen an einer Stelle angelegt, wo zwei von lothrechten Ebenen begrenzte Mauern in einer scharfen Kante sich schneiden, so erhält man den geraden Bogen auf einer Ecke, Fig. 144—146, Taf. X; sind jedoch beide sich schneidende Mauern an der einen Seite geböschet, und es wird an gleicher Stelle ein Bogen angebracht, so nennt man diesen dann einen anlaufenden Bogen auf einer Ecke, Fig. 148—151, Taf. X. Zur Bearbeitung dienen (nach der Abbreitungs-Methode) für den ersten Bogen die niedergelegten Stirnschablonen sowie die Leibungs- und Lagerschablonen (Verstreckung und Brettung) Fig. 147, Taf. X; für

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 herzustellen den 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 rechtshandiges, rechtsseitiges Gewölbe und steigt dann die Rückenlagerfuge von rechts nach links, Fig. 193; wendet man sich links, so hat man ein linkshandiges, 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 dazwischen liegenden 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.

Ganz in ähnlicher Weise würde die Anordnung eines Kreuzgewölbes zu treffen sein, bei dem noch Gurtbogen an der Stirnseite angebracht werden. Die Steine an der Gewölbekrone sind dann mit den Steinen des Gurtbogens in Verband zu bringen, um dem Gewölbe eine grössere Dauerhaftigkeit zu geben. Auch werden die einzelnen Projectionen desselben nach dem Vorhergehenden leicht zu finden sein. Das Antragen der einzelnen Steine, die Bearbeitung derselben, die Zeichnung der zugehörigen Schablonen ist ebenfalls aus dem über das einfache Kreuzgewölbe klar und deutlich und ist hiefür ein Beispiel in den Fig. 224—233 auf Taf. XX und Fig. 234 auf Taf. XIX gegeben.

Ordnet man das Kreuzgewölbe der Art an, dass nur einzelne in demselben sich befindliche Bögen, die besonders hervortreten, die tragenden Theile sind, nicht aber das ganze Gewölbe, so entsteht dadurch die Form des gerippten Kreuzgewölbes, und nennt man die vorspringenden Gurte auch Rippen. Die sämtlichen Rippen, die sich an der Stelle der Gurtbögen und der Grate befinden, reichen vom Widerlager, Kämpfer bis zum Schluss, wo sie in einem einzigen Stein, dem Schlussstein, sich treffen, der gewöhnlich eine Oeffnung oder eine Rosette, oder ein sonstiges Ornament erhält. Die Rippen, als eigentliche Träger der ganzen Construction, werden dann stärker als die dazwischen liegenden, bloss eine Decke bildenden Theile des Gewölbes; ausserdem werden auch die Rippen sowohl, wie der Schlussstein gegliedert. Befindet sich der höchste Punkt des Gewölbes in gleicher Höhe mit dem höchsten Punkte des Gurtbogens, so erhält man eine horizontale, sonst aber eine gekrümmte (buseförmige) First oder Scheitellinie. Solche Gewölbe sind in der Regel nur in Spitzbogenform ausgeführt und heissen vorzugsweise auch gothische Kreuzgewölbe zum Unterschiede von den vorher besprochenen römischen.

Auch hier wird ein Normalbogen angenommen, nach welchem dann mit Berücksichtigung der Höhe und Form der Firstlinie die übrigen Bögen zu vergattern sind. Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass die Anfänge der verschiedenen Bögen aus Einem Stück zu bearbeiten sind, erfolgt die Anordnung des Fugenschnittes, des Grund-Aufrisses und Querschnittes, sowie die Zeichnung und Bearbeitung der Steine ganz nach denselben Grundsätzen wie beim römischen Kreuzgewölbe.

Wird der Grundriss des gothischen Kreuzgewölbes durch mehrere symmetrisch gelegte Linien in kleinere Figuren der Art zerlegt, dass sich die Sternform ergibt, so erhält man dadurch das Sterngewölbe. Die eingeschobenen Linien geben den Ort der noch einzulegenden Rippen (Zwischenrippen, Lirnen) an. Abgesehen von den verschiedenen Constructionssystemen, bezüglich der Form der einzelnen Bögen, der Höhen der Kämpfer, der Form der Firstlinie u. s. w., bleibt die Anordnung der Steine in den Rippen dieselbe, wie beim gothischen Kreuzgewölbe; es wird daher auch nicht schwierig, die Bearbeitung und Ausführung der einzelnen Steine, sowie der Träger des Gewölbes anzuordnen. Ein Beispiel für die allgemeine Anordnung ist in den Fig. 235 und 236, Taf. XXI und Fig. 237, Taf. XXII gegeben.

§. 17. Das Kuppelgewölbe.

Bei der Entstehung dieser Art von Gewölben denkt man sich einen Viertelkreis, ein Viertel Ellipse (gedrückt oder überhöht) u. dgl. um eine vertikale Achse so lange gedreht, bis die krumme Linie ihre ursprüngliche Lage wieder einnimmt. Jeder Horizontalschnitt erzeugt einen Kreis, der Vertikalschnitt eine der Umdrehungsfigur ähnliche Linie.

Die allgemeine Anordnung der Steine bei diesen Gewölben ist, dieselben in ringförmigen Schichten so zu legen, dass die unterhalb sich befindlichen gewissermassen den oberen Widerlager dienen, man erhält hierdurch Parallelkreise von verschiedenen Halbmessern als Lagerfugen, während die Stossfugen in Ebenen liegen, die normal gegen das betreffende Stück der krummen Fläche gefahrt, also bei dem eigentlichen Kuppelgewölbe Theile grösster Kugelkreise sind. Hiernach wären daher die in Fig. 240, Taf. XXII gezeichneten Geraden die Lagerfugen, die in der Horizontal-Projection, Fig. 238, sich als Kreise ergeben, während die Stossfugen in der Horizontal-Projection durch radiale Linien dargestellt werden, die in den Durchschnitten mit den Kreisen Punkte zur Darstellung der Vertikal-Projection, Fig. 239, derselben ergeben, welche hier als elliptische Linie sich projectiren, in der Wirklichkeit jedoch Theile von grössten Kugelkreisen sind. Selbstverständlich wird zuerst die Eintheilung der Schichten in der Vertikalprojection an dem Normalbogen vorgenommen und hierauf die Vertheilung der Stossfugen nach einem angemessenen Fugenschnitt mit Berücksichtigung eines stetigen Fugenwechsels.

Die Steine werden nach den Schablonen bearbeitet, wozu die Schablone der Stossfuge, die Schablone der Lagerfuge und die der Leibung erforderlich sind und leicht ermittelt werden können. Siehe Fig. 241—244, Taf. XXI.

§. 18. Der Nischenbogen.

Der kugelförmige Abschluss, der zur Ueberdeckung eines in einer Mauer sich befindlichen cylindrischen Ausschnittes verwandt wird, heisst Nischenbogen. Die Schichten in demselben sind geneigt und laufen radial nach dem Mittelpunkt der Viertelkugel. Die Lagerfugen schneiden daher die Kugelfläche in Theilen von grössten Kreisen; die Stossflächen hingegen in Kreisen parallel zur äusseren Stirnfläche. Die sämtlichen Lagerfugen stossen auf einen im Mittelpunkte und dessen Umgebung sich befindlichen (theils kegel-, theils cylinderförmig) gearbeiteten Stein, dem Kern, Auge des Bogens. Fig. 245—247, Taf. XXIII.

Bei kleinern Nischenbögen lässt man nur die Stossfugen wechseln, um einen Verband herzustellen. Bei grössern jedoch, wo zu leicht keilförmige Steine in der Nähe des Kernes entstehen könnten, bringt man einen Wechsel sowohl bei den Lager- als auch bei den Stossfugen an. Fig. 248, Taf. XXIII.

Die zur Bearbeitung der Steine nöthigen Brettungen, die in einfacher Weise gefunden werden, sowie die Durchführung des Grundrisses, Aufrisses, Querschnittes sind aus den Zeichnungen zu ersehen.

DRITTER ABSCHNITT.

Die Bögen.

§. 19. Der Kernbogen.

Bei Thor-, Thür- und Fensteröffnungen werden die Mauerbögen in der Regel nicht auf die ganze Stärke der Mauer derart durchgeführt, dass die innere Leibungsfläche eine Cylinderfläche von gleichem Durchmesser bildet, sondern dieselbe wird nur nach Ausen vom Anschluss des Thor-, Thür- oder Fensterflügels so geformt, der nach Innen zu reichende Theil derselben wird jedoch in der Weise erweitert, dass die Flügel geöffnet werden können, wo möglich ohne den Mauerbogen zu berühren. Man nennt solche Bögen mit Leibungsflächen, die nicht aus einer einzigen Art von Flächen bestehen, und die unter einander auch nicht in Zusammenhang gebracht werden können, Kernbögen.

Die Verschiedenheit in den Anordnungen richtet sich nach der Annahme der Form der einzelnen Bogenlinien für die Theile des Kernbogens. Einige Beispiele werden zur Erläuterung hinreichen.

1. Beispiel, Fig. 252—254, Taf. XXIII. Der Sturz sei ein cylindrischer Segmentbogen und die Ueberdeckung der sich nach Innen erweiternden Bogenfläche eine kegelförmige Fläche. Der Kernbogen selbst ist ebenfalls nach einem Kreissegment angeordnet. Will man die Spitze des gedachten Kegels zeichnen, um danach die Horizontalprojection der Bogenfugen construiren zu können (da die sämtlichen Fugen in diesem Punkt sich schneiden), so zeichnet man den Viertelkegel, entweder direkt in der horizontalen Bildebene, oder in der zweiten Vertikal-Projection. Man lege am Kämpfer immer einen Stein der Art, dass er sowohl in den Bögen, als auch in die Mauer greift.

Die Leibungsschablonen werden sehr leicht gefunden, ebenso sind auch die Brettungen, die alle unter einander gleich sind, in der Horizontal- oder zweiten Vertikal-Projection gegeben.

Die Construction bleibt auch dieselbe, wenn anstatt concentrischer Segmente concentrische volle Bögen angenommen werden, nur ist dann das Aufsuchen der Kegelspitze, zur bequemeren Zeichnung, nicht mehr nöthig, da diese schon durch den Durchschnitt der Horizontal-Projection der Fensternischen sich bestimmt, was bei Segmenten nicht der Fall ist, da sich diese Projectionen dann früher als in der Kegelspitze treffen.

Bei derart angelegten Kernbögen ist es jedoch nicht möglich, die Flügel vollkommen zu öffnen und ist man in solchem Falle gezwungen, den oberen Theil (Spiegel) bis auf eine bestimmte Tiefe unbeweglich anzuordnen. Für den Fall jedoch, dass man auch diesen um eine vertikale Achse bis zum Anschluss an die innere Nische drehbar machen will, muss man die Wandung der Nische noch nach oben hin fortsetzen und die Form derselben an ihrem oberen Abschluss nach der oberen Form des Flügels gestalten. Für einen solchen Fall diene das

2. Beispiel, Fig. 255—261, Taf. XXIV, bei welchem ein Kernbogen mit halbkreisförmigem Kern und beweglichem Spiegel anzulegen ist. Wird durch die Schlusssteinmitte eine vertikale Ebene normal zu beiden Bildebenen gelegt, so soll deren Durchschnitt mit der Leibung des sich nach Innen erweiternden Bogenstoffs eine gerade Linie sein, welche gegen die Horizontale unter demselben Winkel v geneigt ist, als die Horizontal-Projection der Nischenwand gegen die Vertikale. Jeder Durchschnitt einer zur vertikalen Bildebene parallelen Ebene mit der sich erweiternden Bogenleibung soll eine Kreissegment-Linie ergeben, die durch drei bereits vorhandene Punkte bestimmt ist, und zwar liegt je einer dieser Punkte in dem Durchschnitte des Spiegels mit der Bogenleibung, der dritte in der geneigten Scheitellinie.