



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

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

Paradies, Julius

Hannover, 1873

Die Lehre Vom Steinschnitte.

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



DIE LEHRE VOM STEINSCHNITTE.

§. 1. Einleitung.

Die Lehre vom Steinschnitte ist der Inbegriff der Grundsätze und Regeln der Erfahrung wie der Theorie, nach denen eine gegebene Bauform in mässig grosse Steine der Art zerlegt werden kann, dass diese bei ihrer Zusammensetzung den möglichst grössten Widerstand leisten und bildet in Folge dessen der Steinschnitt einen Theil der Lehre von den Steinconstructions und zwar nur von denjenigen Bauwerken, welche aus künstlich behauenen Steinen, Schnittsteinen aufgeführt werden.

Die wesentlichsten, hier zu behandelnden Constructions sind:

1) Die Mauern, 2) die Decken (Bögen, Gewölbe), 3) die Thür- und Fensteröffnungen und 4) die Treppen.

ERSTER ABSCHNITT.

Die Mauern.

§. 2. Allgemeine Regeln des Verbandes.

Die Steine erhalten nach ihrer Lage in der Mauer verschiedene Namen. Man hat z. B. in einer horizontalen Mauerschicht Binder, Läufer; ein Binder, der durch die ganze Mauer greift, ist ein Ankerstein.

Die Flächen, in welchen zwei über einander liegende Steinschichten sich berühren, heissen Lagerflächen, deren Grenzen Lagerfugen; die Flächen, in welchen neben einander liegende Steine sich begegnen und gegen die Lagerflächen womöglich normal zu führen sind, Stossflächen, und deren Grenzen Stossfugen.

Als Hauptregel für den Steinverband gilt, die Steine nach der Länge sowohl, wie nach der Breite so zu verlegen, dass die Fugen gehörig wechseln und die Stossflächen zweier unmittelbar übereinander liegender Schichten nicht in Einer Ebene liegen.

Die Dimensionen der Steine sind von verschiedenen Umständen abhängig; doch hat man für Steine von mittlerer Härte und Festigkeit das Verhältniss der Höhe zur Breite wie 1 : 1 1/2 bis 2, der Höhe zur Länge wie 1 : 2 bis 3. Sehr harten und festen Steinen, deren Dicke grösser als etwa 0,3 m. beträgt, giebt man ein Verhältniss der Höhe zur Länge wie 1 : 4 und der Höhe zur Breite wie 1 : 2 bis 3.

In Rücksicht auf die Art der Zusammensetzung der Steine ist die Form einer Mauer massgebend und macht man daher folgende Eintheilung derselben, die sich hauptsächlich nach ihren Begrenzungen richtet:

1) Verticale gerade, 2) geböschte, 3) windschiefe, 4) cylindrische und 5) kegelförmige Mauern.

Als weitere Regel bei sämtlichen Mauern hat man, dass die Steine so zu bearbeiten sind, dass die Richtung des Druckes normal zur Lagerfläche wirken kann und sind alle scharfen Kanten so viel als möglich zu umgehen.

§. 3. Gerade Mauern.

Die Steinverbände, welche die alten Griechen und Römer zur Anwendung brachten, sind die nachfolgenden:

1) Das regelmässige Quadermauerwerk (Isodomum); ein Mauerwerk dem unserer Backsteinmauern ähnlich, indem die Steine alle gleich lang und gleich hoch bearbeitet waren; doch findet man zuweilen in einer und derselben Schicht Binder und Läufer abwechselnd.

2) Das Mauerwerk mit ungleichen Schichten (Pseudoisodomum). Bei abwechselnd niedern und höhern Schichten sind die Steine in einer Schicht alle gleich hoch. Fig. 1, Tafel I.

3) Das Füllmauerwerk (Emplecton). Die Aussenseiten dieser Mauern sind aus gut bearbeiteten Werkstücken ausgeführt, die Steine reichen mit ihrer Stärke nicht durch die ganze Mauer und ist das Innere durch Bruchsteinmauerwerk oder eine ähnliche Masse ausgefüllt und dienen zur Verbindung der Aussenseiten durchgehende Ankersteine. Fig. 2, Tafel I.

4) Das Mauerwerk mit unbestimmten Fugen (opus incertum nach Vitruv), wohl das älteste Mauerwerk, wurde aus unregelmässigen, jedoch sorgfältig in Verband gebrachten Steinen kleinerer und grösserer Dimensionen hergestellt. Fig. 3, Tafel I.

5) Das netzförmige Mauerwerk (opus reticulatum), ein Mauerwerk, das aus würfelförmig bearbeiteten Steinblöcken hergestellt wurde, wobei die Steine so in der Mauer stehen, dass die Diagonale eines Quadrates sich lothrecht befindet. Fig. 4, Tafel I.

Die letztern Mauerarten erhielten zur Sicherung gegen Abgleiten Eckverkleidungen durch horizontale Steine und in gewissen Höhen durchgehende horizontale Schichten.

In der neueren Zeit wendet man jedoch folgende Verbände an, als:

1) Man bearbeitet die Steine in einem Grössenverhältnisse ähnlich dem der Backsteine (Höhe: Breite: Länge = 1 : 2 : 4) und stellt dann die Mauern im Block- oder Kreuzverband her.

2) Sind die Mauern nicht sehr stark, so erhalten die Quadern bei gleicher oder ungleicher Länge eine solche Breite, dass diese der Mauerstärke gleich ist und sieht man nur dabei auf einen richtigen Fugenwechsel. Fig. 5, Tafel I.

3) Für stärkere Mauern macht man die Steinbreite gleich der halben Mauerstärke und wechselt mit den Schichten (Läufer- und Binderschichten) so, dass die Fugen gedeckt werden. Fig. 6, Tafel I.

4) Man kann auch in jeder Schicht mit Läufern und Bindern wechseln, wobei die Steinbreite nicht gleich der halben Mauerstärke sein muss. Fig. 7, Tafel I.

5) Sind die Mauern noch stärker, so erhalten die Steine eine Breite gleich 1/3 der Mauerstärke und wechselt man dann bei gedeckten Fugen mit Läufer- und Binderschichten ab (ähnlich wie unter 3).

Ausserdem kann man auch diesen Mauern in ihrer äussern Gestalt verschiedene Formen durch die Verbindung der einzelnen Steine und Schichten geben. Fig. 8—15, Tafel I.

Sehr vorthellhaft für die Stabilität der Mauern ist es, wenn sowohl die einzelnen Steine in einer Schicht (nebeneinander liegende), sowie die Schichten (übereinander liegende Steine) untereinander noch durch Metall (Eisen, besser Kupfer oder Bronze oder auch nur Stein) verbunden werden; indem der hier angewendete Mörtel bloss eine Vergrösserung der Reibung, jedoch keine mechanische oder gar chemische Verbindung mit den Steinen erzielen kann. Man erreicht dies bei Steinen in Einer Schicht durch Klammern Fig. 16, Tafel I oder schwalbenschwanzförmige Platten Fig. 17, Tafel I; bei übereinander liegenden Steinen jedoch durch Döbbel von 0,03 m. bis 0,06 m. Durchmesser und 0,08 m. bis 0,12 m. Länge Fig. 18, Tafel I oder auch durch Steinprismen Fig. 19, Tafel II. Es ist ferner auch zu empfehlen, die einzelnen nebeneinander liegenden Steine durch künstliche Einschnitte von 0,02 m. bis 0,04 m. Tiefe in einander greifen zu lassen; jedoch muss die Bearbeitung der Art immer sein, dass keine scharfen Kanten, spitze Winkel entstehen. Auch pflegt man wohl zuweilen über einander liegende Steine mit ähnlicher Hakenform zu versehen. Beides geschieht am häufigsten dann, wenn ein seitlich wirkender Druck die Schichten oder einzelne Steine verschieben könnte, in andern Fällen genügt der einfache Verband. Anordnungen hierfür geben die Fig. 20—24, Tafel II, und 87—92, Tafel IV.

Verwendet man Quadern zum Verkleidemaerwerk, so muss man darauf sehen, dass die Steine zunächst wie bei andern Mauern aus Schnittsteinen vollkommen horizontal und eben hergestellt werden (weder concav noch convex); ferner wende man dünne Quaderschichten an, gebe dem innern Mauerwerk einen dünnern Mörtel als dem verkleidenden und führe die Mauern langsamer auf, damit eine gleichförmige Setzung stattfinden kann.

Vorteilhaft kann man bei Mauern, die nur ihrem eigenen Verticaldrucke (keinem seitlichen Drucke) unterworfen sind, statt des Mörtels Bleiplatten anwenden, welche zwischen je zwei Schichten zu legen sind; doch müssen die Steine nicht vollständig glatt, sondern rauh bearbeitet sein. Bei regelrecht gearbeiteten Paralleloipeden dürfen die Fugen bei dünnflüssigem Mörtel nicht grösser als 0,002 m. bis 0,004 m. sein.

Weitere Schwierigkeiten treten bei den Verbindungen an den Ecken ein, wo Umfassungsmauern unter einander sowohl, wie mit den Scheidemaern zusammenstossen und geben die Fig. 25—27, Tafel I, und Fig. 28, 29, Taf. II, Beispiele für die Anordnung derselben ohne besondern Steinschnitt, während die Fig. 30—37, Tafel II, Abzweigungen von Mauern darstellen, wobei zum Theil besondere Steine herzurichten sind, die von einer Mauer in die andere übergreifen, um dadurch den Verband zu erreichen.

Die Flächen der Steine können ein verschiedenes Aussehen erhalten und richtet sich dies nach der Bearbeitung. So können dieselben sein: gespitzt (Bearbeitung mit dem Spitzisen oder mit der Zweispitze), gekrönet (Bearbeitung mit dem Kröneisen), einfach scharirt, gut scharirt und aufgeschlagen, geschliffen u. s. w.

Man scharirt eine Fläche, indem der Stein zuerst gespitzt, dann mit dem Kröneisen in zu einander parallelen Richtungen bearbeitet wird, so zwar, dass das Kröneisen gegen den Stein geneigt gehalten wird und die Schläge dicht nebeneinander liegen. Gewöhnlich wird der Stein dann nochmals überarbeitet. Hierauf wird das Scharrireisen angewendet, indem die Fläche mit demselben 1—2mal scharirt wird. Während die Schläge des erstmaligen Scharrirens einen Winkel von 45° bis 46° etwa mit der Grund- oder Seitenkante bilden, laufen die Schläge der zweiten Bearbeitung mit einer von diesen Kanten parallel. Um ein genaues Einhalten der parallelen Richtungen zu ermöglichen, zieht der Arbeiter auf der Fläche in Entfernungen von etwa 0,15 m. bis 0,20 m. Linien parallel untereinander. Bilden sämtliche Schläge zusammenhängende Streifen, so spricht man von einer aufgeschlagenen scharirten Fläche.

Sollen die Flächen geschliffen werden, so stellt man zunächst ganz glatte Flächen her und schleift dieselben dann mit Sand und Sandsteinstücken, und kann dies entweder durch Menschen, Wasser oder Dampfkraft erfolgen. Der Art hergestellte Flächen verdienen den Vorzug jeder andern Bearbeitungsmethode gegenüber.

Um die Steine einer geraden Mauer zu bearbeiten, wählt man zunächst ein Werkstück mit um etwas grössere Dimensionen als der herzustellende Quader erfordert, und legt (bänkt ihn auf) ihn so, dass sein natürliches Lager (Lager im Bruche) sich oben befindet und bearbeitet dies eben. Um die übrigen an den Stein herzustellenden Ebenen der Paralleloipeds zu erhalten, wählt man den Satz der Geometrie, nach welchem 2 parallele Gerade oder 2 sich schneidende Gerade eine Ebene bestimmen.

Die erste Methode (Bearbeitung der Fläche nach Schlägen) besteht darin, dass man an der einen Kante des Steines eine Gerade vorreiss, hieran einen Schlag arbeitet, der mittelst des Richtscheites geebnet wird; an diesen geebneten Theil wird sodann ein Richtscheit angelegt und in der an der Seite sich befindlichen Ebene eine Gerade der Art gezogen, dass sie mit der ersten sich in einer Ebene befindet, dieser aber gegenüberliegt. Man überzeugt sich hiervon durch das Anlegen eines Richtscheites auch an diese Kante; es müssen dann nämlich die Unterkanten der Liniale bei gleicher Breite derselben, besser die Oberkanten sich vollständig decken, nicht aber kreuzen. Auch an diese Linie wird ein Schlag gearbeitet, der ebenso wie der erste vollständig mit Hilfe des Richtscheites geebnet werden muss und verbindet dann diese beiden Schläge durch einen dritten, der am bequemsten längs einer der andern Kanten des Steines geführt

werden kann. Soll untersucht werden, ob die hergestellte Fläche eine Ebene ist, so müssen die sämtlichen Punkte der Fläche von den Punkten des normal zu den Schlägen bewegten Richtscheites berührt werden.

Bei grössern Flächen bedient man sich der zweiten Methode (Bearbeitung des Steines aus dem Lager). Es werden längs der Kanten der Fläche Schläge gemacht und die Fläche durch weitere zwei rechtwinkelig zu einander sich befindliche Schläge in 4 Theile getheilt und hierauf jedes Stück der Fläche einzeln hergestellt. In derselben Weise werden die sämtlichen Flächen des Steines bearbeitet, indem die an den Seiten sich befindlichen Ebenen aus dem fertigen natürlichen Lager gewinkelt werden; zum Schlusse wird erst das obere Lager hergestellt. Das Herabwinkeln der Flächen geschieht nach bekannten Sätzen der Geometrie.

Zur Zusammenfügung der Steine zu einer Mauer bedarf man in der Regel nicht eines sogenannten Musterrisses. Für den Fall, dass die beiden zur Darstellung der Mauer notwendigen Projectionen Grundriss und Aufriss, nicht hinreichen, bedient man sich noch einer weitem Hilfsprojection, die normal zur ersten oder zur zweiten oder zu beiden Bildebenen gestellt werden muss, je nach Erforderniss. Zur Darstellung der einzelnen Steine, um dieselben danach bearbeiten zu können, bedient man sich einer schrägen Parallell-Projection, der sogenannten Cavalier-Perspective (Isometrie), und zwar der Art, dass die Bearbeitung der einzelnen Steine nicht nur, sondern auch gleichzeitig das bei derselben erforderliche Prisma, aus welchem etwa der Stein herzustellen ist, sowie ferner die einzelnen Dimensionen der Abschrägungen mit Leichtigkeit und Genauigkeit entnommen werden können.

§ 4. Geböschte Mauern.

Man versteht unter Böschungsfäche, geböschte Fläche, Anlauf, die geneigte Begrenzungsfläche einer Mauer, und unter Böschungswinkel den Winkel, den dieselbe mit einer Vertikalen einschliesst. In der Praxis wird dies durch eine Verhältnisszahl ausgedrückt, in welcher der Zähler die Einheit, der Nenner aber eine Zahl ist, welche angiebt, wie oft die horizontale Kathete des Böschungsdreiecks in der Vertikalen enthalten ist.

Die geböschten Mauern können hauptsächlich sein:

- 1) Flügelmaern, 2) Stütz- und Futtermaern.

Dämme, welche recht- oder schiefwinkelig gegen deren Achse durchschnitten sind, werden durch Flügelmaern gestützt, hingegen dienen Stütz- und Futtermaern dazu, Erdmassen vor Abrutschen zu sichern, welche ihre natürliche Böschung nicht erhalten können oder sollen, und schützen Stützmaern natürliches Erdreich gegen Abgleiten Fig. 38, Tafel V, während Futtermaern künstlich aufgeführtes Erdreich zu stützen und vor Abrutschen zu bewahren haben. Fig. 39, Tafel V.

§ 5. Flügelmaern.

Die von Ebenen begrenzten Flügelmaern können sein:

- 1) Normale senkrechte Flügel. Die Horizontal-Projection derselben ist normal gegen die Dammachse gerichtet, die Begrenzungswände normal. Fig. 40, Tafel III.
- 2) Schiefe Flügel mit senkrechten Wänden. Die Horizontal-Projection steht geneigt gegen die Dammachse, die Wände noch immer normal. Fig. 41, Tafel III.
- 3) Schiefe Flügel mit geneigten Wänden. Die Horizontal-Projection ist gegen die Dammachse geneigt und die Wände sind gebösch. Fig. 42, Tafel III.

Ausser den allgemeinen Regeln des Steinverbandes der Mauern, bei welchen der Druck vertikal wirkt, also die Lagerflächen horizontal, die Stossflächen vertikal sein müssen, hat man hier noch für die schiefwinkelige Begrenzung besondere Bearbeitungen einzelner Steine nöthig.

1. Normale senkrechte Flügel.

Durch die Anwendung horizontaler Schichten entstehen an der geböschten Fläche scharfe Kanten, die, für den Fall, als die Abweichung von der Vertikalen 15° nicht überschreitet, beibehalten werden können. Eine Regel, die bei sämtlichen Constructionen beobachtet wird. Ist jedoch dieser Winkel grösser als 15° , so führt man in der Nähe der Böschungsfäche die Lagerflächen derart, dass sie in einer Entfernung von etwa 0,12 m. bis 0,15 m. von der Böschungsfäche eine zur letztern winkelrechte Stellung erhalten. Man entnimmt diese Anordnung aus der 2. Vertikal-Projection oder aus der 2. Horizontal-Projection und ist die Bildebene jedes Mal so aufzustellen, dass sie eine zu beiden Hauptprojections-Ebenen normale Stellung erhält. Fig. 43—45, Tafel III.

2. Schiefe Flügel mit senkrechten Wänden.

Um hier überhaupt ein Bild für die Anordnung zu erhalten, legt man, wegen der geneigten Stellung der Mauer gegen die Vertikale, die eine der vertikalen Wände in die horizontale oder vertikale Projectionsebene um, wodurch man den Neigungswinkel der Böschungsfäche gegen eine Vertikale erhält. Man gelangt hierzu, indem man ein Dreieck verzeichnet, in welchem die Horizontal-Projection der lothrechten Fläche $a'b'$ Fig. 48, Tafel III die Grundlinie, die Höhe $c'd'$ Fig. 49, Tafel III des Flügels die Höhe des Dreiecks ist. Diese Projection $a'b'd'$ wird ebenso behandelt wie bei dem vorhergehenden Flügel die 3. Projection, und wird die Anordnung der Steine in diesem Risse vorgenommen, ebenfalls mit Berücksichtigung der Grösse des Böschungswinkels. Die Stossfugen sind Linien normal zur Linie $a'b'$ in der 3. Projection. Fig. 48—50, Taf. III.

3. Schiefe Flügel mit geneigten Wänden.

Sämtliche Wände dieser Art von Flügeln haben einen Anlauf und zwar ist jener der parallelen Flächen in der Regel ein ganz geringer und kleiner als der der Flügelböschung. Um nun hier die Anordnung der Schichten und Stossfugen vornehmen zu können, ist ebenfalls eine Umlegung nötig, die man, wie folgt, erhält: Man construirt ein rechtwinkeliges Dreieck $a'bb'$ Fig. 53, Tafel III aus den Stücken $a'b'$ Fig. 53 und $a'b''$ Fig. 54; die Hypothenuse $b'b'$ ist die Höhe der parallelen Flügelwand, welche mit der Horizontal-Projection cd derselben, als Grundlinie, zu einem Dreiecke zusammengesetzt wird. In dieses so erhaltene Dreieck $cd b'$ werden die Schichten eingezeichnet, deren Höhe sich aus dem Dreieck $a'b'b'$ auf die Hypothenuse $b'b'$ bezogen, bestimmen. Die Stossfugen sind normal zu den in dieser Hilfsprojection sich befindlichen Schichtenlinien. Aus dieser Projection werden nun auch die einzelnen Linien und Punkte in die Horizontal- und Vertikal-Projection projicirt und in dieser ist auch die Abweichung der Mauer gegen die Vertikale zu entnehmen, wobei ebenso zu verfahren ist, wie in den vorhergehenden Fällen. Fig. 53—55, Tafel III.

Bei den untersten Steinen in allen Flügeln werden entweder die spitzen Winkeln (scharfe Kanten) dadurch vermieden, dass man dieselben durch lothrechte Ebenen abschneidet, oder man denkt sich aus dem tiefsten Punkt der Böschungslinie eine Vertikalebene gelegt, so weit, bis sie von der ersten Schichtenlinie getroffen wird, und führt von da aus die Begrenzung gegen die gebrochene Lagerfläche durch eine sehr flach geneigte Ebene über. Fig. 45, 48, 53, Tafel III.

Zur Herstellung der Steine dieser Art von Mauern bedient man sich bei dem normalen Flügel der zweiten Vertikal-Projection, beim schiefen Flügel mit normalen sowohl wie mit schrägen Wänden der ersten Projection und können diese Darstellungen als Musterrisse für die Mauer und die einzelnen Steine betrachtet werden. Man zeichnet zu diesem Zwecke diese Projection entweder auf eine vollständig ebene und glatte Mauer oder auf einen besonders zu diesem Zwecke gearbeiteten, gut gehobelten und gefügten Bretterboden oder auch auf einen eben hergestellten Gypsboden in natürlicher Grösse.

Bei der Zeichnung eines Steines in der schiefen Projection verfährt man wie folgt: Man setzt drei Linien in einem Punkte so zusammen, dass die eine (Höhe des Parallelogrammes oder Paralleloipeds 4,6) Fig. 45, 46, lothrecht, die zweite (Länge dieses Körpers 4,3) wagrecht, die dritte (Tiefe, Stärke 4,12 Fig. 43) unter einem beliebigen Winkel geneigt sich befindet (gewöhnlich unter 30° , 45° , 60°) und zieht durch den Endpunkt jeder dieser Linien zwei Linien, von denen die eine zur einen, die andere zur anderen Richtung parallel

läuft und ergänzt hierauf durch noch weitere 3 Linien das Bild des Paralleloipeds. Dieses Paralleloiped schliesst den herzustellenden Stein in sich und die einzelnen Dimensionen des Steines werden auf dessen Kanten bezogen, gezeichnet. Man macht also $ad = 4,6$, $ab = 4,3$, $ak = 4,12$, zieht lk parallel ab , lb parallel ak , ebenso kq , bc , lr , cd , rq , cr , dq ; ferner $ae = 4,5$, $bh = 3,2$, $cg = 18$ u. s. w. zieht durch die Punkte e , f , g , h , Parallele zu ak und zeichnet an der rückwärtigen Seite genau dieselbe Figur wie an der vordern Seite des Steines, so erhält man dadurch die schiefe Projection des Anfängers A. Fig. 46, Tafel III. Ebenso verfährt man bei jedem andern Stein. Fig. 47, 50, 51, 52, 56, 57, Tafel III.

Man stellt nunmehr ein rechtwinkeliges Prisma mit den erforderlichen Dimensionen her und trägt mittelst der Schmiege den Winkel, welchen die Böschungsfäche mit der horizontalen einschliesst, auf das Prisma und spitzt das hierdurch sich ergebende dreiseitige Prisma (ghcrmn Fig. 46) vom Steine ab. Der Winkel wird selbstredend von dem oben beschriebenen Musterrisse aus übertragen. In derselben Weise werden die übrigen Begrenzungen hergestellt. Man kann auch anstatt die Schmiege zu gebrauchen, die einzelnen Maasse der Begrenzungstücke mittelst Stichmaass und Winkel auf den Stein übertragen und hiernach den Stein bearbeiten. Man nennt diese Bearbeitungsmethode: „Den Stein aus dem Vollen mittelst Winkel und Stichmaass bearbeiten“, zum Unterschiede von der erst angeführten Art, welche „den Stein aus dem Vollen mittelst Winkel und Schmiege bearbeiten“ heisst.

Fertigt man genau nach dem in natürlicher Grösse vorhandenen Musterrisse eine Schablone oder Fugenbrett aus Eisenblech an, welche mit der gegebenen Form des Steines vollständig gleich ist, stellt das Lager und die Stirnseite des Steines her und legt dann diese Schablone so an die Stirne des Steines, dass die Unterkante derselben die Krone ab des Steines deckt, reisst dann die Begrenzung der Schablone auf diese Steinfläche, so bearbeitet man den Stein nach der „Abtretungsmethode“.

Die letztere Weise, einen Stein zu bearbeiten, erspart im Allgemeinen an Material, wird jedoch nie so genau als die ersten Methoden, welche wieder gegenüber der letzteren häufiger verwandt werden, weil sie trotz des grössern Materialgebrauchs eine grössere Genauigkeit in der Herstellung zulassen.

§ 6. Stütz- und Futtermauern.

Unter der Voraussetzung, dass diese von Ebenen begrenzt werden, können sie verschiedene Querschnitte haben. Fig. 58—63, Taf. V. Bei den an der rückwärtigen Seite geböschten Mauern kann man den Anlauf durch eine Abtreppung ersetzen und dadurch eine besondere Bearbeitung der Steine umgehen, wodurch diese Art von Mauern ebenso wie die Flügelmauern behandelt werden können.

Ist die Neigung nicht grösser als 15° oder ist die Mauer von lothrechten Wänden begrenzt, so werden die Schichten durch die ganze Mauer horizontal durchgeführt Fig. 64, Taf. V.; bei grösserer Böschung kann man in ähnlicher Weise wie bei den Flügeln verfahren Fig. 65, Taf. VII oder man construirt eine regelmässige Abtreppung Fig. 66, Taf. VII, eine Methode, die Material erspart, doch nicht aller Orten anwendbar ist, wie z. B. bei Festungsmauern, wo eine Abtreppung nach Fig. 67, Taf. VII vorzuziehen ist. Auch lassen sich sehr leicht Anordnungen nach Fig. 68, Taf. VII, Ueberdeckung mit gefalteten Platten (nicht besonders zu empfehlen) oder nach den Fig. 69, 70, Taf. VII leicht treffen.

Auch legt man sehr häufig die einzelnen Schichten geneigt, um dadurch den Widerstand gegen den Erddruck zu erhöhen, namentlich ist dies bei Mauern, die an der Aussenseite geböschet sind, leicht durchzuführen, da daselbst die Schichten bequem gegen die Böschungsfäche normal gelegt werden können Fig. 70, Taf. VII und Fig. 71, 72 Taf. V. Zur weitem Sicherheit verbindet man auch noch die an denselben sich befindlichen Strebepfeiler durch Bögen Fig. 73, Taf. V.

§ 7. Windschiefe Mauern.

Es tritt manches Mal der Fall ein, dass die Stücke einer Böschungsmauer nicht gleiche Böschungen besitzen, so zwar, dass ein Stück eingeschaltet werden muss, welches den Uebergang von dem einen Anlauf zum andern herzustellen hat; dieses Stück der Mauer wird von einer windschiefen Böschungsfäche begrenzt und heisst windschiefe

Mauer. Die äussere Gestalt der Mauer beeinflusst jedoch nicht die horizontale Lage der einzelnen Schichten, und werden daher die Lagerflächen unter allen Umständen horizontal.

Bei nicht bedeutender Windschiefe, d. h. die Neigungen sind nicht viel verschieden von einander, was von dem Verhältnisse der Länge des einzuschaltenden Verbindungsstückes zu der Differenz der Neigungswinkel abhängt, ordnet man auch die Stossflächen lothrecht, also normal zu den Lagerflächen an. Die scharfen Kanten, die an der Böschungfläche durch den Anlauf entstehen, werden ebenso behandelt, wie bei den vorhergehenden Mauern.

Ergibt das oberwähnte Verhältniss der Länge zur Differenz der Neigungswinkel eine grössere Abweichung, also eine bedeutendere Windschiefe, so werden, bei horizontalen Lagerflächen, die Stossflächen winkelrecht gelegt zu jener Linie, welche die Höhe der Steinschicht halbirt. Hierbei kann es vorkommen, dass diese Stossfugen, wenn sie bis an die rückwärtige Begrenzung der Mauer geführt werden, dort spitze Winkel, also scharfe Kanten bilden; um auch dies zu vermeiden, werden die Stossfugen nur so weit in die Mauer in der angegebenen Richtung gelegt, dass die Länge derselben gleich ist etwa der halben Steinhöhe; von hier ab werden dieselben gebrochen, so dass der übrige Theil der Stossfuge winkelrecht gegen die rückwärtige Mauerfläche steht. Beide Theile dieser Fuge stehen jedoch immer normal auf der Lagerfläche. Fig. 74—79, Taf. IV ohne gebrochene Lagerfläche, Fig. 80—86, Taf. IV mit gebrochener Lagerfläche.

Zu bemerken ist noch, dass man sowohl an der ein- wie auch an der ausspringenden Ecke der beiden Mauern beziehungsweise des Verbindungsstückes in jeder Schicht einen Stein der Art anordnet, dass er sowohl in die windschiefe wie auch in die ebene Mauer eingreift, um dadurch einen Verband zu erzielen.

Um die windschiefe Böschung an dem Stein zu erhalten, gebraucht man die Linien a c und b d Fig. 77, Taf. IV, welche schon vorher bestimmt sind (nach der in den vorhergehenden Paragraphen angegebenen Weise). Diese Richtungslinien dienen dazu, dass, wenn die Windschiefe richtig bearbeitet ist, ein parallel zu a c und b d bewegtes Richtscheit immerfort in Berührung mit den Punkten der Linien ab und cd und mit den dazwischen liegenden Punkten der Fläche bleibt. In ähnlicher Weise geschieht dies auch bei der Bearbeitung der anderen Steine oder windschiefen Flächen.

§ 8. Cylindrische Mauern.

Sind die Umfänge der Mauern nicht gerade Linien oder geradlinige Figuren, sondern krumme Linien, so entstehen cylindrische Mauern. Man unterscheidet hierbei: 1) solche mit vertikaler, 2) mit horizontaler und 3) mit geneigter Achse.

Die erstern findet man häufig als Flügelmauern bei Brücken, Durchlässen u. dgl. Fig. 24, Taf. II und Fig. 87—92, Taf. V oder auch als Stütz- und Futtermauern und sind, bei horizontalen Lagerflächen, die Stossfugen jedes Mal so anzuordnen, dass sie winkelrecht auf das betreffende Stück der krummen Begrenzungslinie gestellt werden. Fig. 94—99, Taf. VI.

Die zweite Art der cylindrischen Mauern findet man häufig bei Hafen- oder Wasserbauten, so dass sie die vordere geböschte Fläche abgerundet haben, und ist gewöhnlich die krumme Linie nach der Gestalt der Linie des mittleren Erddrucks geformt, für den Fall, dass sie als Futtermauern auftreten. Hierbei sind die Stossflächen vertikale Ebenen, während die Lagerflächen Ebenen sind, die normal gegen die Curve gestellt werden. Fig. 93, Taf. VI.

Hat man zwei Böschungsmauern in zwei sich schneidenden Richtungen herzustellen, und die Böschungen derselben ebenso wie ihre oberen und unteren Breiten seien gleich oder ungleich; die Anzahl der Schichten und deren Höhen sei jedoch gleich und es soll die scharfe Kante oder die einspringende Ecke vermieden werden, dadurch, dass man an dieser Stelle einen schiefen Cylinder einlegt, so entsteht in diesem eingeschobenen Theil eine cylindrische Mauer mit geneigter Achse. Fig. 100—103, Taf. VI.

Um den cylindrischen Theil zu erhalten, geht man, wie folgt, vor: Man halbirt den Winkel ν Fig. 100, den die oberen Böschungskanten bilden, ebenso den Winkel ν , den die Horizontal-Projection der untern Böschungskanten einschliessen, und nimmt, entsprechend der grössern oder kleinern Abrundung, die der Cylinder erhalten soll, auf der untern Halbirungslinie einen Punkt o in kleinerer oder grösserer

Entfernung von der Spitze des Winkels an, und legt durch diesen Punkt eine Parallele zur Durchschnittskante der beiden Böschungsebenen; diese Linie stellt die Achse oo' des einzuschaltenden Cylinders dar, und Linien o'a, oob, o'a', o'b' die von dem angenommenen Punkte aus auf die untern Böschungskanten winkelrecht gezogen werden, geben den Cylinder-Halbmesser.

Die Lagerflächen sind auch hier horizontale Ebenen und müssen die scharfen Kanten an der Böschungfläche in bekannter Weise beseitigt werden. Die Stossflächen, welche eigentlich windschief sein müssten, werden so geführt, dass sie winkelrecht zu jener Linie stehen, welche die Höhe der Schicht halbirt, doch darf diese Richtung nicht durch die ganze Stärke der Mauer beibehalten werden, vielmehr wird diese in einer Entfernung von etwa 0,13 m. — 0,26 m. von der äussern Cylinderfläche der Art gebrochen, dass sie winkelrecht auf der entgegengesetzt liegenden, gewöhnlich normalen cylindrischen Mauer steht. Fig. 100—103, Taf. VII.

Um die schiefe Cylinderfläche auf dem Steine zu erhalten, fertigt man die Schablone des obern und untern Lagers in natürlicher Grösse aus Eisenblech an, legt die obere Schablone an die an dem Prisma bearbeitete Kante an und trägt den Umfang derselben an; ebenso verfährt man mit der untern Schablone. Man bearbeitet zunächst die vom vertikalen Cylinder begrenzte Fläche, hierauf die ebenen Begrenzungsflächen, wodurch man die Erzeugenden des schiefen Cylinders und deren Richtung erhält, die zur Bearbeitung der schiefen Cylinderfläche als Richtschnur dienen. In ähnlicher Weise werden auch die Steine der im Nächstfolgenden zu besprechenden kegelförmigen Mauer bearbeitet.

§ 9. Kegelförmige Mauern.

Aehnlich wie bei den cylindrischen Mauern mit geneigter Achse seien auch hier zwei solche Mauern angenommen, die sich in einer scharfen Kante schneiden, und wobei unter denselben Voraussetzungen, diese dadurch vermieden werden soll, dass ein Kegel eingeschoben wird, der gerade oder schief sein kann, je nach der gegenseitigen Böschung der Mauerflächen.

Zur Anlage des Kegels geht man in ähnlicher Weise vor, wie bei der cylindrischen Mauer mit geneigter Achse. Man halbirt den Winkel, den die untern Böschungskanten, richtiger deren Projection, einschliessen, ebenso den Winkel der Horizontal-Projection der oberen Böschungskanten und nimmt auf der untern Halbirungslinie ebenso auch auf der oberen Halbirungslinie einen Punkt an, in einer Entfernung von der Winkelspitze, die der Abrundung der Mauer entspricht. Verbindet man diese beiden Punkte durch eine gerade Linie, so erhält man die Kegelachse. Verlängert man diese Linie bis zum Durchschnitte mit der scharfen Kante, so erhält man die Spitze s Fig. 104, Taf. VII des Kegels; durch diesen Punkt müssen selbstredend sämtliche Erzeugenden des Kegels gehen, also auch die Berührungserzeugenden d. h. jene gerade Linien, in welchen die ebenen Böschungflächen sich an die Kegelfläche anschliessen. Man erhält die Endpunkte dieser Erzeugenden, wenn man von den auf der Halbirungslinie angenommenen Punkten (Mittelpunkte der Grundflächen) Winkelrechte zu denselben zieht. Da die Lagerflächen horizontale Ebenen, also Ebenen parallel zu den Grundflächen sind, so liegen auch in den Berührungserzeugenden diejenigen Punkte, in welchen die Durchschnitte der Lagerflächen mit dem Kegel, Kegelkreise, von den in den ebenen Böschungflächen liegenden Lagerfugen berührt werden. Verbindet man also diese Punkte, mit den in gleicher Höhe sich befindlichen Mittelpunkten durch Gerade, so erhält man den Radius des zugehörigen Kreises. Man kann aber auch umgekehrt, von den Mittelpunkten, Normale auf die in den Ebenen liegenden Lagerfugen ziehen, um die zugehörigen Radien zu erhalten, die nach der einen Seite hin unter sich parallel sein müssen. Fig. 104—107, Taf. VII.

Auch hier bleiben die Lagerflächen horizontal und werden die Stossflächen der Art gestellt, dass sie winkelrecht zur Linie stehen, die die Schichtenhöhe normal halbirt. Auch diese Fugen werden nur bis auf die im Vorhergehenden angegebene Tiefe geführt und von da ab winkelrecht gegen die an der anderen Seite begrenzende Fläche.

Sowohl bei den cylindrischen Mauern mit geneigter Achse, als auch bei den kegelförmigen Mauern werden die Steine so verlegt, dass an der Uebergangsstelle der ebenen Mauer in die gekrümmte sich in jeder Schicht ein Stein befindet, der in beide Theile eingreift.

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 (Korboggen), 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 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 Durchschnittsline 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 Horizontalebenen 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 Gewölbstirne 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 zum 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 geführt, 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 projiciren, 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 Bogenstheils 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.

Zur Zeichnung ist eine dritte Projection nothwendig, aus welcher diese Durchschnitte sich ergeben. Gleichzeitig dienen die Projectionen dieser Hilfs-Durchschnittsebenen zur Darstellung der Projectionen der Bogenfugen, die in der Vertikalprojection nach dem Mittelpunkte des Kernes convergirende Gerade, in den anderen Projectionen aber, sowie in der Wirklichkeit krumme Linien sind. Ebenso werden auch diese Ebenen zur Darstellung der Bretungen für die einzelnen Steine benutzt, Fig. 261.

Das in den Fig. 262—264, Taf. XXIV dargestellte dritte Beispiel wird nunmehr keine Schwierigkeit in der Durchführung bieten. Die Fig. 265—267 geben die Details hierzu.

§. 20. Der scheinrechte Bogen.

Wird die Mauerdurchbrechung durch eine horizontale Ebene abgeschlossen, so erhält man einen scheinrechten Bogen. Selbstredend wäre der Abschluss durch einen einzigen Stein der vortheilhafteste, wenn das Steinmaterial nicht eine zu geringe Bruchfestigkeit besäße. Bei geringen Oeffnungswerten und bei sehr festem Material wenn der Bogen nicht belastet wird, darf wohl eine solche Anordnung stattfinden, doch bringt man immer einen Entlastungsbogen an.

Wird jedoch der scheinrechte Bogen aus mehreren Stücken hergestellt (was meistens der Fall ist), so geschieht dies in der Art, dass der eine Stein dem andern gewissermassen als Widerlager dient. Man erreicht dies dadurch, dass man die einzelnen Fugen vom Schlusse gegen das Widerlager zu verlängert. Am häufigsten erreicht man dies dadurch, dass die sämtlichen Fugen nach einem Punkte convergiren, der in der Spitze eines über die Bogenweite errichteten gleichseitigen Dreiecks liegt, namentlich bei geringer Spannweite, Fig. 249, Taf. XXIII, und bricht zuweilen die Fugen, um das Abkanten der Steine zu verhindern. Fig. 250 und 251, Taf. XXIII.

VIERTER ABSCHNITT.

Die Treppen.

§. 21.

Für die Anordnung des Steinschnittes der Stufen genügt die Eintheilung der Treppen in

- 1) unterstützte und 2) freitragende.

Bei der ersteren erhält jede Stufe besonders ihre Stütze durch eine Construction (Mauern, Bögen, Gewölbe u. dgl.), die für eine grössere oder geringere Zahl von Stufen angelegt wird. Bei der letzteren hingegen genügt ein dauerhaftes und festes Auflager der untersten (Block-) Stufe, um den Druck der oberen Stufen aufnehmen zu können, und eine genügend starke Einmauerung der einzelnen Stufen an der einen Seite.

§. 22. Unterstützte Treppen.

Diese Art von Treppen kann entweder vor einem Bauwerke (Freitreppen) oder im Innern eines solchen sich befinden. In jedem dieser beiden Fälle ist die Form des Querschnittes massgebend für die Bearbeitung der Stufen. Die Fig. 268—275, Taf. XXV zeigen solche Formen, bei denen im Wesentlichen die Auflagerfläche näher zu berücksichtigen ist, und empfiehlt sich bei gut angelegten Treppen, namentlich im Freien, die in Fig. 274 dargestellte, weil dadurch die Feuchtigkeit von der stützenden Construction am sichersten abgehalten werden kann. Die Stossflächen in Fig. 272 erhalten eine Tiefe von 0,04 bis 0,08^m, je nach der Härte des Materials, während die horizontalen Auflagerflächen in den vorhergehenden Querschnittsformen etwa 0,04^m betragen. Grösse des Auflagers ab in Fig. 273 und 275 etwa 0,03^m, der Stossfläche bc 0,05^m—0,06^m. In Fig. 275 greifen die Stufen noch zur Seite mit etwa 0,02^m—0,03^m in die aus Sandstein hergestellten Wangen, während das Auflager auf Mauern, Bögen u. dgl. circa 0,08^m (an den Enden der Stufen) beträgt. Werden die Stufen von Freitreppen zu lang, so dass sie aus mehreren

Stücken hergestellt werden müssen, so werden sie gestossen und erhalten an dem Stosse noch eiserne Klammern. Zur Unterstützung sowohl für diesen Fall, als auch wenn die Stufen überhaupt zu lang werden sollten, ordnet man dann noch an solchen Stellen einen einhäufigen Bogen oder eine Mauer unterhalb an, wenn nicht ein steigendes Tonnen- oder ähnliches Gewölbe bereits vorhanden ist.

§. 23. Freitragende Treppen.

Sind diese Treppen gerade oder gerade gebrochen, so werden die Stufen in derselben Weise hergestellt, wie bei den unterstützten Treppen. Die Form der Stufen gewundener freitragender Treppen ändert sich jedoch in Manchem und ist dies an dem Beispiele Fig. 276—280, Taf. XXV deutlich zu ersehen. Nachdem die Auftrittsweite der Stufen bestimmt ist, zieht man die Linie ie parallel zu cd Fig. 276 und giebt der Stossfläche eine zur untern Fläche der Stufen normale Richtung in allen Theilen der Fläche, wodurch diese (die Stossfläche) windschief wird. Den Durchschnitt der windschiefen Flächen mit der Schraubenfläche der Stufen findet man aus dem normalen mittleren Profil Fig. 278 und aus der Bedingung, dass diese Durchschnitte je einer Stufe in einer horizontalen Ebene liegen müssen, wie dies aus der Fig. 279 und 280 zu ersehen ist, in welchen $il = km = ef = gh = ad = cb$ sein muss, und die Linien im und eh normal zur abgewinkelten Linie sein müssen. In der Wirklichkeit ist die durch m , b und h Fig. 278—280 gehende Linie keine Gerade. Doch ist die Krümmung so gering, dass man sie für die Praxis genau genug als eine Gerade annehmen kann. Die Ansicht Fig. 277 ist aus der Fig. 276 und 278—280 leicht zu zeichnen. In Fig. 281, Taf. XXVI ist die geometrische Projection, in Fig. 282 die schiefe Projection einer solchen Stufe gezeichnet, beide in grösserem Maassstabe.

Zuweilen greifen auch hier die Stufen an der inneren Seite in eine aus Sandstein hergestellte Wange, Fig. 283, 284, Taf. XXVI; hierdurch tritt jedoch in der Form der Stufen keine Aenderung ein, sondern dieselben werden ebenso wie in dem Beispiele in Fig. 276 bis 280 behandelt. Die Wangen, die aus einzelnen, womöglich gleich grossen Stücken (Krümmlingen) herzustellen sind, werden nach Schablonen gearbeitet, die wie folgt gefunden werden: Man stelle zunächst die Höhe und Breite der Krümmlinge fest; diess sind dann die Dimensionen einer Ebene, die als Stossfläche unter der Bedingung angenommen wird, dass dieselbe normal zu jener Schraubenlinie steht, welche durch den Mittelpunkt der rechteckig gedachten Stossfläche geht, oder durch diesen Punkt beschrieben wird. (Die Höhe lässt sich aus der Abwicklung bestimmen, ähnlich wie in Fig. 278 bis 280, indem man das über die Stufen überstehende Stück der Wangen in der Abwicklung der innern Stufenfläche etwa gleich 0,06^m—0,08^m macht.) Man zeichnet hierauf den Grund- und Aufriss eines unbegrenzten beliebig langen Wangenstückes, Fig. 285 und 286, zieht MJ und HB der Steigungslinie parallel und construiert in der Mitte der Linie $a''c''b''$ eine Tangente $c''d$ an die mittlere Schraubenlinie. Ein durch den Punkt c'' gedachter Schnitt der Stossfläche mit der Wange, ergiebt sich als eine gerade auf $c''d$ normal stehende Linie $x''c''y''$, der Grundriss hierzu in der Fläche $x'x'y'$, welche Fläche wegen der Congruenz der sämtlichen Schnitte dorthin nur geschoben werden darf, wo dieselbe unter Berücksichtigung der Länge des Krümmlings passend ist, also nach $e'f'g'h'$ und $i'k'l'm'$.

Die Ansicht des normal geschnittenen Krümmlings wird nunmehr fertig gezeichnet in $e''f''g''h''i''k''l''m''$. Errichtet man in den Punkten $e, 11, f, 12, 3$ u. s. w. der Geraden MO winkelrechte Linien und macht diese gleich lang mit den Entfernungen der zugehörigen Punkte des Grundrisses von DC , verbindet die so erhaltenen Punkte durch eine stetig gekrümmte Linie, so erhält man hierdurch die Verstreckungs-Schablone. Der Krümmling erfordert daher einen vollkantigen Steinblock mit den Dimensionen $RS = TU$ zur Höhe, $J'K$ zur Breite und $RU = ST$ zur Länge.