

die entsprechenden Höhen, welche aus Fig. 365 entnommen werden, abträgt.

Fig. 376 zeigt diesen Stein von oben und Fig. 377 denselben Stein von unten angesehen.

Eine andere Konstruktion dieser Gratsteine haben wir schon in Fig. 356 und Fig. 357 gegeben.

In Fig. 378 ist der Stein  $V$  dargestellt, welcher als Schlussstein des verstärkten Bogens die Verbindung dieses Bogens mit dem Kreuzgewölbe vermittelt.  $p$  ist die Schablone der Lagerfuge, und  $q$  die Hauptschablone dieses Steins. Die Fig. 379 und 380 zeigen den Schlussstein des Kreuzgewölbes. Erstere Figur stellt eine Ansicht von unten vor, letztere aber eine Ansicht von oben;  $r$  ist die Schablone der obern Fläche dieses Steins. Dieser Stein ist hier ebenfalls aus seinen rechtwinkligen Koordinaten konstruirt worden.

### §. 113.

Das gerippte Kreuzgewölbe. Dasselbe unterscheidet sich wesentlich von dem einfachen Kreuzgewölbe, dessen Struktur wir in den vorangegangenen Paragraphen dieses Kapitels zeigten. Das einfache Kreuzgewölbe gehört seiner Struktur nach dem römischen Stil an und wird daher auch das römische Kreuzgewölbe genannt. Bei demselben sind die Gurte ohne Rippen und die innere Wölbungsfläche ist der bestimmende, aber auch der einzige Gegenstand, auf welchen Rücksicht genommen wird. Das gerippte Kreuzgewölbe des Mittelalters besteht dagegen aus einem Gestell von einzelnen steinernen Bogen, welche Rippen genannt werden, und die theils zur Verzierung, theils zum Tragen des eigentlichen Gewölbes dienen. Diese Rippen gehen von den Widerlagspfeilern aus und vereinigen sich oben im Scheitel in einem gemeinschaftlichen Schlusssteine, welcher entweder in seiner Mitte eine durchgehende Oeffnung hat oder in seinem Centrum mit einer grossen Rosette oder einem andern herabhängenden Ornament versehen ist. Im erstern Falle bildet der Schlussstein einen gegliederten Kranz, welcher äusserlich so viel kurze Ansätze hat, als Rippen mit demselben sich verbinden. Die Stellung und die Form der Rippen bilden das Hauptprincip dieses Gewölbes, welchem die zwischen den Rippen befindliche Gewölbeffläche völlig untergeordnet ist. Aus diesem Grunde sind die Rippen stärker und mit mehr Sorgfalt konstruirt als die zwischen denselben befindliche Gewölbedeckung, welche in dem oberen nicht hintermauerten Gewölbtheile gewöhnlich aus gebrannten Mauersteinen konstruirt ist, oder aus schwachen Schnittsteinen, welche mit centralen Lagerfugen sich gegenseitig stützend zwischen die Rippen gelegt sind, oder es ist drittens die Gewölbedeckung aus schwachen, zuweilen nur 10 cm starken Steinplatten konstruirt, die ohne regelrechten Verband und ohne centrale Lagerfugen zwischen die Rippen gelegt sind und ihr festes Lager nur in dem oberhalb der Rippen befindlichen Einschnitt erhalten.

Erst in einer spätern Periode, nachdem die Konstruktion des Fächergewölbes bekannt war, konstruirte man zuweilen die Gewölbedecke mit den Rippensteinen zusammenhängend, indem man die Rippen als blosser Verzierung an den Deckensteinen ausarbeitete.

In dieser Art ist das auf Taf. XXIX Fig. 384 und Fig. 385 dargestellte Kreuzgewölbe konstruirt, dessen Grundbogen Spitzbogen sind; Fig. 385 ist der Grundriss und Fig. 384 ein vertikaler Durchschnitt nach der gebrochenen Linie  $a'b'c'd'e'f'g'h'$  des Grundrisses. Die Diagonalrippen, welche an den Gratsteinen sich befinden, vereinigen sich in dem gemeinschaftlichen Schlusssteine und haben eine geringere Stärke als die vier Spitzbogen, welche in dem Umfange des Kreuzgewölbes sich befinden. Dies hat darin seinen Grund, dass die Diagonalrippen nicht zum Tragen des schwebenden Gurtes, sondern nur zur Verzierung desselben dienen. Das Profil der Diagonalrippe zeigt Fig. 386 und das der übrigen Rippen die Fig. 387. Beide Profile sind der Deutlichkeit wegen in einem doppelt so grossen Massstabe gezeichnet worden als die Fig. 384 und 385, denen der beigefügte Massstab zu Grunde liegt. Den Fugenschnitt dieses Gewölbes haben wir nur in dem einen Quadranten in Fig. 385 angegeben, in den drei übrigen Quadranten bleibt der Fugenschnitt ganz derselbe.

Eine andere Konstruktion des Kreuzgewölbes zeigen Fig. 381 und Fig. 382. Hier sind nur die Diagonalrippen und die Rippen, welche in dem Umfange des Gewölbes sich befinden, aus Schnittsteinen konstruirt gedacht, wogegen die Gewölbedeckung, in Form der Kappengewölbe zwischen den Rippen eingewölbt, aus Mauersteinen konstruirt angenommen worden ist.

Es bestehen sonach die Rippen für sich und dienen theils zur Verzierung, theils zum Tragen der dazwischen gespannten Kappen.

Diese letzteren sind gewöhnlich nur einen halben Stein stark, mitunter sogar noch schwächer, indem bei manchen altdeutschen Kirchen die Mauersteine nicht auf der hohen Kante, sondern mit den kleinsten Seitenflächen neben einander liegend flach eingewölbt sind. — Die Diagonalrippen des in Fig. 385 dargestellten Gewölbes haben mit den Rippen, welche in dem Umfange des Gewölbes sich befinden, einerlei Höhe, und es sind deshalb die Scheitellinien des Gewölbes horizontal. In Fig. 382 haben aber die Diagonalrippen

eine grössere Höhe als die übrigen Rippen, weshalb die Scheitellinien dieses Gewölbes gekrümmt sind. Ein gutes Höhenverhältniss für die Krümmung der Scheitellinie ist 9:11, d. h. die Höhe des niedrigsten Punktes der Scheitellinie verhält sich zur Höhe des höchsten Punktes derselben wie sich 9 zu 11 verhält.

In dem Umfange dieses Gewölbes befinden sich vier gleiche Spitzbogen, welche aus dem gleichseitigen Dreieck konstruirt sind. Eine gerade Ansicht dieser Spitzbogen zeigt Fig. 381, welche den nach der Linie  $y'z'$  Fig. 382 gedachten vertikalen Durchschnitt dieses Gewölbes vorstellt. Die Höhe dieser Spitzbogen ist zugleich die Höhe der tiefsten Punkte  $p''$  und  $q''$  der Scheitellinie  $p''b''q''$ . Und ist  $b''$  der höchste Punkt der Scheitellinie, so ist die Höhe dieses Punktes bekannt, wenn wir voraussetzen, dass die Höhen der Punkte  $p''$  und  $b''$  wie 9 zu 11 sich verhalten sollen.

Bei dem gothischen Kreuzgewölbe sind alle gekrümmte Linien Kreisbogen, deren Mittelpunkte entweder in dem Niveau der Kämpferlinie liegen, oder unter, zuweilen auch über demselben. Nehmen wir den ersten Fall an, so wird der Kreisbogen  $p''b''$  erhalten, wenn man die Sehne  $p''b''$  zieht, dieselbe halbirt und in dem Mittelpunkte eine Senkrechte auf derselben zieht: der Durchschnittspunkt dieser Senkrechten und der geraden Linie  $AB$  ist der Mittelpunkt des Bogens  $p''b''$ . Eben so findet man den Mittelpunkt von der andern Hälfte der Scheitellinie. Die Diagonalrippen haben mit dem höchsten Punkte  $b''$  der Scheitellinie einerlei Höhe, wenn man daher in dem Punkte  $b'$  Fig. 382 die Linie  $b'(b)$  senkrecht auf  $e'b'$  zieht und diese Senkrechte mit der Höhe des Punktes  $b''$  Fig. 381 gleich gross macht, die Sehne  $e'(b)$  zieht und in deren Mitte die Linie  $gm$  senkrecht auf ihr macht: so schneidet diese letztere Linie die Verlängerung von  $e'b'$  in dem Punkte  $m$ , welches der Mittelpunkt desjenigen Kreisbogens ist, in welchem die Diagonalrippe die Wölbungsfläche der eingewölbten Kappe schneidet. Wenn man daher aus dem Punkte  $m$  mit der Länge  $me'$  als Radius den Kreisbogen  $e'(a)(b)$  beschreibt, sodann die Länge  $e'h'$  mit dem Vorsprunge der Diagonalrippe vor dem Gewölbe gleich gross macht und aus dem Punkte  $m$  den zweiten Kreisbogen  $h'(d)(c)$  konstruirt: so stellt die Fig.  $e'(b)(c)h'$  die in die Kämpferebene umgeklappte Diagonalrippe vor.

Wenn man die übrigen Kreisbogen der Diagonalrippe auf die Linie  $e'b'$  projicirt und sie sodann in derselben Weise herabschlägt, wie mit dem höchsten und dem niedrigsten Kreisbogen der Rippe innerhalb des Gewölbes geschah: so dient die hervorgehende Figur theils zur Bestimmung des Aufrisses der Diagonalrippe, theils auch zur Bestimmung des Grundrisses des Fugenschnitts dieser Rippe. Denn wenn man den Bogen  $h'(c)$  nach der Anzahl der Steine, welche die Diagonalrippe enthalten soll, eintheilt, durch die Theilpunkte und durch den Punkt  $m$  gerade Linien in den umgeklappten Bogen konstruirt, so stellt diese Figur eine gerade Ansicht der Fugen vor, welche die Diagonalrippe enthält. Wenn man daher alle Punkte, in welchen die umgeklappten Kreisbogen der Rippe von den Centralfugen geschnitten werden, auf den Grundriss der Diagonalrippe projicirt und korrespondirende Punkte mit einander verbindet, so erhält man dadurch den Grundriss der centralen Lagerfugen der Diagonalrippe.

Die Bogen des Aufrisses der Diagonalrippe sind Ellipsen, welche erhalten werden, wenn man mehrere Punkte für jeden einzelnen Bogen ermittelt und die zusammengehörigen Punkte durch eine entsprechende Kurve verbindet.

Um z. B. den Punkt  $a''$  des obersten Bogens der Diagonalrippe zu erhalten, nehme man den Punkt  $a'$  in der Linie  $e'b'$  Fig. 382 beliebig an, ziehe  $a'(a)$  senkrecht auf  $e'b'$ , projicire den Punkt  $a'$  auf die Linie  $AB$  nach  $a^0$  und ziehe  $a^0a''$  senkrecht auf  $AB$ , sodann mache man  $a^0a''$  gleich lang mit  $a'(a)$ : der Punkt  $a''$  ist alsdann der Aufriss des Punktes  $a$  der Diagonalrippe, dessen Grundriss  $a'$  ist.

Um einen Punkt  $d''$  der untersten Kante der Diagonalrippe im Aufriss zu erhalten, nehme man den Punkt  $d'$  Fig. 382 beliebig an, ziehe  $d'(d)$  senkrecht auf  $e'b'$ , projicire den Punkt  $d'$  nach  $d^0$  in  $AB$  und ziehe  $d^0d''$  senkrecht auf  $AB$ , hierauf mache man die Höhe  $d^0d''$  gleich lang mit  $a'(d)$ : der Punkt  $d''$  ist alsdann der verlangte.

In derselben Weise werden alle übrigen Punkte der Diagonalrippe im Aufriss erhalten.

Das Profil der Rippen dieses Gewölbes ist in Fig. 383 in doppelter Grösse dargestellt.

### §. 114.

Wenn über einem rechtwinkligen länglich viereckigen Raume ein geripptes Kreuzgewölbe konstruirt werden soll, so erhalten die Scheitellinien des Gewölbes verschiedene Krümmungen und die Bögen am Umfange des Gewölbes verschiedene Höhen, wenn man sie sämmtlich aus dem gleichseitigen Dreieck konstruirt. Sollen aber diese Spitzbogen einerlei Höhe erhalten, so konstruirt man den Bogen über der kleineren Seite des Rechteckes aus dem gleichseitigen Dreieck und den über der grössern Seite aus dem gleich-

schenkligen Dreieck, dessen gleiche Seiten kleiner sind, als die lichte Weite des Bogens.

Man kann aber auch ganz füglich umgekehrt verfahren und den Bogen über der grössern Seite des Rechteckes aus dem gleichseitigen Dreieck, den über der kleinern Seite dagegen aus dem gleichschenkligen Dreieck konstruieren, dessen Seiten grösser sind, als die lichte Weite des Bogens. Endlich können noch beide Bogen über den ungleichen Seiten des Rechteckes aus dem gleichseitigen Dreieck konstruiert werden, wenn gleich diese Bogen gleiche Höhen erhalten sollen. In diesem Falle wird der Spitzbogen der kleinern Seite auf eine gewisse Höhe gestelzt, d. h. die Rippe wird vom Kämpfer aus nach lothrechter Richtung so weit fortgeführt, bis man im Stande ist mit der lichten Weite des Bogens und mit dem vorgeschriebenen Höhenpunkte desselben das gleichseitige Dreieck beschreiben zu können, aus welchem der Spitzbogen konstruiert werden soll.

In Fällen, wo die Höhen der Spitzbogen über den ungleichen Seiten des Rechteckes verschieden sein können, pflegt man auch wohl die kleinere Scheitellinie horizontal zu legen und nur der grössern Scheitellinie eine entsprechende Krümmung zu geben.

In dieser Weise ist das in den Fig. 388, 389 und 390 dargestellte Gewölbe konstruiert. Fig. 389 ist der Grundriss desselben, Fig. 388 ein lothrechter Durchschnitt durch die horizontale Scheitellinie und Fig. 390 ein lothrechter Durchschnitt durch den konkaven Scheitel. Fig. 391 zeigt das Profil der Gurtbogen und Fig. 392 das Profil der Diagonalrippen, beide in doppeltem Massstab.

Auf Taf. XXXII ist in Fig. 412 und Fig. 413 noch die Konstruktion eines einfachen spitzbogenförmigen Kreuzgewölbes dargestellt, welches über einem regulären Sechseck aufgeführt ist. Dasselbe besteht aus drei Diagonalrippen oder grossen Kreuzträgern, welche in einem gemeinschaftlichen Schlussstein zusammenlaufen. Diese grossen Kreuzträger dienen den sechs dazwischen gespannten Kappen als Widerlager.

Fig. 413 ist der Grundriss, Fig. 412 ein lothrechter Durchschnitt nach der Linie  $A'B'$  des Grundrisses,  $L$  ist eine gerade Ansicht des Fensterbogens und Fig. 414 eine perspektivische Ansicht des Gewölbesteines der Diagonalrippe, dessen vertikaler Durchschnitt in Fig. 412 mit  $a$  bezeichnet ist.

#### §. 115.

Wenn das Kreuzgewölbe zwischen den Diagonalrippen und den äusseren Rippen noch andere Rippen enthält, welche mit jenen sternförmige Figuren bilden, so nennt man das ein Sterngewölbe. Die Fig. 393 und 394 zeigen die Konstruktion eines solchen Gewölbes. Die Linien  $BH$ ,  $BK$  und  $BL$  stellen hier die Grundrisse der Mittelrippen vor, welche in dem Theile  $BFIG$  des Grundplans zwischen den Aussenrippen (Gurtbögen)  $BG$ ,  $BF$  und der Diagonalrippe  $BI$  angeordnet sind. Die Scheitel dieser Mittelrippen vereinigen sich sämmtlich in den Scheitellinien  $NO$  und  $VM$ , welche entweder horizontal sind, wie in Fig. 399, oder konkav, wie in Fig. 394.

Die Form dieser Scheitellinien hat auf die Struktur des Gewölbes einen wesentlichen Einfluss, denn sie bestimmt die relativen Höhen der Scheitel der Rippen. In England erhielten diese Gewölbe mit wenigen Ausnahmen horizontale Scheitellinien, wogegen die Sterngewölbe des Mittelalters in Frankreich, Deutschland und Italien in der Regel konkave Scheitellinien erhielten. Die Wirkung eines Gewölbes dieser Art hängt daher vornehmlich von der Krümmung der Rippen und von der Form der Scheitellinie ab; aus diesem Grunde beherrscht die Krümmung derselben den Charakter des Gewölbes. Bei der Anlage eines Gewölbes dieser Art ist daher die Feststellung der Scheitellinie einer der ersten Gegenstände, worauf Rücksicht genommen werden muss.

In der frühesten Periode des gothischen Stils wurde in der kirchlichen Architektur nur das einfache Kreuzgewölbe in Anwendung gebracht. Man nannte hier alle Gewölbebogen Kreuzbogen und unterschied diese in Gurtbogen, Gratbogen, Scheidebogen und Schildbogen. Unter Gurtbogen verstand man diejenigen Bogen, welche von einem Säulenschaft zum andern quer durch das Langhaus oder durch die Seitenflügel sich wölben; Gratbogen hiessen die Bogen, welche über der Diagonale des überwölbten Raumes sich befinden; Scheidebogen hiessen die Bogen, welche im Langhause von einem Schaft zum andern gehend, letzteres von den Seitenflügeln trennen, und endlich Schildbogen nannte man diejenigen Bogen, welche an den Umfassungsmauern sich befinden.

Die Gurtbogen wurden in dieser Periode immer stärker konstruiert als das dazwischen gespannte Kappengewölbe, auch wurden sie stärker profilirt als die Gratbogen.

In den spätern verschiedenen Perioden des gothischen Stils wurden aber die Gurtbogen immer schwächer konstruiert, bis endlich in der letztern Periode der Unterschied der Gurt- und Gratbogen hinsichtlich ihrer Stärke gänzlich verschwand, indem beide als Gewölberippen einerlei Profil erhielten.

Erhielt das Kreuzgewölbe ausser diesen angeführten Bogen noch andere Rippen, so nannte man diese Reihungen.

Eine andere Benennung dieser Bogen fand später Eingang, indem man die Gurtbogen Transversalrippen nannte und die kleinen Scheidebogen und die Schildbogen Mauerrippen. Die übrigen Rippen, welche vom Kämpfer bis zum Scheitel sich erheben, hiessen Mittelrippen und endlich alle übrigen kurzen Rippen, welche in dem obern Theile des Gewölbes zwischen den Diagonalrippen, Mittelrippen und Transversalrippen sternförmige Figuren bilden, wurden Liernen genannt. Diese Benennung soll von uns in der Folge beibehalten werden.

Da in dem Gewölbebau der Kirchen die überwölbten Räume in der Regel ein längliches Rechteck bilden, wo die Transversalrippe über der grösseren Seite des Rechteckes konstruiert ist, die Mauerrippe aber über der kleinern Seite, würden in Fig. 393 und Fig. 394 die Rippen über  $AD$  und  $BC$  Mauerrippen heissen und die Rippen über  $AB$  und  $DC$  Transversalrippen, Mittelrippen wären dagegen die über  $BH$ ,  $BK$  und  $BL$ . Es wäre sonach  $AOD$  die Mauerrippe,  $AVB$  die Transversalrippe,  $BRD$  die Diagonalrippe, aber  $BSA$ ,  $BQ$  und  $BP$  wären Mittelrippen.

#### §. 116.

Die Liernen sind in der Regel so angeordnet, dass sie mit den übrigen Rippen sternförmige Figuren bilden. Die Fig. 395 bis 400 Taf. XXX, so wie die Figuren auf Taf. XXXI enthalten verschiedene Grundrisse von Sterngewölben.

In Fig. 395 bilden nur Mittelrippen und Diagonalrippen einen Stern, dessen Strahlen von der Mitte des Gewölbes ausgehend, in den vier Gewölbeanfängen sich verlieren. Die Richtung der Mittelrippen trifft auf die Mitten  $e$ ,  $h$ ,  $g$ ,  $f$  der Seiten des Grundplans, welcher hier quadratisch angenommen worden ist.

In Fig. 396 bildet der Grundplan ein Rechteck, über welchem ein Stern von der Mitte ausgehend in den vier Kämpferpunkten sich verliert. Kurze Scheitelrippen verbinden die Mittelrippen unter sich und heben die Sternform kräftiger hervor. Die Richtung der Mittelrippen geht auch hier durch die Mitten  $e$  und  $f$  der Seiten des Grundplans.

Ein anderes Arrangement des Sternes zeigt Fig. 389; wegen des langgestreckten Grundplanes sind hier die Mittelrippen nicht auf die Mitten der Seiten des Rechteckes gerichtet, sondern auf Punkte, welche die längern Seiten des Rechteckes in drei gleiche Theile, die kleineren Seiten aber in vier gleiche Theile eintheilen, so dass  $bo = oh = hc$  und  $be = \frac{1}{4} ba$  wird.

In Fig. 398 bilden die Rippen einen grösseren und einen kleineren Stern. Dieselbe Anordnung zeigt Fig. 400. Beide Figuren unterscheiden sich nur darin von einander, dass in Fig. 400 alle Strahlen des kleineren Sterns gleich gross sind, wogegen in Fig. 398 ein kleinerer Strahl mit einem grösseren wechselt.

In Fig. 399 befindet sich in der Mitte eine Rosette, von welcher ein grosser Stern nach den vier Kämpferpunkten hin seine Strahlen sendet. Kurze Rippen verbinden die Diagonal- und die Mittelrippen und bilden mit einander ein reguläres Achteck. Die Richtung der Mittelrippen geht hier nicht durch die Mitten  $h$  und  $m$  der Seiten des Grundplans, sondern durch die Punkte  $e$  und  $i$ , welche in gleichen Abständen zur Seite der Mitte  $h$  sich befinden.

In Fig. 401 Taf. XXXI steht in der Mitte des Grundplans ein grosser Stern, welcher abwechselnd aus grössern und kleinern Strahlen besteht.

Dieselbe Anordnung ist in Fig. 402 getroffen worden, wo der Grundplan des Gewölbes kein Quadrat, wie in Fig. 401, sondern ein Rechteck bildet.

Fig. 403 zeigt die Anordnung eines Sternes mit gleichen Strahlen über einem quadraten Raume.

Fig. 404 zeigt eine veränderte Form des Sternes, wie derselbe mitunter in Vorhallen und Thurmgewölben vorkommt.

Eine reichere Zusammenstellung der Rippen zeigt Fig. 405, da hier nicht allein in der Mitte ein grosser Stern vorhanden ist, sondern zur Seite desselben noch vier kleinere sich befinden.

In Fig. 406 bilden die Rippen einen Stern, in welchem ein längliches Kreuz mit gespitzten Enden sich befindet. Eine ähnliche Kreuzform tritt in Fig. 407 hervor, welche als Thurmgewölbe vorkommt.

Die Zusammenstellung der Rippen in Fig. 408 bildet zwei Sterne, einen grössern und einen kleinern, deren Strahlen vom Mittelpunkte des Gewölbes ausgehen. Betrachtet man aber zwei neben einander liegende Gewölbeabtheilungen, so wird man finden, dass ausser jenen Sternen noch andere sich bilden, deren Strahlen von den Kämpferpunkten ausgehen. Dasselbe gilt von Fig. 409.

Die Zusammenstellung der Rippen in Fig. 410 bildet einen länglichen Stern, dessen Strahlen vom Centrum des Gewölbes ausgehen. Wird das Gewölbe erweitert gedacht, so tritt zwischen zwei grossen Sternen noch ein kleinerer hervor, dessen Centrum die Mitte der Transversalrippe ist.

Ausser den hier angeführten Sternfiguren, welche durch verschiedene Zusammenstellungen der Rippen gebildet werden können, werden bei manchen Liernengewölben des Mittelalters auch noch