



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der gotischen Konstruktionen

Ungewitter, Georg Gottlob

Leipzig, 1890-

1. Die allgemeine Gestalt der Widerlager

[urn:nbn:de:hbz:466:1-80225](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-80225)

II. Form und Stärke der Widerlager.

1. Die allgemeine Gestalt der Widerlager.

Grundriss der Widerlagswände.

Einfache
volle Wand.

Als nächstliegende Widerlagsform für Tonnengewölbe und Kuppel bietet sich die einfache volle Wand, es war daher ganz natürlich, dass man dieselbe zuerst allgemein aufgriff und auch für andere Wölbformen z. B. das Kreuzgewölbe beibehielt. Volle Wände erfordern aber bei grosser Wölbweite und Widerlagshöhe eine solche Unmasse von Baustoffen, dass bereits die in diesem Punkte nicht kargen Römer begannen, an ein Sparen zu denken. Zielbewusster tritt die Bewältigung der Masse in der byzantinischen Kunst hervor, zum herrschenden Streben wird sie im Romanischen und ihre Vollendung erreicht sie in gotischer Zeit.

Gegliederte
Wand.

Schon für das einfache Tonnengewölbe ist die fortlaufende volle Wand wenn auch das nächstliegende, so doch längst nicht das vorteilhafteste Widerlager. Der Baustoff lässt sich schon dadurch verringern, dass man in der Mauer grössere Oeffnungen ausspart (Fig. 329). Die auf solche Weise gewonnene Masse braucht nur zum Teil zu einer Verbreiterung der Wand benutzt zu werden, um deren ursprüngliche Standfähigkeit wieder herzustellen; denn die Widerlagsfähigkeit einer Wand steht zu ihrer Längenentwicklung nur im einfachen, zu ihrer Dicke aber etwa im quadratischen Verhältnis. Noch mehr lässt sich erreichen durch Pfeilervorlagen, die eine bedeutende Einschränkung der eigentlichen Mauerdicke gestatten (Fig. 330). Schliesslich kann man die Wand auf ein Minimum von Masse bringen, wenn man sie in Bogenform von Vorlage zu Vorlage spannt (Fig. 331), eine Bildung, die neuerdings häufig für Futtermauern gegen den gleichfalls fortlaufend angreifenden Erddruck verwandt wird. Die Ueberweisung des gleichmässig verteilten Schubes auf Einzelpfeiler spricht sich in der Bogenform der Wand klar aus, liegt statt ihrer eine gerade Zwischenwand (Fig. 330) vor, so muss diese einem scheinbaren Bogen ähnlich wirken.

Einer solchen Massenbekämpfung im Grundriss kann eine gleiche im Aufriss beigegeben werden, indem das Mauerwerk nicht in gleicher Stärke hochgeführt, sondern dem Verlauf des Druckes gemäss verteilt wird.

Somit lassen sich für das Tonnengewölbe an Stelle der vollen Widerlagswand

weit günstigere Formen auffinden, die allerdings mehr den Eindruck des Herbeigeholten, nicht des natürlich aus den Eigenschaften der Wölbung Abgeleiteten machen. Anders ist es beim Kreuzgewölbe, dieses giebt die Abwandlungen, wie sie in den Fig. 333 bis 335 dargestellt sind, unmittelbar an die Hand. Der Wölbenschub des Kreuzgewölbes wirkt vorwiegend auf einzelne Punkte und verlangt auch an diesen seine Widerlagsmasse. Die dazwischen liegenden Teile können sich darauf beschränken, den Raum abzuschliessen und dürfen, falls sie dieser Aufgabe ermangeln, sogar ganz fehlen. Bei überhöhten Kreuzgewölben muss man allerdings mit einem stärkeren der Wand zufallenden Schubanteil rechnen, derselbe kann von ihr nach unten oder auch seitwärts auf die Strebepfeiler geleitet werden, wobei wieder der gebogene Grundriss Fig. 335 Vorteile haben könnte. Aber auch unter überhöhten Gewölben kann die Wand sich öffnen, soweit sich der Schub durch genügend kräftige Schildbögen abfangen lässt. Ein solcher Schildbogen würde eine im Grundriss und Aufriss gekrümmte Stützlinie enthalten, was bei peinlichem Verfolg des Druckverlaufes wiederum dazu führen könnte, einen auch im horizontalen Sinne nach Art der Fig. 335 gekrümmten Schildbogen anzuwenden.

Das natürliche Widerlager für das Kreuzgewölbe ist die aufgelöste, nicht die volle Wand. Ist man dennoch zur Anwendung der letzteren veranlasst, so ist zu bedenken, dass der dem Anfänger benachbarte Teil hinausgedrängt werden kann, und das um so mehr, je dünner die Wand ist, man wird daher mit Sicherheit nur ein gewisses Stück der Wandlänge, bei mittlerer Stärke vielleicht die Hälfte, als widerstehende Masse in Rechnung bringen können. Wenn die Mitte der Schildwand durch grosse Thür- oder Fensteröffnungen durchbrochen ist, so fällt dieser Teil von selbst als Widerlager fort, gerade in einem solchen Falle tritt das Kreuzgewölbe gegenüber der Tonne in sein Recht.

Bei einer fortlaufenden Widerlagswand ohne nennenswerte Oeffnungen kann sogar das Tonnengewölbe im Vorteil sein, abgesehen von architektonischen Rücksichten, die schon wegen der freieren Wandentfaltung auch dann oft für das Kreuzgewölbe entscheiden werden.

Gemeiniglich liegen die stützenden Mauervorlagen oder Strebepfeiler aussen vor der Wand (Fig. 336), es steht aber nichts im Wege, sie zum Teil in das Innere des Raumes zu ziehen (Fig. 337), ja sie können selbst ganz innerhalb liegen (Fig. 338 und 339). In diesem Falle schwingt sich von Vorlage zu Vorlage ein breiter Schildbogen, ein Tonnengewölbe oder auch ein gestrecktes Kreuz- bez. Stern- gewölbe hinüber. Treten die Vorlagen weit in den Raum hinein, so können sie zur Ausbildung kleiner Kapellen Anlass geben, die sich durch Oeffnungen mit einander verbinden lassen. Schliesslich können sie bei weitergehender Durchbrechung in den Charakter schmaler Seitenschiffe überleiten.

Wie später dargethan wird, ist es vorteilhaft, die lastenden Massen der Widerlager möglichst nach innen zu schieben, in dieser Beziehung ist die nach aussen gerückte Umfassungswand weniger günstig. Nützlich kann sie sich insofern erweisen, als sie eine erwünschte Erbreiterung der Grundfläche des Strebepfeilers an dessen Aussenkante herbeigeführt. Empfehlen wird es sich bei aussen liegender Wand, die Oberlasten weniger ihr als den inneren Strebekörpern zuzuleiten, soweit dieses bei Lage der Verhältnisse thunlich ist. Es lässt sich unter Umständen ein förmliches Strebesystem in das Innere der Kirche verlegen.

Strebepfeiler
aussen oder
innen.

Aufriss der Widerlagswände und Strebepfeiler.

Standfähig-
keit der
Widerlager.

Eine volle Wand verlangt, wie gesagt, eine verhältnismässig grosse Widerlagsmasse, das gilt besonders, wenn sich keine Oberlast über ihr befindet. An einer solchen Wand treten, abgesehen von zufälligen Beanspruchungen durch Wind und dergleichen, nur drei Kräfte auf. 1. Das durch den Schwerpunkt gehende Eigengewicht Q der Wand (vergl. Fig. 340). 2. Der dem Gewicht des vom Widerlager getragenen Wölbstückes (Wölbhälfte) gleiche senkrechte Widerlagsdruck V . 3. Der Horizontalschub des Gewölbes H .

Der Schub H sucht den Mauerkörper um die Kante A zu drehen oder umzukanten. Die Gefahr des Umsturzes wächst mit der Grösse der Schubkraft H und mit ihrer Höhenlage. Das Produkt $H \cdot h$ (Kraft mal Hebelarm) nennt man Umsturzmoment. Der Umsturz wird verhindert durch die senkrechten Lasten Q und V . Je grösser diese sind und je grösser ihr Abstand von der Kante A (ihr Hebelarm) ist, um so günstiger wirken sie. Da diese Kräfte die Standfähigkeit oder Stabilität der Mauer sichern, pflegt man das Produkt Kraft mal Hebelarm als ihr Stabilitätsmoment zu bezeichnen.

Damit eine Mauer stehen kann, muss die Summe aller Stabilitätsmomente grösser sein, als die algebraische Summe aller Umsturzmomente. Im vorliegenden Falle muss sein: $Q \cdot q + V \cdot v$ grösser als $H \cdot h$. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so wird die Mauer umstürzen. Dass daneben noch andere Bedingungen in Frage kommen, dass z. B. an keiner Stelle die Pressung des Baustoffes zu gross werden darf, wird später noch Erörterung finden.

Aus den Anforderungen der Standfähigkeit gehen ohne weiteres die wichtigsten Bedingungen für die Bildung des Widerlagers hervor. Der Angriffspunkt des Horizontalschubes ist so tief als möglich herabzurücken und der Schub selbst ist so klein als möglich zu machen, was sich besonders durch leichte steile Gewölbe erreichen lässt. Andererseits ist es von Wert, die senkrechten Kräfte thunlichst gross zu machen und sie möglichst weit von der Aussenkante zurückzulegen.

Das Widerlagsgewicht kann man durch Verwendung eines schweren Materials, seinen Hebel durch äussere Abtreppung oder Dossierung vergrössern. Das Gewölbegewicht erhöht an sich die Stabilität, trotzdem muss man es in der Regel so klein als möglich machen, da mit ihm der ungünstige Schub wächst. Höchstens kann eine schwere Zwickelausmauerung als zweckdienlich in Frage kommen.

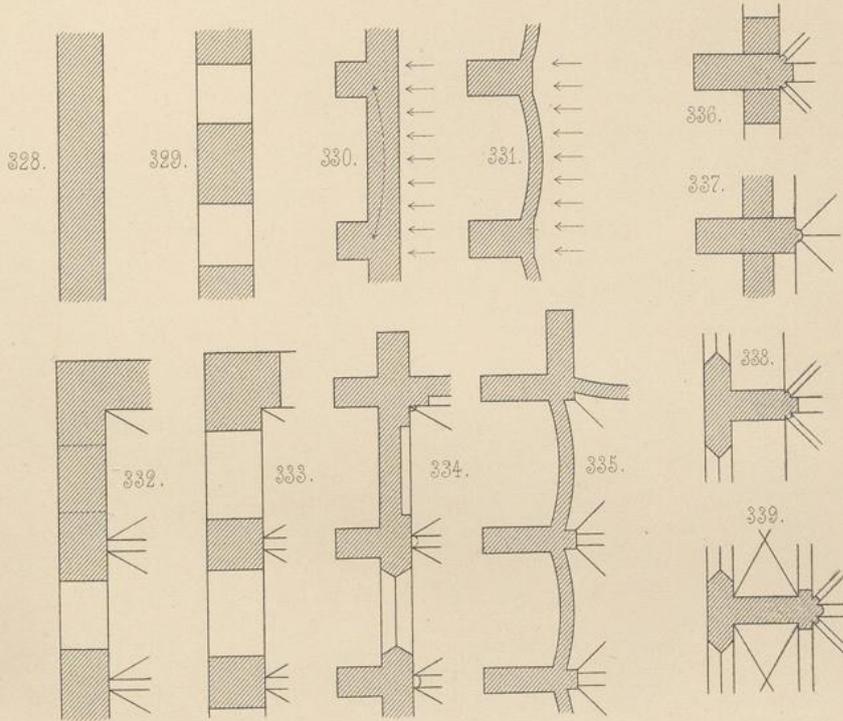
Einfluss der
Oberlasten.

Von grösstem Wert kann eine richtig angebrachte Oberlast der Wand sein, die auch wieder um so wirkungsvoller ist, je grösser sie selbst oder ihr Hebelarm ist.

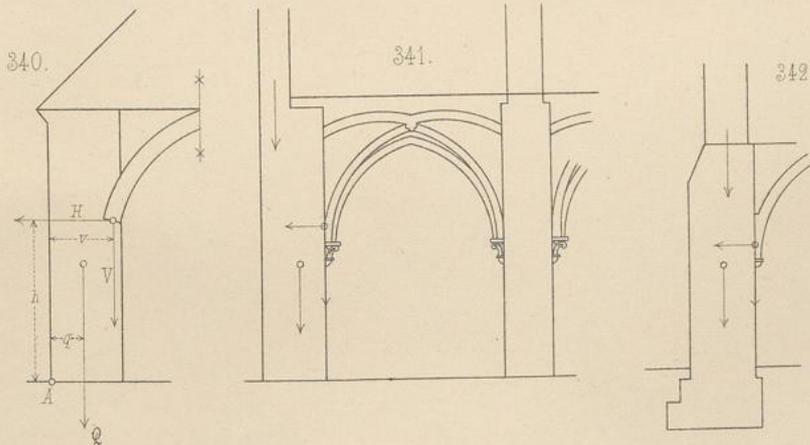
Auf die lastende Wirkung einer Dachkonstruktion, Balkendecke oder selbst Fachwand soll man sich nicht zu sehr verlassen. Abgesehen von den Gewichtsschwankungen ist bei der üblichsten Auflagerung durch Längsschwellen schwer vorauszusetzen, dass der Druck überall sich gleichmässig überträgt, es ist sehr wohl denkbar, dass gerade über dem Wölbanfang das Holzwerk hohl liegt, so dass die Mauer unbehindert darunter ausweichen kann. Ausserdem kann leicht ein zeitweises Fehlen derartiger Konstruktionen bei Erneuerungen, Umbauten oder Feuersbrünsten eintreten.

Tafel XXXVI.

Grundriss der Widerlagswände.



Aufriss der Widerlagswände.



Als nutzbringende Oberlast kann dagegen eine massive Wand gelten, jedoch kommt es sehr auf ihre Stellung an. Ihr Schwerpunkt muss möglichst weit von der Aussenkante der Widerlagswand zurückgeschoben sein (vergl. Fig. 342). Wird eine schwere dünne Wand auf die äussere Mauerflucht gerückt (Fig. 341), so wird sie das Stabilitätsmoment nur wenig vergrössern, wogegen sie die Druckpressung an der Aussenseite recht ungünstig steigern kann. Wenn gar im Laufe der Zeit ein gewisses Ueberhängen nach aussen eintritt, so kann der Schwerpunkt verhängnisvoll nahe an die Aussenkante rücken.

An alten Werken sind Widerlagswände ohne Strebepfeiler oft bedeutend gewichen, besonders wenn sich die ursprünglichen Lastverhältnisse verschoben haben, was man an pfeilerlosen Kirchen und Klosterbauten oft beobachten kann. Als Beispiel seien die dem XIII. Jahrhundert angehörenden Gewölbe im Domkreuzgang zu Riga angeführt (Fig. 341). Trotzdem die Gewölbe statisch günstig konstruiert sind, ihre Anfänger ziemlich dicht über dem Erdboden liegen und die Widerlagsstärke fast ein Drittel der Spannweite beträgt, befinden sich die Wände nach dem Ausweis angestellter statischer Ermittlungen an der Grenze der Stabilität. Es hat hier eine Aufhöhung des oberen Fussbodens und das Hinzutreten anderer nachteiliger Lasten dieses Ergebnis zur Folge gehabt.

Aus diesen Betrachtungen lässt sich folgern, dass eine volle fortlaufende Wand als Widerlager für Gewölbe, besonders Kreuzgewölbe, sich nur da empfehlen kann, wo nur geringere Schübe auftreten, günstige Oberlasten vorhanden sind und aus anderen Gründen bereits dicke, volle Wände gefordert werden, z. B. bei den Kellern oder unteren Geschossen hoher Wohnhäuser. In anderen Fällen wird das Anlegen von Strebepfeilern immer zu grossen Materialersparungen führen.

Da die Widerlagsfähigkeit eines Strebepfeilers mit seinem Vorsprung, genannt Aufriss der Strebepfeiler. seiner Länge, etwa quadratisch, mit seiner Dicke aber nur einfach wächst, so scheint es rätlich, ihn so schmal und lang als möglich herauszuziehen. Es werden aber Grenzen gesteckt durch die etwaige Verschiedenheit des Schubes in den beiden benachbarten Wölbefeldern, durch die Gefahr des seitlichen Umkantens oder Ausbauchens, schliesslich durch den Umstand, dass bei langgezogener Grundrissentwicklung die gute Verteilung des Druckes über den Querschnitt fraglich wird und demgemäss Abscheerungen zu fürchten sind. Gewöhnlich bewegt sich die Länge zwischen der doppelten und dreifachen Breite, wobei das die Mauer durchsetzende Stück der Länge eingerechnet ist. Häufig wird empfohlen, den Strebepfeiler so dick wie die Wand, und seinen Vorsprung vor dieser so gross wie die Diagonale eines aus der Wanddicke konstruierten Quadrates zu machen; dazu sei bemerkt, dass gar zu starre Vorschriften über die Abmessungen derartiger Bauteile müssig und dem früheren Mittelalter unbekannt sind.

Der Strebepfeiler kann der Wand gegenüber vorherrschend oder untergeordnet sein, danach richtet sich seine Bedeutung als Widerlagskörper, meist fällt dem Strebepfeiler die grössere Aufgabe zu. Ist die Wand nur dünn, so wird man nicht ihre ganze Länge dem Strebepfeiler als Widerlager zurechnen, sondern nur die benachbarten Teile, vielleicht zu jeder Seite nur ein Wandstück von quadratischem Grundriss (Fig. 344). Tritt die Stärke der Wand noch mehr zurück, so empfiehlt es sich, auf ihre Mitwirkung gar nicht zu rechnen, oder ihr höchstens bei überhöhten Gewölben den auf sie kommenden Schub des zugehörigen Kappenteiles zuzumessen.

Im Aufriss kann der Strebepfeiler bis zum Gewölbanfang, bis zum Haupt-

gesims oder noch darüber hinaus in die Höhe steigen, er kann gerade aufwachsen oder vorn und seitlich Absätze haben, schliesslich auch stetige Querschnittveränderungen erfahren.

Die theoretisch beste Form würde ein Strebepfeiler haben, der genau der Stütze folgte (Fig. 343). Letztere würde immer in der Mitte liegen und der Querschnitt sich nach unten gemäss der Drucksteigerung allmählich vergrössern. Ob die Lagerfugen dabei senkrecht gegen die jeweilige Druckrichtung oder einfach wagerecht laufen, ist meist ziemlich gleichgültig. Das innere Wandstück C D E könnte ganz entbehrt werden, soweit es nicht etwa nötig wäre, den Pfeiler vor Einfügung der Gewölbe aufrecht zu erhalten.

In der That nähern sich Strebepfeiler an alten Werken ziemlich nahe dieser Grundform, die natürlich in Folge der ganzen architektonischen Ausbildung nicht so unvermittelt zu Tage tritt. Selbst das Fehlen des unteren überflüssigen Stückes C D E ist erstrebt durch ein allmähliches Vorkragen der Wölblieder. Derartige Pfeiler sind natürlich mit dem denkbar geringsten Materialaufwand herstellbar, erfordern aber eine etwas lange Grundrissentwicklung in der Schubrichtung. Soll diese beschränkt werden, so bleibt nichts weiter übrig als eine grössere Massenauftürmung in der Höhenrichtung.

Der gerade aufwachsende Strebepfeiler der ersten Gotik hat keine sehr grosse Grundrisslänge, erfordert aber ziemlich viel Masse (Fig. 344). Der trapezförmige Pfeiler (Fig. 345) ist im Grundriss zwar etwas länger, spart aber nicht unerheblich an Masse. An Stelle des Trapezes kann eine dreieckige Pfeilervorlage in Frage kommen, besonders wenn die Umfassungswände schon an sich recht kräftig sind (Fig. 346). Der Trapez- oder Dreiecksumriss braucht nicht in seiner schlichten Form zu Tage zu treten, er kann vielmehr eine geeignete Auflösung erfahren, bei der aber vor gar zu plötzlichen Querschnittsänderungen zu warnen ist, denn selbige führen leicht zu Rissen und Abscheerungen.

Den Vorzug der nach oben verjüngten Pfeiler 345 und 346 gegenüber dem geraden 344 erkennt man bei einem Vergleich mit der Form Fig. 343, er leuchtet aber auch ohne weiteres ein, sobald man sich das Stabilitätsmoment vorstellt, das weite Zurücktreten des Schwerpunktes hinter die Kippkante ist von Vorteil. In dieser Hinsicht kann man noch mehr erreichen, wenn man den rechteckigen Grundriss verlässt und dafür unten und oben verschiedene Querschnitte einführt, z. B. zwei gegeneinander gekehrte Dreiecke (Fig. 348). Unten ist es günstig, die gefährdete Aussenkante *ab* so lang als möglich zu machen, oben dagegen ist es besser, die Masse möglichst nach hinten zu schieben. Auch diesen Vorteil hat sich das Mittelalter nicht entgehen lassen. Es treten sehr oft Grundrisse nach der Art der Fig. 349 auf, bei denen unten die Aussenkante durch Eckvorlagen gestärkt ist, während oben schwere Fialenaufbauten dicht an der Mauerflucht an günstigster Stelle belasten. Man sieht, an der Möglichkeit mannigfaltiger Gestaltung fehlt es dem Strebepfeiler weder in statischer noch architektonischer Beziehung, über seine weitere Ausbildung wird noch an anderer Stelle zu handeln sein.

Bei Fig. 343 war gezeigt, dass sich ein Raum unter dem Strebepfeiler ganz sparen lässt, besonders wird das bei sehr hohen Pfeilern merklich sein. Man kann

noch einen Schritt weiter gehen und nach Art der Fig. 347 die am Wölbanfang wirkenden Kräfte in zwei Richtungen spalten. Den einen Teil kann man in einem Pfeiler A B senkrecht nach unten führen, den anderen aus dem Schub und nach Belieben auch einem Teil der senkrechten Lasten gebildeten Kraftanteil führt man der Stützlinie folgend in einem gebogenen Mauerkörper A C hinab. Letzterer wird dünner, rückt aber weiter nach aussen als der Strebepfeiler Fig. 343. Den Raum C B zwischen dem äusseren und inneren Pfeiler kann man in das Innere des Bauwerkes hineinziehen, wodurch sich auch auf diesem Wege die basilikale Kirchenanlage mit ihrem Strebesystem herausbilden würde. Je nach der Art wie man die Kräfte auf die beiden Mauerkörper verteilt und nach der Weise der Massenordnung in denselben hat man es in der Hand, die verschiedensten Formen für ein solches Strebesystem abzuleiten. Wie man den Gleichgewichtszustand in demselben prüfen kann, wird bald in einem besonderen Abschnitt besprochen werden.

Mittelpfeiler.

Treten Wölbungen in mehreren Reihen nebeneinander, so werden zu ihrer Unterstützung Mittelpfeiler nötig. Die Benutzung des Raumes erheischt für dieselben meist eine möglichst geringe Dicke, zu deren Erlangung ein allseitiger Ausgleich der Schubkräfte am wirksamsten beiträgt. Heben sich alle Horizontalschübe gegenseitig auf, so braucht der Pfeiler nur so stark zu sein, dass er unter der Last der ihm auflagernden Gewölbe nicht zerdrückt oder zerknickt wird, dazu gehört aber gewöhnlich nur ein sehr geringer Querschnitt, den man zur Sicherheit mit Rücksicht auf zufällige schiefe Belastungen oder den ungleichartigen Vorgang beim Einwölben etwas zu vergrössern pflegt.

Allseits
gleiche
Schübe.

Wenn ein weiter Saal oder auch eine mehrschiffige Kirche mit Gewölben gleicher Grösse und Höhe überspannt wird, so ergibt sich ein Ausgleich der Schübe meist von selbst, man kann einen solchen aber auch bei verschieden breiten benachbarten Gewölben, beispielsweise einer Kirche mit ungleichen Schiffbreiten, durch geeignete Konstruktion ganz oder zum Teil erreichen.

Treten zwei Gewölbe von gleicher Stärke und gleicher Scheitelhöhe aber abweichender Spannung zusammen, so fallen die Schübe sehr verschieden aus, sie verhalten sich etwa wie die Quadrate der Spannweiten (Fig. 350). Bei einem Weitenverhältnis wie 2 zu 3 wären z. B. die Schübe wie 4 zu 9 und bei einem Unterschied wie 1 zu 2 würde gar der grössere Schub 4mal den kleinen überwiegen, so dass nach gegenseitigem Ausgleich der Pfeiler noch einen Ueberschuss an Schub aufnehmen müsste, der $\frac{3}{4}$ des grossen Wölbschubes gleichkäme.

Ausgleich
der Schübe
verschieden
weiter
Gewölbe.

Besser beglichen sich schon die Schübe, wenn die Pfeilhöhe des kleinen Gewölbes sich in der Weise verringert, dass sein Höhen- oder Pfeilverhältnis ($f : b$) demjenigen des grossen Gewölbes ($F : B$) gleichkommt, es stehen dann die Schübe etwa im direkten Verhältnis ihrer Spannweiten (Fig. 351).

Sollen sich die Schübe ganz aufheben, so würde die Pfeilhöhe des kleineren Gewölbes noch weit geringer werden müssen (vergl. in Fig. 352 die punktierte Bogenlinie). Durch genügende Abflachung des kleinen Gewölbes lässt sich der Schubausgleich statisch immer ermöglichen, selten aber gestatten architektonische Rücksichten

diese Lösung. Jedenfalls soll man, soweit es irgend thunlich ist, die Pfeilhöhe des kleinen Gewölbes verringern statt sie zu vergrössern, vor sehr spitzen lanzettförmigen Bögen ist besonders zu warnen, sie sind an sich schon statisch unvorteilhaft (vergl. vorn S. 54) und sind in diesem Falle besonders bedenklich. Muss man das schmale Gewölbe durchaus zu derselben Scheitelhöhe erheben wie das breite, so ist an Stelle eines schlanken Spitzbogens (Fig. 350) besser ein weniger spitzer aufgestellter Bogen zu verwenden, wie ihn Fig. 352 zeigt. Man vergrössert dadurch den Schub des kleinen Gewölbes und lässt ihn höher zum Angriff kommen, was beides günstig wirkt.

Lässt sich durch eine geeignete Wahl der Pfeilhöhe der Schub nicht ausgleichen, so muss man zu einer künstlichen Vermehrung des Gewichtes beim schmälern Felde schreiten, was am besten durch Uebermauerung des Gurtes zu erzielen ist (Fig. 353).

Wenn das Mittelgewölbe höher ansetzt, also sein Schub um so mehr überwiegt, so kann die seitliche Gurtübermauerung sogar eine Absteifung bewirken, durch welche der Schub zum Teil über den kleineren Gurt fortgeleitet wird (Fig. 354).

Bei grösserem Höhenunterschied würde eine volle Gurtübermauerung zu schwer werden und den Schub des kleinen Gurtes zu sehr steigern. Man muss dann in der Strebewand Oeffnungen anbringen, welche ihr Gewicht verringern, aber oben ein Abfangen des Schubes vom Hauptgewölbe zulassen (Fig. 355). Ein steigender Bogen ist dazu am meisten geeignet. Es bildet sich damit ganz von selbst das Strebesystem aus, das bald nach seiner Aufnahme in wunderbarer Weise weiter vervollkommenet wurde.

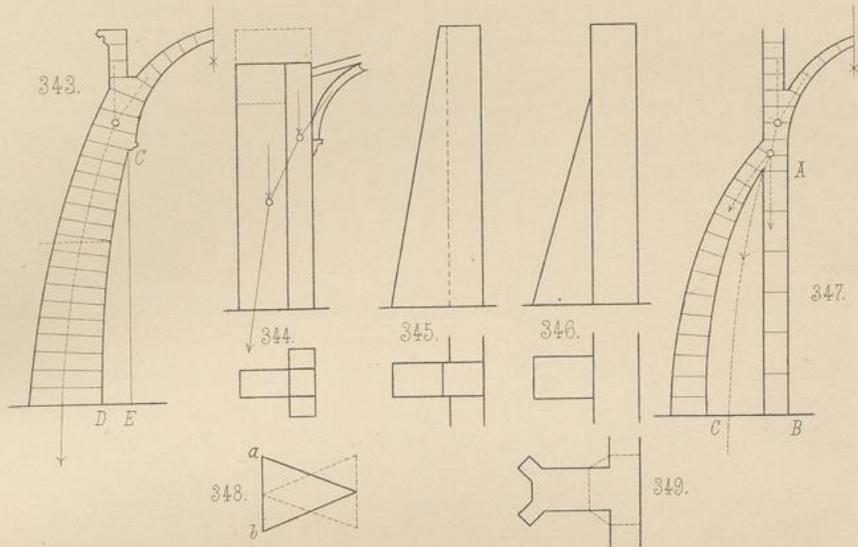
Bestimmung der Widerlagsstärke.

Es sind soeben in grossen Zügen die Grundformen der Widerlager nebeneinandergestellt, die weitere Gestaltung und architektonische Ausbildung der Wände, Strebepfeiler und Strebebögen wird an geeigneter Stelle im Zusammenhang mit der ganzen Entwicklung des Kirchenbaues seine Erledigung finden; hier handelt es sich zunächst darum, die erforderliche Stärke der Widerlager und die in ihnen auftretenden Spannungen kennen zu lernen. Die richtige Bemessung der Wand- und Pfeilerstärken ist für die mittelalterliche Bauweise eine Frage von so einschneidender Bedeutung, dass ihr nachstehend mehrere Kapitel zu widmen sind.

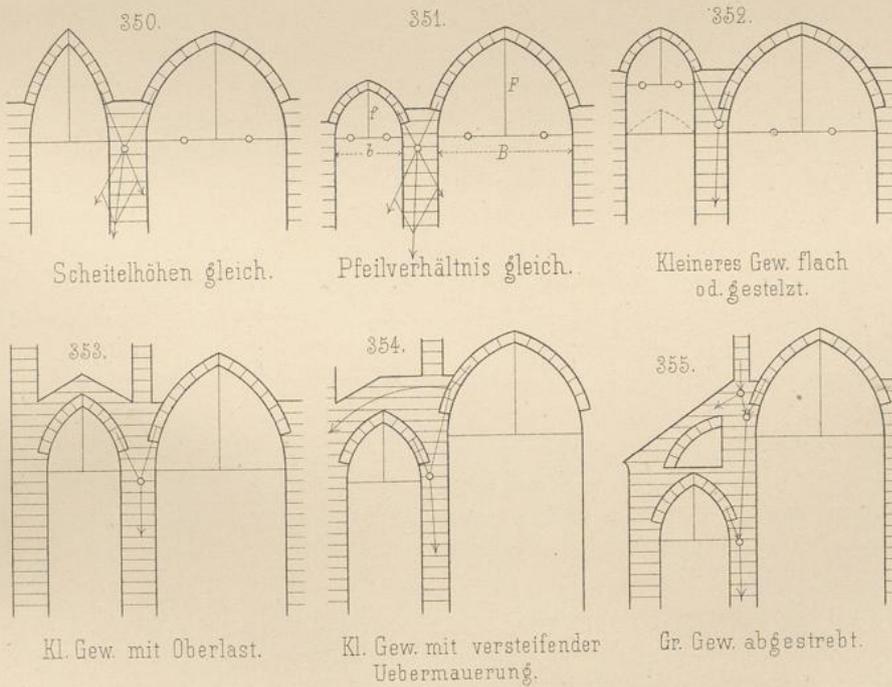
Bisher richtete man sich in Ermangelung eines Besseren nach Konstruktionsregeln, die aus den Ueberkommnissen des spätesten Mittelalters geschöpft oder von neueren Meistern oft mit viel Scharfsinn aufgestellt waren (vergl. darüber hinten — Grundrissbildung der Kirche). Für mittlere Verhältnisse sind dieselben meist gut zutreffend, sie verlieren aber naturgemäss ihre Geltung, sobald besondere Fälle vorliegen, sie können dann sogar zu bedenklichen Irrungen führen. Nie lassen solche Regeln ein Gefühl der Sicherheit zu, ein Umstand, der vielleicht der mittelalterlichen Bauweise schon manchen Jünger entfremdet hat. Zuversicht zu seinen Konstruktionen hat man aber sofort, wenn man sich die Wirkung der Kräfte klar vergegenwärtigen und direkt mit ihr arbeiten kann*). Die einfache Zusammensetzung und

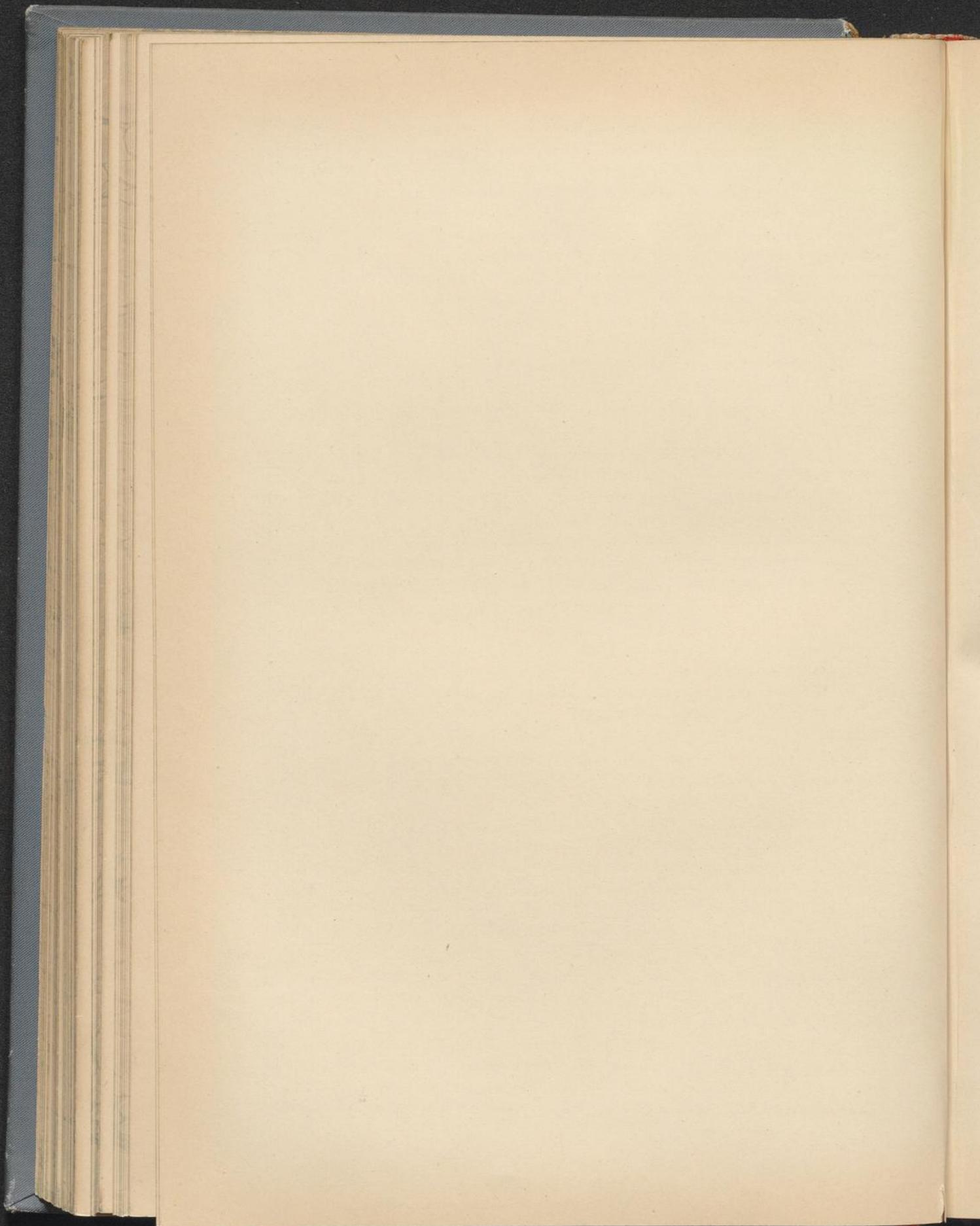
*) Bei dem Zuge unserer Zeit, aus Unwissenheit oder Bequemlichkeit lieber ein teures Surrogat als eine billigere gesunde Konstruktion zu verwenden, haben sich neuere Baumeister nicht entblödet, anscheinende Rippengewölbe aus einem komplizierten mörtelbeworfenen Netz aus Gitterträgern und Drahtmaschen herzustellen. —

Aufriss der Strebepfeiler.



Stärke der Mittelpfeiler.





Zerlegung der Kräfte, welche neuerdings von der graphischen Statik zu so hoher Bedeutung erhoben ist, giebt ein äusserst bequemes und leicht verständliches Mittel dazu an die Hand, das für vorliegende Zwecke um so wertvoller ist, als es selbst dem der Mathematik nahezu ganz Unkundigen zugänglich ist, es setzt als Vorkenntnis eigentlich nichts weiter voraus als die Lehre vom Parallelogramm der Kräfte, die da besagt, dass die Diagonale eines Parallelogramms die Grösse und Richtung einer Mittelkraft (Resultante) darstellt, welche sich in zwei durch die Parallelogrammseiten dargestellte Seitenkräfte zerlegen lässt, oder welche umgekehrt an die Stelle zweier solcher Seitenkräfte gesetzt werden kann.

2. Grösse und Lage des Widerlagsdruckes der Gewölbe.

Handelt es sich darum, die Kräfte oder richtiger die Spannungen in einem Widerlagskörper zu ermitteln, so muss man zunächst den vom Gewölbe ausgeübten Widerlagsdruck kennen. Wengleich derselbe aus den früher besprochenen statischen Eigenschaften des Gewölbes resultiert, soll er an dieser Stelle, soweit er für die Widerlager in Frage kommt, des besseren Zusammenhanges wegen zur Besprechung gelangen.

Jedes Gewölbe übt eine schräg gerichtete Pressung gegen sein Widerlager aus, die um so flacher geneigt ist, je flacher das Gewölbe ist (vergl. Fig. 356 und 357). Dieser Widerlagsdruck W lässt sich in eine wagerechte und senkrechte Seitenkraft H und V zerlegen, die erste nennt man den Horizontalschub, die zweite ist die Widerlagsbelastung. Man kann ganz nach Belieben entweder den schrägen Druck W oder seine beiden Seitenkräfte in Rechnung setzen.

Die Widerlagslast V ist immer gleich dem Gewicht des auf diesem Widerlager ruhenden Gewölbstückes.

Der Horizontalschub H wechselt nicht allein mit der Grösse und Verteilung des Gewichtes, sondern ganz besonders mit dem Pfeilverhältnis des Gewölbes. In den Abbildungen 356 und 357 ist V als gleich vorausgesetzt, H fällt dagegen wegen der ungleichen Steilheit sehr verschieden gross aus, was auf die erforderliche Widerlagsstärke natürlich vom grössten Einfluss ist.

Um den Widerlagsdruck zu ermitteln, können mehrere Wege eingeschlagen werden, die, soweit sie bereits bei den Gewölben erwähnt, hier noch einmal in Kürze mit aufgezählt werden mögen.

1. Durch Konstruktion der Stützlinie, die unter den Gewölben (S. 52) näher erläutert ist, gewinnt man das klarste und zuverlässigste Bild von dem Verlauf der Druckspannungen im Gewölbe selbst, gleichzeitig liefern die Endkräfte der Drucklinien unmittelbar den schräg gerichteten Widerlagsdruck nach Grösse und Richtung.

Ermittlung
des Wider-
lagsdruckes.
1. Mit Hilfe
der
Stützlinie.

Beim Tonnengewölbe ermittelt man die Linie für einen Streif von vielleicht 1 m Breite, beim Kreuzgewölbe sucht man jede Drucklinie in den Rippen und dem Gurt für sich auf und setzt am Gewölbanfang aus ihnen die gemeinsame Widerlagskraft zusammen.