



UNIVERSITÄTS-
BIBLIOTHEK
PADERBORN

Lehrbuch der gotischen Konstruktionen

Ungewitter, Georg Gottlob

Leipzig, 1890-

Aufriss der Wände und Strebepfeiler

[urn:nbn:de:hbz:466:1-80225](#)

Aufriss der Widerlagswände und Strebepfeiler.

Standfähigkeit
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 Wölstückes (Wölbhälften) 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. Andrerseits 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 erhöhet 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.

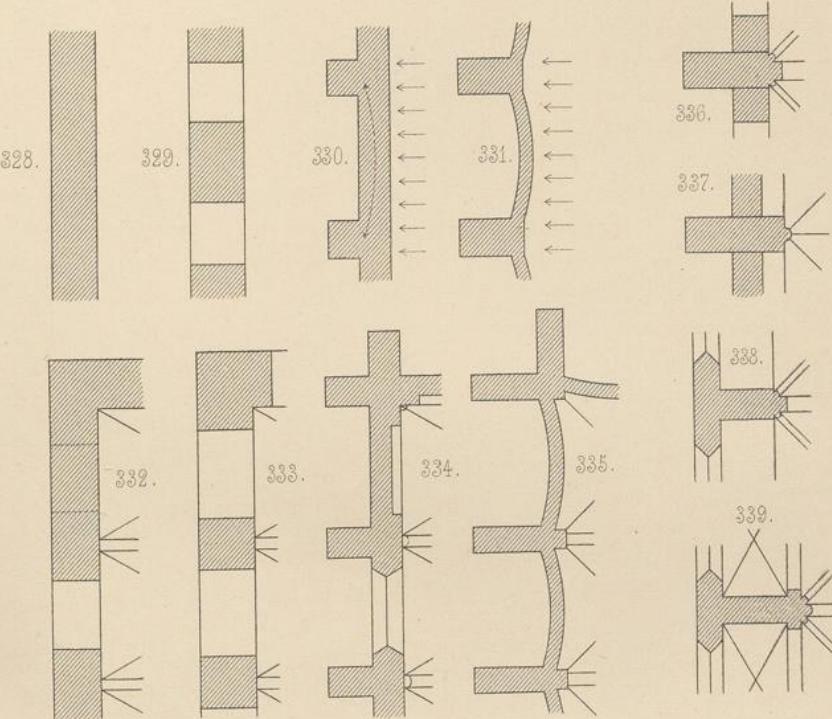
Einfluss der
Oberlasten.

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.

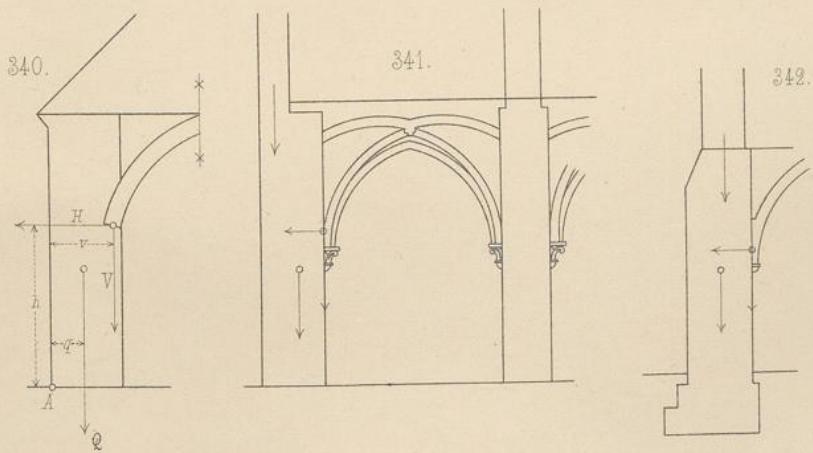
Auf die lastende Wirkung einer Dachkonstruktion, Balkendecke oder selbst Fachwand soll man sich nicht zu sehr verlassen. Abgesehen von den Gewichtsschwankungen ist bei der üblichsten Auflagerung durch Längsschwellen schwer vorauszusetzen, dass der Druck überall sich gleichmässig überträgt, es ist sehr wohl denkbar, dass gerade über dem Wölbansatz 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 Widerlagewände.



Aufriss der Widerlagewände.



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 ratsam, ihn so schmal und lang als möglich herauszuziehen. Es werden aber Grenzen gesteckt durch die etwaige Verschiedenheit des Schubes in den beiden benachbarten Wölfeldern, 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 müssten 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 zugehörenden 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 Stützlinie 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 Wölbglieder. 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 Massenaufstürmung 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 schlchten 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 *a b* 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 Strebessystem herausbilden würde. Je nach der Art wie man die Kräfte auf die beiden Mauerkörper verteilt und nach der Weise der Massenanordnung in denselben hat man es in der Hand, die verschiedensten Formen für ein solches Strebessystem 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 Gewölbien gleicher Grösse und Höhe überspannt wird, so ergiebt sich ein Ausgleich der Schübe meist von selbst, man kann einen solchen aber auch bei verschiedenen 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 Wölschubes gleichkäme.

Ausgleich der Schübe verschieden weiter Gewölbe.

Besser begleichen 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