



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Lehrbuch der gotischen Konstruktionen**

**Ungewitter, Georg Gottlob**

**Leipzig, 1890-**

Der Schildbogen und seine Übermauerung

---

[urn:nbn:de:hbz:466:1-76966](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:466:1-76966)

aber behält sie immer ihre grosse statische Bedeutung, sie ist hier um so wichtiger, je mehr im übrigen das Mauerwerk eingeschränkt wird.

#### Der Schildbogen und seine Uebermauerung.

Nebst dem Strebepfeiler ist der Schildbogen mit dem darüber liegenden Wandstück der wichtigste Teil des tragenden Mauerwerks. Die Aufgaben der Schildbögen und Oberwände sind so vielseitig, dass sie eine nähere Betrachtung erheischen. Sie haben

Aufgabe der Schildbögen und ihrer Uebermauerung.

1. die benachbarten Strebepfeiler in der Wandebene zu verstreben,
2. den in den oberen Wölbteilen etwa wirkenden Schub aufzunehmen (besonders bei überhöhten Gewölben),
3. die Dachlast zu tragen,
4. den Windschub gegen das Dach und die oberen Wandteile auf die Strebepfeiler zu übertragen.

Versteifung in d. Wandebene.

1. Die Versteifung in der Ebene der Wand ist um so nötiger, je mehr in deren Längsrichtung Kraftäusserungen durch verschieden grosse Schübe, Windwirkung, verschiedenes Setzen und dgl. zu erwarten sind, je mehr durch weite Fenster die verbleibende Wandbreite vermindert wird und je höher die Wände und je schmaler die Strebepfeiler sind.

Die Uebermauerung der Schildbögen bildet ihrer Form nach eine unverschiebliche Figur, welche das Seitwärtsneigen der Strebepfeiler verhindert, allerdings ist es Bedingung, dass oberhalb des Fensterscheitels noch ein hinlänglich fester Mauerteil verbleibt, um einer Verschiebung nach Art der Figur 836 zu widerstehen. Soll das Fenster sehr hoch hinaufragen, so kann ein Wimperg diesen Punkt kräftigen.

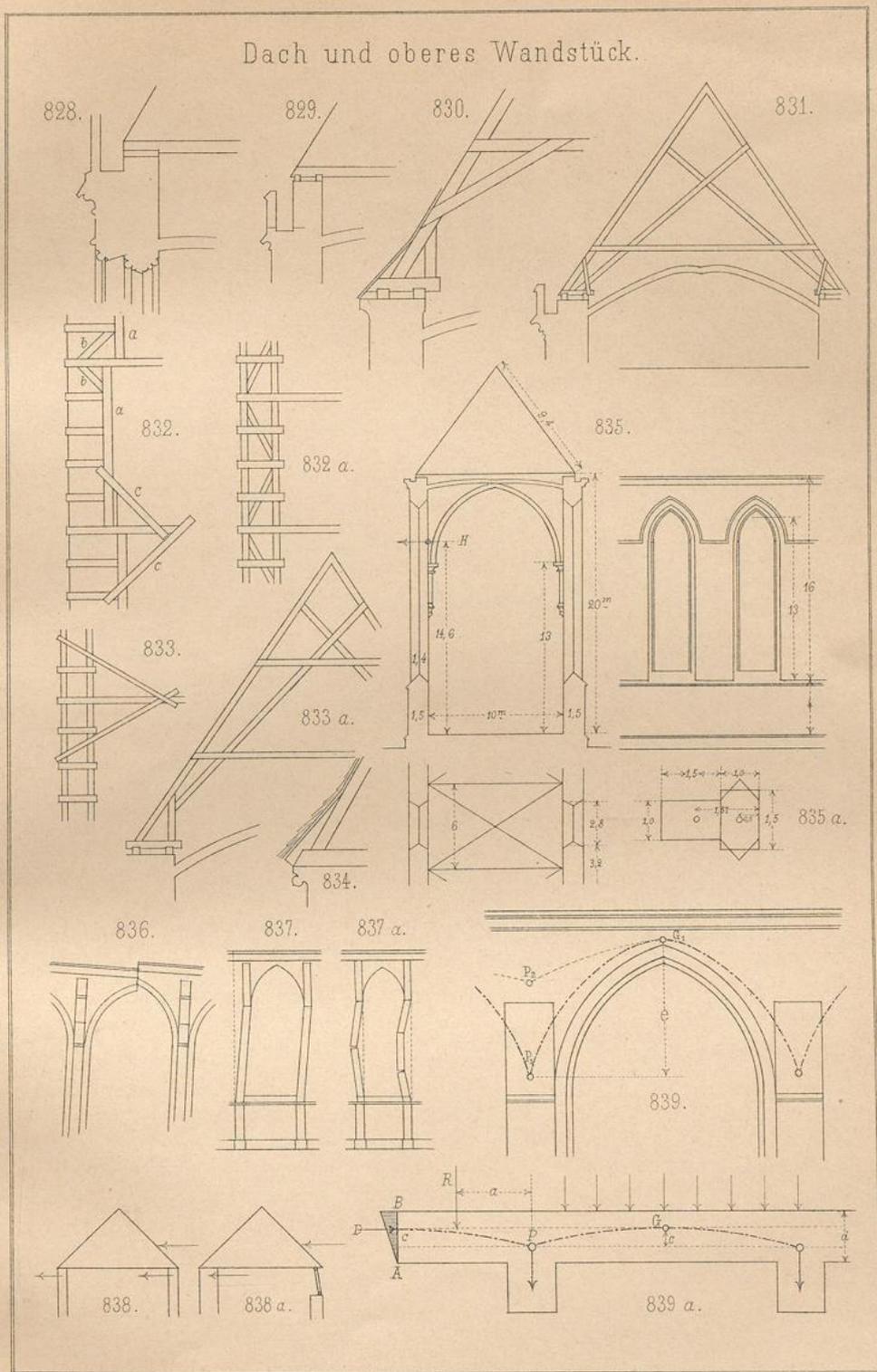
Unterhalb des Kaffsimses bildet das die Strebepfeiler verbindende Mauerstück wiederum eine kräftige Längsversteifung. Ist dieser Teil durch Blenden aufgelöst, so ist wenigstens eine kräftige Verbindung darüber unterhalb der Fenster wünschenswert, die sich bei Anlage eines Umganges in dieser Höhe von selbst ergibt.

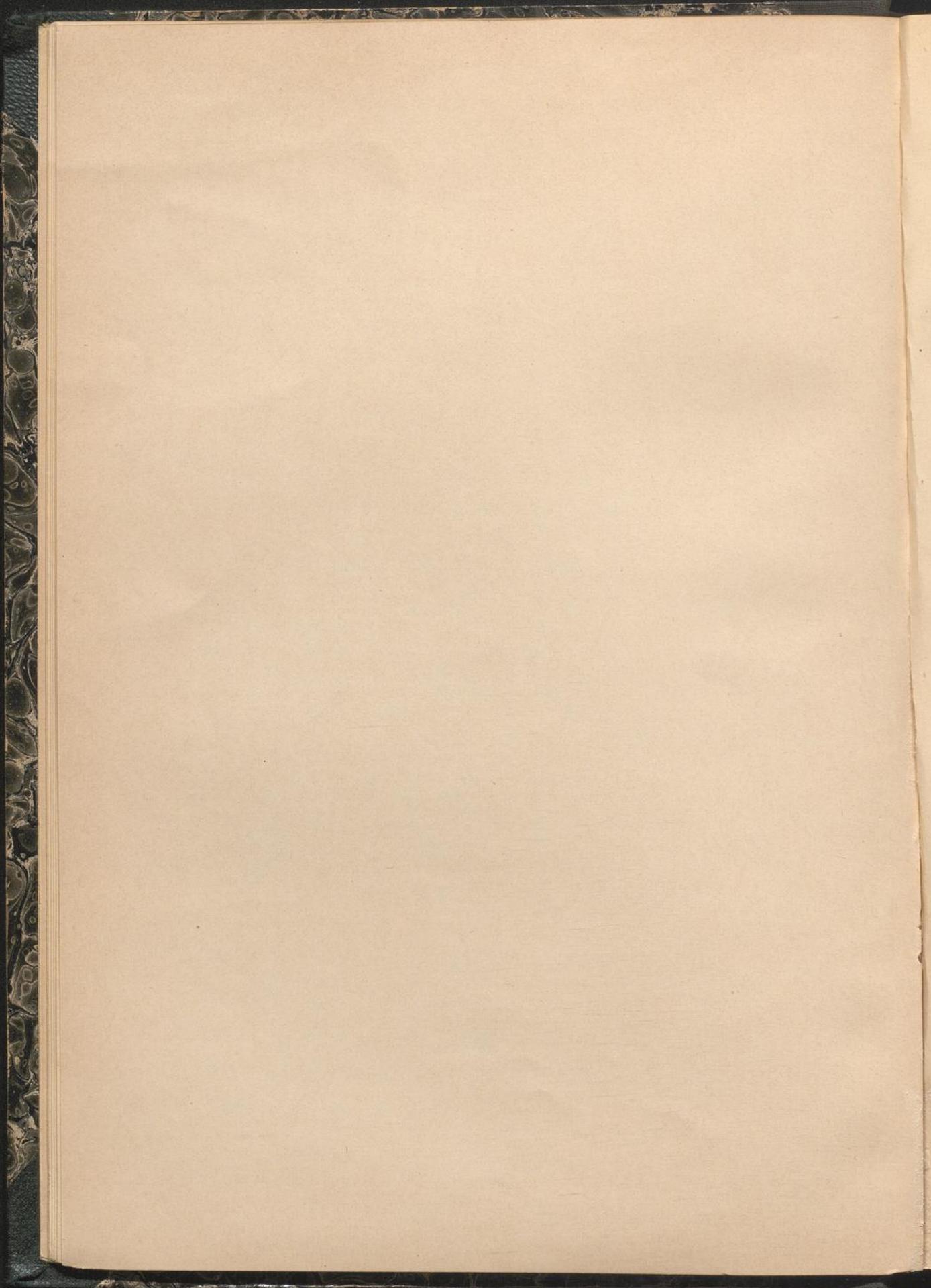
Es bleibt nur noch die Möglichkeit einer Neigung oder Ausbauchung der Strebepfeiler in der Höhe der Fenster nach Art der Fig. 837 und 837a übrig. Bei geringer Fensterhöhe ist beides nicht zu fürchten, bei sehr bedeutender Höhe ist eine nochmalige Horizontalteilung des Fensters durch einen Umgang angebracht, wie sie sich an der Elisabethkirche zu Marburg findet. Besonders ist sie bei den einschiffigen Chor- und Kreuzflügeln hochragender Basiliken am Platze, bei denen eine Höhentheilung ohnedies schon durch die anschliessenden mehrschiffigen Teile gegeben ist. Gar zu hohe Fenster sind schwer zugänglich und in der Wirkung leicht unbefriedigend, so wirken die langen schlitzartigen Fenster an den Querschiffen einiger mecklenburgischer Kirchen fast beunruhigend.

Aufnahme des Wölb-schubes.

2. Ein Wölb Schub wird auf die Schildbögen durch busige und überhöhte Gewölbe getragen, S. 50 u. f. ist angegeben, wie man seine wahrscheinliche Grösse ermittelt. Es kann aber auch ein gewöhnliches Kreuzgewölbe mit geradem Scheitel eine Schubwirkung auf die oberen Teile des Schildbogens ausüben, wenn durch die Art der Ausführung, Verdrückungen oder andere Zufälligkeiten die Spannungen in diese Richtung gelenkt werden (S. 47). Nun kann sich allerdings bei einem solchen Kreuzgewölbe der Schildbogen durch ein ganz geringes Ausweichen diesen Beanspruchungen entziehen, es werden dann alle Wölbteile, ohne dass dadurch die Haltbarkeit gefährdet zu sein braucht, ihre Unterstützung auf dem regelrechten Wege von den Rippen und

Dach und oberes Wandstück.





Anfängen aus suchen müssen. Ein solches Umsetzen des Druckes geht aber gewöhnlich nicht ohne kleine Risse oder Verdrückungen ab, es ist daher gut, dass der Schildbogen steif genug ist, in einem gewissen Grade solchen zufälligen Wirkungen zu widerstehen. Von grösseren äusseren Kräften (Wind u. dgl.), die dem Schildbogen durch das Gewölbe zugeführt werden können, wird gleich noch besonders die Rede sein.

3. Die Verteilung der Dachlast hängt von der Art des Dachgerüsts ab. Wird ein Pfettendach verwandt, dessen Hauptbinder über den Strebepfeilern aufrufen, Aufnahme d. Dachlast. so werden die Zwischenbinder den Schildbogen nur wenig belasten, sind dagegen alle Binder gleich, so verteilt sich auch das Gewicht fortlaufend über die ganze Mauerlänge. Die senkrechten Lasten des Daches, die gewöhnlich klein gegenüber dem Mauergewicht sind, schaden dem Schildbogen selten, sie sind eher erwünscht als lästig. Anders verhält es sich mit den seitlichen Kräften, die das Dachwerk auf die Mauer tragen kann. Sie können hervorgerufen werden, abgesehen vom Wind (siehe unten), durch eine mangelhafte Aufhebung der Schubkraft, falls höher gelegte Zugbalken (Fig. 830, 831) oder Stichgebälke (Fig. 832, 833) von zu geringer Steifigkeit verwandt werden. Starke Dachschiebe sollte man durch geeignete Wahl des Dachverbandes dem Bauwerk immer fern halten, da schon die unvermeidlichen Seitenbewegungen durch den Wind in dieser Höhe genügend zu schaffen machen.

4. Der Windschub gegen das Dach und die Wände kann für die Mauern über dem Schildbogen bedeutungsvoller werden als alle vorigen Einflüsse. Der Winddruck gegen das Dach ist in eine senkrechte Windlast und einen wagerechten Windschub zu zerlegen (s. Tabelle auf S. 163). Erstere gesellt sich der Dachlast zu und ist wie diese mehr nützlich als schädlich. Der horizontale Windschub, über dessen Grösse die letzte Spalte der Tabelle auf S. 163 Auskunft giebt, muss von der einen oder anderen Wand oder von beiden aufgenommen werden; wie er sich auf die beiden Seiten verteilt, ist nicht allgemein zu sagen. Aufnahme des Windschubes.

Liegt ein Dachwerk vor mit einem festen Balken unter jedem Binder (Fig. 838), so bildet das Dach eine in sich unverschiebliche Figur, die der Wind in ihrer Gesamtgestalt seitwärts zu schieben sucht. Die Reibung der Balken bez. der Mauerlatten auf der Wandabgleichung verhindert ein Fortrücken des Daches (Verankerungen sind gewöhnlich nicht nötig, die Reibung genügt bei freier Auflagerung meist). Kann sich aber das Dach nicht auf dem Gemäuer verschieben, so wird es dieses mit fortzudrängen suchen, der ganze Windschub gegen das Dach fällt also schliesslich den Mauern zu.

Sind beide Mauern gleich standfähig, so werden sie sich etwa gleichmässig in den Schub teilen, vielleicht übernimmt die Mauer, welche den grösseren senkrechten Auflagerdruck erhält, auch etwas mehr von dem Schube. Ist dagegen eine Wand weniger stabil, sei es infolge ihrer Gestaltung oder infolge anderer sie schon seitwärts schiebender Kräfte, so wird die schwächere Wand bereits gewillt sein, etwas auszuweichen, nachdem sie einen geringen Teil des Schubes übernommen hat, der grössere Teil muss dann durch die Balken der anderen festbleibenden Wand zugeführt werden (Fig. 838a, in welcher die schwache Wand als Stütze auf Gelenken dargestellt ist, wird dieses klar veranschaulicht). Es kann eine feste Dachbalkenlage sogar einen Teil desjenigen Windes, der gegen die „Wand“ kommt, auf die andere Seite übertragen, dann ist aber eine Verankerung zwischen Balken und Wand und eine gute Sicherung des oberen Wandstückes gegen Umkippen, Gleiten und Ausbauchen ins Auge zu fassen. Dünne bei Brüstungen übliche Mauerbänke (Fig. 829) sind dann ungeeignet.

Ist statt der vollen Balkenlage nur ein Stichgebälk oder eine höhere Balkenlage (Fig. 830) vorhanden, so ist das Dachwerk weniger imstande, den Windschub der stärkeren Mauer zuzuführen, es wird dann die schwächere Wand ihren Anteil grossenteils auf sich nehmen müssen, sie kann sich erst tiefer durch Vermittlung steifer Gewölbe desselben entledigen.

Bei Pfetten- oder Stuhldächern kommt der Winddruck in den Hauptbindern zur

Geltung, legt man diese über die genügend hoch hinaufgeführten Strebepfeiler, so kann man die Windbewegungen von der Zwischenwand ziemlich fernhalten. Erfordert die weite Jochteilung aber noch einen zwischenliegenden Hauptbinder über dem Schildbogenseitel, so ist dieser um so mehr den Bewegungen ausgesetzt.

Wenn die vom Winde getroffene Wand nicht stabil genug ist, den Wind Schub in sich aufzunehmen (s. S. 167—169 betr. d. Basilika und Beispiel II, S. 337 bez. der einschiffigen Kirche), so muss ein Teil desselben sich oben auf die andere Wand übertragen, was durch einen steifen Gurt (Fig. 413) oder den Scheitel des Gewölbes (Fig. 412) möglich ist. Würde das Gewölbe eine grössere Druckübertragung nicht aushalten (z. B. ein gurtloses, leichtes, tonnenförmiges Netzgewölbe), so würden im Notfall die Dachbalken, wie soeben angegeben, sich zu einer Querversteifung herleihen müssen.

Unter diesen Kraftäusserungen gegen die Oberwand sind naturgemäss die seitlich gerichteten, durch Gewölbe oder Wind hervorgerufenen die wichtigsten. Bei schlanken Basiliken mit dünnen Pfeilern können sich in den oberen Mauerschichten Schubkräfte sammeln, die dem regelrechten, im Wölbanfang auftretenden Schub gleichkommen oder ihn gar übertreffen können. Bei einschiffigen oder mehrschiffigen Hallenkirchen pflegen sie geringer zu bleiben, sie dürfen aber nie unterschätzt werden. Das Beispiel II, S. 337 ergab an der vom Winde abgekehrten Seite einen nach dort durch Dach und Gewölbescheitel übertragenen Windschub von etwa 5000 kgr, der also gar nicht weit hinter dem tiefer wirkenden Wölbschub von 5400 kgr zurückblieb.

Unter diesen Kräften können entweder die oberen Mauerschichten fortgeschoben werden, oder es kann das Mauerstück oberhalb der Strebepfeiler sich überneigen, oder es kann schliesslich ein Ausbauchen der Wand zwischen den Strebepfeilern stattfinden.

Ein Fortschieben der oberen Schichten kann am leichtesten eintreten, wenn das Gebäude bereits von einem grossen Sturm getroffen wird, bevor der Mörtel erhärtet ist und bevor die versteifenden Gewölbe eingespannt sind. Es würde die getroffene Wand den Schub, soweit sie ihn nicht selbst bewältigen kann, durch das Dachgerüst auf die andere Seite zu lenken suchen, wobei sich die Dachbalken oder mit diesen gemeinsam die oberen Mauerschichten hinausschieben könnten. Wo es geboten erscheint, könnte man dieser Gefahr durch eine vorläufige Absteifung der Wände und durch Verankerung des Dachwerks bez. der oberen Schichten untereinander (Stein- oder Metalldübel) vorbeugen. Ist der Mörtel erhärtet, so wird eine Verschiebung der Schichten nicht mehr zu fürchten sein, so lange über jeder Fuge die senkrechten Lasten wenigstens  $1\frac{1}{2}$  oder 2 mal so gross sind wie die wagerechten Kräfte.

Dem Windschub „gegen das Dach“ pflegt eine genügend grosse Dachlast zu entsprechen, so war bei dem Beispiel auf Seite 336 der Schub, der ungünstigsten Falles auf eine Wand fallen könnte, 3892 kgr, während die Dachlast für diese Wand 7050 kgr betragen würde. Ist aber ein grosser Windschub „gegen die Wand“ durch den Wölbscheitel zu übertragen, so kann sich leicht die senkrechte Auflast als zu gering erweisen. Sie ist dann durch Verbreiterung oder Erhöhung der Mauer über dem Gewölbe in ihrer ganzen Länge oder durch aufgebaute Wimperge an den gefährdeten Punkten zu vermehren, wenn nicht anstatt der Versteifung d. h. Windübertragung durch den Wölbscheitel eine solche durch den Gurt an einem etwas tieferen Punkt ermöglicht wird.

Ein Ueberkippen des oberen Mauerstückes kann eintreten, wenn bei geringer Wandstärke die Strebepfeiler (oder bei Basiliken die Strebebögen) nicht hoch genug hinaufgeführt sind, oder wenn die Strebepfeilerstärke sich oben zu sehr ver-

Fortschieben  
der oberen  
Schichten.

Umsturz des  
oberen  
Mauer-  
stückes.

mindert hat. Die Stabilität kann man leicht untersuchen, indem man für die Lagerfugen über dem Strebepfeiler oder über dessen oberen Rücksprüngen in der üblichen Weise den Durchgang des Druckes sucht (vgl. S. 140).

Ein Ausbiegen der Wand zwischen den Strebepfeilern ist zu fürchten, wenn die Strebepfeiler genügend hoch und kräftig sind, aber die Wand zu dünn ist. Bei steifen Gurtbögen wird mehr die dem Winde zugekehrte Wand (Fig. 413), bei steifem Wölbscheitel mehr die abgekehrte Wand (Fig. 412) auf Durchbiegung beansprucht. Für die getroffene Wand ist meist weniger zu fürchten, da sie sich gegen die Wölbkappen lehnen und durch diese sich gegen die Gegenwand oder in schräger Richtung gegen die steifen Gurtbögen stützen kann. Für die abgekehrte Wand ist dagegen ein Ausbauchen nach aussen sehr leicht möglich, da sich hier der Windschub den vielleicht ohnedies schon im Wölbscheitel vorhandenen Schubwirkungen zugesellt.

Ausbiegen  
der Ober-  
wand.

Das Verhalten der Wand unter den ausbiegenden Kräften möge an Fig. 839 und 839 a erläutert werden. Mit einer Biegefestigkeit, wie sie bei einem Balken in Frage kommt, kann man in der Grundrissebene der Wand nicht rechnen, da man dem Mauerwerk keine Zugspannungen zumuten darf, die Mauer kann im vorliegenden Fall nur Widerstand leisten durch ihre horizontale Stützfähigkeit, d. h. durch die Möglichkeit der Ausbildung einer Stützzlinie in ihrem Grundriss. Diese Stützzlinie nimmt man am besten so an, dass sie sich im mittleren Drittel bewegt (also  $e = \frac{1}{3}d$ ). Die Stützzlinien zweier benachbarter Felder vereinigen sich im Punkt  $P$  und erzeugen hier eine durch den Strebepfeiler aufzunehmende Kraft, welche gleich der Summe aller auf eine Feldlänge wirkenden Schubkräfte ist. Will man auch noch wissen, wie gross die in der Stützkurve wirkende Kraft  $D$  ist, so stellt man für eine Feldhälfte die Momentengleichung für den Punkt  $P$  auf, sie lautet:  $D \cdot e = R \cdot a$ , worin  $R$  die Mittelkraft aller auf die Wölbhälfte wirkenden Schübe ist. Die grösste Kantenpressung am Punkte  $B$  findet man als  $d = 2 \cdot D : F$ , worin  $F$  der hier über dem Schildbogenscheitel widerstehende Mauerquerschnitt in qcm ist.

Die in dem Grundriss Fig. 839a gezeichnete Stützzlinie darf man sich nicht in einer horizontalen Ebene liegend denken; während sie sich von  $G$  nach  $P$  allmählich nach aussen schiebt, bewegt sie sich gleichzeitig nach unten, wie es der Aufriss (Fig. 839) zeigt. Je grösser das Gewicht der Mauer im Vergleich zu der Schubkraft ist, um so rascher geht die Linie nach unten herab. Man kann etwa annehmen  $e : c = Q : S$ , worin  $Q$  das Gewicht einer Schildbogenbelastung und  $S$  die Summe der auf ein Feld oben kommenden Schubkräfte ist. Man kann sich aus dieser einfachen Beziehung ungefähr die Höhenlage des Punktes  $P$  berechnen und danach bestimmen, wie hoch man den Strebepfeiler hinaufführen muss. Bei dem Beispiel II, S. 337 berechnet sich das Gewicht  $Q$  etwa zu 48 000 kgr, der Schub  $S$  im ungünstigsten Falle zu 5000,  $e$  zu 0,33 m ( $= \frac{1}{3}$  der Wanddicke), somit ergibt sich  $c$  zu  $0,33 \cdot 48\,000 : 5000 = 3,2$  m. Der Punkt  $P$ , bis zu welchem mindestens der Strebepfeiler zu führen ist, würde also etwa 3 bis  $3\frac{1}{2}$  m unter der Traufe liegen.

Je grösser die auf die oberen Wandteile wirkenden Seitenkräfte sind und je kleiner das Gewicht der Wand über dem Schildbogen ist, um so höher müssen die Strebepfeiler hinauftragen. Bei Basiliken kann der Angriffspunkt eine so hohe Stelle  $P_2$  erhalten (er ist in der eben angegebenen Weise aufzusuchen), dass ein Anfall der Strebebögen dicht unter der Traufe dringend nötig werden kann.

Damit die Mauer die auf sie wirkenden Kräfte sowohl im horizontalen als im vertikalen Sinne sicher auf die Strebepfeiler tragen kann, ist eine gute Verbindung der Steine durch Ineinandergreifen oder nötigenfalls auch mechanische Hilfsmittel von Wichtigkeit. Dass man dieses Erfordernis auch in alter Zeit nicht übersehen hat, erweisen unter anderen die Entlastungsbögen, die man mehrfach, so zu Amiens, Troyes und der Ste. Chapelle in Paris, über dem Fensterscheitel der Mauer eingefügt hat.

Ist im Vorstehenden dargethan, welcher Art die Anforderungen an den oberen Wandteil beschaffen sind, so fragt es sich nun, wie denselben gerecht zu werden ist.

Ausbildung  
des oberen  
Wand-  
stückes.

Es ist eine ganze Kette verschiedenartiger, je durch viele alte Beispiele vertretener Lösungen zu verfolgen, deren Hauptglieder hier aufgeführt werden mögen:

1. Die Mauer hat kleine Fenster und keine Strebepfeiler, sie ist von unten bis oben so dick, dass sie den verschieden hoch angreifenden Seitenkräften überall sicher widersteht.

2. Die Mauer hat mässig grosse Fenster und mässig starke Strebepfeiler. Die Strebepfeiler haben nur dem Wölbschub in der Höhe des Anfängers zu widerstehen, brauchen deshalb nicht hoch hinaufzureichen. Alle übrigen Kräfte kann die Mauer selbst bewältigen, die von unten bis oben hinreichend dick ist, um gegen Umsturz genügend gesichert zu sein.

3. Die Fenster öffnen sich von Strebepfeiler zu Strebepfeiler, alle Seitenkräfte müssen deshalb auf letztere geleitet werden. Schildbogen und Fensterbogen sind vereinigt, die Wand über dem Schildbogen ist zur besseren Versteifung erforderlichen Falles verbreitert, entweder nach aussen durch Herauswachsen der oberen Bogenprofile aus den Seiten der Strebepfeiler oder nach innen durch Uebersetzen über den Gewölben.

4. Der Schildbogen ist nach innen vorgeschoben, zwischen ihm und der Fensterwand ist ein Tonnenbogen eingeschaltet, sonst ist alles wie vorstehend. Diese Ausbildung ergibt sich am natürlichsten bei einem Vorziehen der Pfeiler nach innen.

5. Durch Wimperge ist die Oberlast vermehrt. Die Wimperge verhüten durch ihr Gewicht ein Fortschieben oder Überneigen der oberen Mauerschichten, sie bringen die Stützlinie (Fig. 839) in Einklang mit der Spitzbogenform des Schildbogens und verstärken den Scheitel desselben bei hochragenden Fenstern (Fig. 836). Je schwerer der Wimperg lastet, um so dünner kann entweder die Mauer über den Fenstern sein, oder um so niedriger können die Strebepfeiler gehalten werden.

6. Alle Seitenkräfte werden, soweit es irgend möglich ist, dem Strebepfeiler, der sehr hoch hinaufragt, direkt zugeführt, von dem Wandfeld dagegen möglichst ferngehalten. Es wird dies erreicht durch geeignete Dachkonstruktion (z. B. Pfettendach mit Hauptbindern über den Strebepfeilern), durch entsprechende Wölbform (nicht schiebend im Scheitel) und besonders durch Anwendung eines versteiften Gurtbogens (Fig. 413), der eine geschlossene Querverbindung von einem Strebepfeiler zum gegenüberliegenden bildet.

Durch diese letzte Ausbildung lässt sich die Wandmasse am wirksamsten einschränken, selbst so weit, dass der Schildbogen, wie an den Kirchen Burgunds aus der frühen Gotik (Fig. 848) sich ganz von der Aussenwand unabhängig macht. Aber von dieser fast überraschenden Kühnheit ganz abgesehen, ist es immer für eine Kirche sowohl im Hinblick auf die dadurch mögliche Massenersparnis als ganz besonders wegen der geringeren Beweglichkeit der empfindlicheren Teile vorteilhaft, alle Seitenkräfte möglichst den Gurtbögen und Strebepfeilern zuzuweisen.

Im Ganzen stellen die sechs aufgeführten Ausführungsweisen eine Stufenfolge von der schweren zur leichteren Konstruktion dar, es lassen sich noch weitere Zwischenstufen unterscheiden, wie sich überhaupt einzelne mit Erfolg mit einander verbinden lassen.

Über die architektonische Ausbildung des oberen Wandstückes siehe weiter hinten unter Wimperg, Gesimse u. s. f.