



UNIVERSITÄTS-  
BIBLIOTHEK  
PADERBORN

# **Lehrbuch der gotischen Konstruktionen**

**Ungewitter, Georg Gottlob**

**Leipzig, 1890-**

1. Einschiffige Kirche und einschiffiger Chor

---

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

## V. Die Kirche im Querschnitt und Aufriss.

### 1. Einschiffige Kirche und einschiffiger Chor.

#### Höhenverhältnis des Innern.

Bei Entwicklung des Kirchenquerschnittes aus der allgemeinen Grundrissform heraus sind zunächst die Forderungen der Ueberwölbung, die Bedingnisse der Lichtzuführung und das Streben nach vollendetem architektonischem Ausdruck im Innern und Aeussern als die massgebenden Faktoren zu betrachten. Für die einschiffige Kirche ist es ohne besondere Schwierigkeit möglich, allen gleichzeitig gerecht zu werden.

Den Gewölben kann man hier immer, selbst bei sehr grossem Schub, genügend starke Widerlager aussen entgegensetzen, es sind nur Gründe der Sparsamkeit, die auch bei der einschiffigen Kirche darauf hinweisen, die Masse der Gewölbe und Widerlager einzuschränken. Licht lässt sich durch die Seitenwände in beliebiger Fülle einführen und der künstlerischen Gestaltung sind keine grosse Fesseln angelegt; sie kann in der Durchbildung der Einzelteile und ebenso in der Festsetzung der Hauptverhältnisse sich ziemlich ungebunden bewegen.

Ganz besonders beeinflusst das Höhenverhältnis des Ganzen und der einzelnen Teile den Charakter des Bauwerks. Eine Betrachtung der mittelalterlichen Werke lässt auch hier wieder eine unendliche Mannigfaltigkeit erkennen. Zwar spricht sich in den Bauten der verschiedenen Gegenden in den Höhenmassen eine gewisse Verwandtschaft aus, dieselbe ist aber einem Wandel in den Zeitabschnitten unterworfen und wird in besonderen Fällen von dem Streben nach grösserer Prachtentwicklung, nach höherem Aufbau durchbrochen.

Im Durchschnitt hat die Höhe im Laufe der Jahrhunderte eine Steigerung erfahren, die etwa gleichen Schritt hielt mit der Vergrösserung der Fensterflächen und der Beschränkung der Mauermassen. Jedoch kommen zu allen Zeiten neben den stolz hinaufragenden Werken auch solche von recht bescheidener Höhenentwicklung vor, da die zu Gebote stehenden Baumittel hier ein gewichtiges Wort mitreden.

Das nächste Erfordernis ist wohl, dass die Höhe bis zum Gewölbanfang ( $h$  in Fig. 827) und ebenso die Höhe bis zum Scheitel ( $H$ ) in einem fasslichen Verhältnis zur Breite stehe, mit anderen Worten, dass das Bild des durch den Gurtbogen gelegten Querschnittes dem Auge wohlgefällig sei.

Höhe bis  
Gewölban-  
fang und  
Scheitel.

Allerdings steht die Wirkung dieses Querschnittes auch noch in einer gewissen Abhängigkeit zu der Länge des ganzen Raumes wie der einzelnen Joche, zu der Ueberhöhung der Gewölbe, der

UNGEWITTER, Lehrbuch etc.

egehbar-  
keit des  
chbodens.

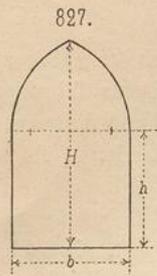
Hinauf-  
cken der  
Balken.

Anlage der Fenster u. s. w.; es kann ein an sich glückliches Verhältnis durch Einwirkungen dieser Art merklich beeinflusst werden.

So ist die Länge der ganzen Kirche insofern belangreich, als bei geringer Länge auch die Höhe nicht zu bedeutend sein darf, um das Gesamtbild des Gewölbes dem Auge noch fasslich zu machen, es sollte die Höhe die halbe Länge nicht viel überschreiten. Bezüglich eines der Kirche angeschlossenen Chores kommt natürlich die Länge des Schiffes mit in Betracht.

Will man einen Unterschied machen zwischen Kirchen von geringer, mittlerer und bedeutender Schiffshöhe, so kann man die Grenzen ziehen, wie folgt:

Niedrig ist eine Kirche zu nennen, deren Gewölbanfang sich um weniger als die Schiffweite über dem Fussboden erhebt ( $h:b$  kleiner als 1), oder was etwa auf dasselbe hinausläuft, deren Gesamthöhe bis zum Scheitel unter  $1\frac{1}{2}$  Schiffweiten bleibt. Hierher gehören viele Kapellen und zahlreiche kleine Dorfkirchen, aber auch manche grössere einschiffige Kirchen, die wegen der grossen Spannweite ihrer Gewölbe doch schon zu einer ansehnlichen Höhe aufsteigen. Bei manchen Dorfkirchen liegt der Wölbanfang etwa in Kopfhöhe oder selbst noch tiefer, während der Wölbscheitel kaum eine Höhe gleich der lichten Schiffweite erreicht. Als ein Beispiel unter vielen möge die kleine, der mittleren Gotik angehörige Kirche des Dorfes Volksen bei Einbeck dienen, die bei einer Schiffweite von etwa 6 m eine Kämpferhöhe von 1,8 m und eine Scheitelhöhe von noch nicht 5 m aufweist. Bei ihrer geringen Länge, sie hat nur 2 kurze Joche und einen dreiseitigen Chorschluss, wirkt sie gar nicht übermässig gedrückt.



Ein mittleres Höhenverhältnis ergibt sich, wenn der Wölbanfang  $1-1\frac{1}{2}$  Schiffweiten hoch liegt, oder der Wölbscheitel  $1\frac{1}{2}-2\frac{1}{4}$  Weiten. Sehr viele kleinere und grössere Kirchen der

romanischen und gotischen Zeit, deren Inneres einen besonders ansprechenden Eindruck macht, bewegen sich in diesen Grenzen, auch die schon ziemlich schlank wirkende Oberkirche der Ste. Chapelle zu Paris überschreitet diese Höhenverhältnisse noch nicht.

Als schlank muss eine einschiffige Kirche bezeichnet werden, wenn das Höhenverhältnis die soeben bezeichneten Grenzen übertrifft, selten geht die Höhe des Anfanges bei einschiffigen Kirchen über 2 Wölbweiten und die Höhenlage des Schlusssteines über  $2\frac{1}{2}$  Schiffweiten hinaus. Das Mittelschiff „mehrschiffiger“ Kirchen, welches sich zu der Gesamtweite in gewisse Beziehungen setzt und welches ausserdem wegen der Lichtzuführung oft hoch hinausgeführt werden muss, ist im Durchschnitt höher als das Schiff der einfachen Kirche, es übersteigt mehrfach selbst die dreifache Weite (Köln).

Will man dem Auge wohlthuende geometrische Beziehungen zwischen Höhe und Breite aufsuchen, besonders zwischen der Höhenlage des Gewölbanfanges ( $h$  in Fig. 827) und der lichten Weite ( $b$ ), letztere je nach Umständen im Lichten der Vorlagen, der Schildbogenebene oder der Wandflucht gemessen), so könnten das folgende sein:

Geometrische Beziehung zw. Höhe und Weite.

1. Höhe gleich der halben Weite ( $h = 0,5 \cdot b$ ).
2. Höhe gleich der halben Diagonale aus dem Quadrat der Weite ( $h = 0,707 b$ ). Dieses Verhältnis scheint u. a. vorzuliegen bei der Kirche Maria-Selpritsch in Kärnten und im Chor der zu der frühwestfälischen Gruppe gehörenden Kirche zu Volkmarsen.
3. Höhe gleich der Weite ( $h = b$ ) — Chor der frühgotischen Kirche zu Wetter, der spätgotischen Martinskirche zu Kassel und Längsschiff vieler anderer Kirchen.
4. Höhe gleich der Diagonale aus dem Quadrat der Weite ( $h = 1,4142 b$ ) — Chor der Elisabethkirche zu Marburg, der Severikirche zu Erfurt, der Kirche zu Immenhausen in Hessen, Schiff der Ste. Chapelle zu Paris u. s. w.

5. Höhe gleich anderthalb Weiten ( $h = 1,5 b$ ) — Chor der Kirche zu Friedberg.

6. Höhe gleich zwei Breiten ( $h = 2 \cdot b$ ) — Marienkirche zu Mühlhausen u. s. w.

Die uns erhaltene Unterweisung des F. LACHER (Reichensperger, vermischte Schriften) geht von der Gesamthöhe bis in den Wölbscheitel aus und verlangt für diese  $1\frac{1}{2}$  mal die Weite (was er die „rechte Höhe“ nennt) oder auch 2 bez. 3 Weiten. LACHER setzt dann weiter die Pfeilhöhe der Gewölbe fest, indem er die Kreuzbögen zu Halbkreisen macht und den Gurt- und Schildbögen gleiche Scheitelhöhe giebt. In dem letzten Satz der erwähnten Abhandlung heisst ein derartiges Gewölbe „ein recht Gewölbe“.

### Das Dach der einschiffigen Kirche.

Die Aussenwand hat oberhalb des Gewölbes keine Aufgabe weiter zu erfüllen, als die Dachbalken und das Dachgerüst zu tragen. Demgemäss ist sie bei den meisten romanischen und gotischen Bauten nur so hoch hinaufgeführt, dass die ihr aufliegenden, über dem Gewölbe durchgehenden Dachbalken, selbst bei einer durch zufällige Belastungen hervorgebrachten Biegung, die Aussenflucht der Kappen nicht berühren. Es genügt zu diesem Zweck gewöhnlich ein Spielraum von 10—30 cm.

Es kann unter jedem Gespär ein Balken liegen, so dass der mittlere Abstand nur etwa 1 m beträgt. In diesem Falle ist es leicht, den Dachboden durch übergelegte Laufbohlen oder auch eine geschlossene Dielung begehbar zu machen. Nun ist aber eine bequeme Begehbarkeit des Bodens gewöhnlich so wenig erforderlich, dass man ihretwegen ungern eine volle Balkenlage aufwenden möchte. Daher hat man in alter und neuer Zeit vielfach nur Balken durchgezogen, wo man ihrer als Zughölzer zur Aufhebung des Dachsches bedurfte, sie bekommen dann je nach der Eigenart der Dachkonstruktion einen Abstand von  $2\frac{1}{2}$ —5 m oder auch darüber. Will man sie auch in diesem Falle zum Begehen des Dachbodens dienstbar machen, so kann man einige stärkere Laufbohlen oder auch Laufhölzer hinüberstrecken, stärkere Belastungen sind dann aber zu vermeiden.

Begehbarkeit des Dachbodens.

Vielfach benutzt man garnicht die Balken, sondern unmittelbar die Gewölbe zum Beschreiten des Dachraumes, man kann dann die Balken entweder so hoch hinaufschieben, dass man unter ihnen hindurch gelangen kann oder dicht über den Gewölben in grösseren Abständen von einander so anordnen, dass sie beim Ueberschreiten nicht hinderlich werden.

Eine höher gerückte Balkenlage lässt sich auf drei Wegen ermöglichen:

1. Man führt die Aussenwände so hoch hinauf, dass man unterhalb der auf ihnen liegenden Balken hindurchgehen kann. Die dabei zugegebenen Mauerstücke können eine erwünschte Oberlast für die Schildbögen geben und ausserdem die Ausbildung eines stattlichen Hauptgesimses im Aeussern begünstigen. Eine solche Aufhöhung bis über Kopfhöhe findet sich jedoch selten (Reims), etwas häufiger kommt es vor, dass man sich damit begnügt, die Balken 1— $1\frac{1}{2}$  m über die Gewölbe zu heben, sodass man beim Beschreiten der letzteren sich bei jedem Binderbalken bücken muss.

Hinaufrücken der Balken.

2. Um Mauerwerk zu sparen, führt man die Wände nicht in ganzer Stärke hinauf, sondern nur eine dünne hinter der Rinnenbrüstung liegende Wand (Fig. 829).

3. Man legt den Balken in der Dachkonstruktion höher hinauf (Fig. 830). Die Mauer endigt dann unmittelbar über dem Schildbogen, die Sparren stehen auf kleinen, auf Mauerlatten gelagerten Stichbalken. Damit die Sparrenlänge unterhalb der die Verankerung bewirkenden Zugbalken (Kehlbalken) nicht ausbiegen kann, sind die Fusssteifen (Staffeln)  $d$  und die Bänder  $c$  zugefügt. Eine derartige Konstruktion findet sich in

St. Blasien in Mühlhausen. Noch fester wird der Sparrenfuss nach dem in Fig. 831 angedeuteten Dachgerüst, bei welchem die Balken besser durch Zangen ersetzt werden.

Dachgerüst  
bei geringer  
Wandhöhe.

Ein Höherrücken der Balken, lediglich der Begehbarkeit der Gewölbe wegen, gehört immerhin zu den Ausnahmen, da es durch Mehraufwand von Mauerwerk oder einen weniger zuverlässigen Dachverband erkauft werden muss, weit häufiger kommt es vor, dass man die Aussenwand so niedrig wie möglich zu machen sucht, um an Mauer Masse zu sparen. Besonders lässt man stark überhöhte Gewölbe oft in den Dachboden hinauftragen, während man die Zugbalken nur über den tiefer liegenden Gurtbögen durchzieht oder auch Dachgerüste nach Art der Fig. 830 und 831 anwendet, die dann eine grössere Berechtigung haben.

Vereinzelte  
Binder-  
balken.

Wenn nur einzelne Balken durchgehen, so müssen die zwischenliegenden kurzen Stichbalken am Fortschieben durch die Sparren verhindert werden. Sie nur durch feste Verbindung auf der Mauer festzulegen ist nicht günstig, da eine Uebertragung des Dachschubes auf die Mauer recht unerwünscht ist. (Wie auf S. 163 u. f. gezeigt ist, macht schon der auf die entgegengesetzte Dachhälfte treffende Windschub, der zum Teil durch das Dach übertragen wird, genügend zu schaffen.) Es muss daher der Schub der Stichbalken auf die durchgehenden Hauptbalken geleitet werden, dieses kann durch besondere Wechselbalken oder auch durch die Mauerlatten geschehen. Wenn die Wechsel (*a* in Figur 832) lang werden, so sind sie durch kleine Streben (*b*) oder durch liegende Zughölzer *c* am Ausbiegen zu verhindern. Ein Mangel der Wechselkonstruktion besteht immer darin, dass die Stichbalken durch zugfeste Verbindungen an sie angeschlossen werden müssen. Man hat daher im Mittelalter häufiger die Mauerlatten zur Schubübertragung benutzt, indem man die Stichbalken tief auf dieselben aufkämmt. Bei geringem Abstand der Hauptbalken genügen 2 breite Mauerlatten ohne weitere Hilfsmittel, bei grossem Balkenabstand werden zwei Spreizen zwischen die Mauerlatten gelegt (Fig. 832 a), oder es wird ihr Ausweichen durch schräge Rückhalthölzer verhütet (Fig. 833), wie sie der in Fig. 833 a dargestellte Dachstuhl der Nikolaikirche zu Reval zeigt.

Einige Angaben über Gebälke und Dachwerk werden noch weiter unten bei Besprechung der Hallenkirchen gemacht werden. Eine erschöpfende Darstellung der äusserst mannigfaltigen, mittelalterlichen Dachverbindungen muss einer gesonderten Bearbeitung vorbehalten bleiben, hier sei aber wenigstens darauf hingewiesen, dass man im Mittelalter die masslose Holzvergeudung späterer Jahrhunderte nicht kannte, dass man Holzendigungen mit unsicheren Verzäpfungen mied und dafür, besonders bei gezogenen Teilen, Verknüpfungen mittelst einer Verkämmung oder mässig tiefen Ueberblattung bevorzugte, selbst wenn man durch windschiefe Führung das Durchlaufen einzelner Zughölzer ermöglichen musste.

Die Dachdeckung steht so weit über, dass das Wasser von ihr direkt abtropft (Fig. 834) oder durch eine Wasserschräge nebst darunter befindlicher Tropfkante des Hauptgesimses zum Abtropfen gebracht wird, falls nicht eine Rinne angelegt ist. (Näheres darüber siehe S. 362 und weiter hinten unter Gesimsen).

#### Abnahme der Wandstärke von unten nach oben.

Die Aussenwand der einschiffigen Kirche oder eines einschiffigen Chores, ebenso die Wand der Hallenkirche oder der Seitenschiffe der Basiliken pflegt in ganz oder nahezu gleicher Stärke vom Erdboden bis zum Hauptgesims aufzusteigen. Die roma

Gründe der  
geringen  
Verjüngung.

nischen Kirchen pflegen nur im Sockel einen geringen Vorsprung zu zeigen, während die Wand der gotischen meist auch unterhalb der Fenster in der Höhe des Kaffsimse noch einmal etwas abgesetzt ist.

Es kann befremdlich erscheinen, dass man die äussere Stärkenzunahme von oben nach unten nicht noch weiter getrieben hat, um sich möglichst der idealen Widerlagsform (vgl. Fig. 343) zu nähern. Es würde das sicher auch geschehen sein, wenn man es nur mit der Bekämpfung eines gleichbleibenden Wölbschubes zu thun gehabt hätte; nun treten aber ausser diesem noch wechselnde Beanspruchungen, besonders unter dem Einfluss des Windes auf. Der Winddruck setzt sich in der von ihm getroffenen Wand dem Wölbschub entgegen, er kann in vielen Fällen selbst grösser werden als dieser und daher die Wand nach innen überzuneigen trachten. Der entgegengesetzten Wand wird durch das Dachgerüst und unter Umständen auch durch den Scheitel des Gewölbes (siehe unten) gleichfalls ein Teil des Winddruckes zugeführt, der in den höchsten Teilen der Wand zum Angriff gelangt. Je höher aber eine Seitenkraft angreift, um so weniger ist es statthaft, die Stärke der Wand nach oben erheblich zu vermindern. In dem Grenzfall, dass nur eine grosse horizontale Kraft an der oberen Kante eines in gleicher Stärke aufsteigenden Mauerkörpers ohne Oberlast zum Angriff käme, würde über jeder Lagerfuge von unten bis oben hinauf die Gefahr des Umsturzes gleich gross sein. Für die oberen Schichten würde sogar die Möglichkeit des Fortschiebens (Gleitens) hinzutreten, welche für den unteren Mauerteil fortfällt (in dem dafür wieder die Druckpressung unter dem Einfluss des lastenden Mauerwerkes grösser ist). Dieser Grenzfall liegt nun zwar für eine Kirchenmauer nicht vor da eine gewisse Oberlast vorhanden ist und weit tiefer im Gewölbanfang der grosse Schub des Kreuzgewölbes angreift, immerhin wird aber aus Vorstehendem erhellen, dass die Verjüngung der Wand mit Rücksicht auf die Windwirkung nicht gar zu weit getrieben werden kann. Besonders wird dann, wenn sich die Strebepfeiler schon stark verjüngen, um so mehr Anlass vorhanden sein, die Wand oben ungeschwächt zu lassen, ja es kann beim Vorherrschen der Strebepfeiler sogar geboten sein, die Wand oberhalb breiter Fenster dicker zu machen als unten, wie etwas später näher begründet werden soll.

Ueber die Standfähigkeit der Wände gegenüber dem Wölbschub ist S. 137—152, gegenüber dem Winddruck S. 163—165 gehandelt. Da dort keine Beispiele der Berechnung gegeben, seien hier deren zwei zur Veranschaulichung eingeschaltet.

Beispiel I: Stabilitätsuntersuchung einer einschiffigen Kirche ohne Strebepfeiler mit und ohne Einwirkung des Windes. Fig. 835. Die Kirche hat 10 m lichte Weite bei 6 m Jochteilung und 20 m Mauerhöhe über dem Sockel bez. dem inneren Fussboden, sie ist mit einem 1 Stein dicken Kreuzgewölbe aus porösen Ziegeln in einem Pfeilverhältnis von 2:3, in der Querrichtung gemessen, überwölbt, die Kapitälplatte liegt 13 m über dem Fussboden. Jedes Wandfeld wird von einem 2,8 m breiten, im Mittel 13,0 m hohen Fenster oberhalb des 4 m hoch liegenden Kaffsimse durchbrochen, der unter dem Fenster liegende Wandteil ist durch Blenden ausgenischt und soll nicht als mittragend betrachtet werden. Sonst soll die Wand aus Sandstein von 2200 kgr Gewicht für 1 cbm unter dem Kaffsimse eine Dicke von 1,5 m, über demselben von 1,4 m erhalten.

Stabilität  
einer Wand  
ohne Strebe-  
pfeiler.

Wölbkräfte  $H$  und  $V$ . Auf einem Wandfeld ruht eine Gewölbhälfte von  $6 \cdot 5 = 30$  qm Grundfläche. Nach S. 135 IV c liefert jeder qm Grundfläche einen Horizontalschub  $H_0 = 180$  kgr und eine Auflagerlast  $V_0 = 530$  kgr, das Gewölbe also:  $H = 30 \cdot 180 = 5400$  kgr und  $V = 30 \cdot 530 = 15900$  kgr. Der Durchgangspunkt des Wölbdruckes durch die Wandfucht kann mit 1,6 m über Kapitäl oder 14,6 m über Fussboden angenommen werden.

Gewicht der Wand. Die Mauermasse des unteren Wandteiles wiegt:  $Q_1 = (6,0 - 2,8) \cdot 1,5 \cdot 4,0 \cdot 2200 = 42240$ . Das obere Wandstück über Kaffsimms wiegt:  $Q_2 = (6,0 \cdot 16,0 - 2,8 \cdot 13,0) \cdot 1,4 \cdot 2200 = 183568$ . Zusammen  $Q_1 + Q_2 = 225808$  kgr.

Gewicht des Daches. Bei 90 kgr Gewicht für 1 qm Dachfläche mit Dachgerüst und Schieferdeckung (S. 162) wiegt jede Dachhälfte:  $6,0 \cdot 9,4 \cdot 90 = 5076$  kgr = D. Als lotrechte Windlast kommt bei etwa  $50^\circ$  Dachneigung nach der Tabelle auf S. 163 hinzu: auf der Windseite  $6,0 \cdot 9,4 \cdot 23 = 1297$  kgr, auf der windfreien Seite  $6,0 \cdot 9,4 \cdot 35 = 1974$  kgr. Dieses zum Dachgewicht addiert giebt an der Windseite  $6373$  kgr = D', an der windfreien Seite  $7050$  kgr = D''.

Der wagerechte Windschub des Daches beträgt nach Tabelle S. 163:  $6,0 \cdot 9,4 \cdot 69 = 3892$  kgr. Die Verteilung dieses Schubes auf die beiden Wände ist nicht bestimmbar, es sei einwillen angenommen, dass die getroffene Seite  $S' = 1892$ , die windfreie Seite  $S'' = 2000$  kgr erhält.

Winddruck gegen die Wand. Mit Rücksicht auf schützende Nachbarbauten sei der Wind auf die unteren 4 m Höhe vernachlässigt, auf das obere, 16 m hohe Wandstück aber voll mit 120 kgr auf 1 qm in Rechnung gebracht. Es beträgt dann der Winddruck  $W = 6,0 \cdot 16,0 \cdot 120 = 11520$  kgr mit einer mittleren Angriffshöhe von 12 m.

Am stärksten beansprucht wird in diesem Fall die Wand in der Fuge oberhalb des Sockels, es sei deshalb die Untersuchung auf diesen Querschnitt beschränkt.

A. Druck oberhalb des Sockels ohne Wind. Für den unbekanntenen Durchgangspunkt des resultierenden Druckes, der X Meter vor der Innenflucht der Mauer liege, wird die Momentengleichung aller auf das Wandfeld wirkenden Kräfte aufgestellt (vgl. darüber Fig. 371 auf S. 140.)

$$Q_1 (X - 0,75) + Q_2 (X - 0,70) + V \cdot X = H \cdot 14,6$$

Werden für  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $V$  und  $H$  die obigen Zahlenwerte eingesetzt, so berechnet sich:

$$X = 0,99 \text{ m.}$$

Somit geht der Druck in 0,99 m Abstand von der Innenkante oder 0,51 m von der Aussenkante durch die Grundfläche der 1,50 m dicken Wand, er liegt also an der Grenze des mittleren Drittels (Kern).

Die Grundfläche des in Rechnung zu stellenden Wandstückes zwischen den Fenstern beträgt:  $1,50 \cdot 3,20 = 4,80$  qm oder 48000 qem. Auf dieser Fläche ruht eine Last  $Q_1 + Q_2 + V = \text{rd } 242000$  kgr und wenn man noch das Dachgewicht  $D$  hinzunimmt 247000 kgr. Der Durchschnittsdruck auf den qem ist demnach  $p = 247000 : 48000 = 5,2$  kgr. Der Druck an der Aussenkante ist doppelt so gross, also etwa 10 kgr. Nach oben hinauf nimmt der Druck in der Wand immer mehr ab, nach unten wird er durch rasche Erbreiterung des Sockels und der Grundmauern auf eine grössere Fläche verteilt.

B. Druck bei Wind in der vom Winde getroffenen Wand. Es treten zu den vorigen die Kräfte  $D'$ ,  $S'$  und  $W$  hinzu; es wird in derselben Weise die Momentengleichung für den unbekanntenen Druckpunkt aufgestellt, der  $X'$  Meter vor der inneren Wandflucht liege.

$$Q_1 (X' - 0,75) + Q_2 (X' - 0,70) + V \cdot X' + D' (X' - 0,70) = H \cdot 14,6 - W \cdot 12,0 - S' \cdot 20,0$$

Werden die gegebenen Zahlenwerte eingesetzt, so ergibt sich:

$$X' = 0,27 \text{ m}$$

Während für gewöhnlich der Druck näher der Aussenkante liegt, rückt er unter dem Einfluss des Windes dicht an die Innenkante (fast bis auf  $\frac{1}{6}$  der Breite) heran und bewirkt in dieser eine Pressung, die fast der vierfachen Durchschnittspressung gleichkommt (s. S. 144 und Tabelle S. 145), also gegen 20 kgr auf 1 qem beträgt.

C. Druck in der vom Winde abgekehrten Wand. Es wirken die Kräfte  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $V$ ,  $H$ ,  $D''$ ,  $S''$ , für welche die Momentengleichung für den  $X''$  Meter von der Innenkante entfernten Druckpunkt lautet:

$$Q_1 \cdot (X'' - 0,75) + Q_2 \cdot (X'' - 0,70) + V \cdot X'' + D'' \cdot (X'' - 0,70) = H \cdot 14,6 + S'' \cdot 20,0$$

$$X'' = 1,14 \text{ m}$$

Der Druck rückt bis auf 36 cm an die Aussenkante heran und wird hier eine Kantenpressung von etwa 15 kgr auf 1 qem erzeugen.

Stabilität  
einer Wand  
mit Strebe-  
pfeilern.

Beispiel II. Untersuchung derselben Kirche bei Annahme einer dünneren Wand mit grösseren Fenstern und Strebepfeilern. Fig. 835 a.

Die 1 m dicke Wand ist von grossen Fenstern durchbrochen, die nebst den darunter liegenden Blenden eine ausgeglichene Höhe von 17 m und eine Breite von 4,5 m haben. Die Strebepfeiler

sind 18 m hoch und 1 m dick, sie springen unten 1,5 m, oben 0,7 m, also im Mittel 1,1 m vor der Wand vor, ihr Schwerpunkt liegt 0,57 m vor der äusseren, also 1,57 m vor der inneren Wandflucht.

Gewicht der Wand:  $Q = (6,0 \cdot 20,0 - 4,5 \cdot 17,0) \cdot 1,0 \cdot 2200 = 95700 \text{ kgr} (= 43,5 \text{ cbm})$ .

Gewicht des vorgelegten Strebepfeilers:  $P = 18,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 2200 = 43560 \text{ kgr} (= 19,8 \text{ cbm})$ .

A. Druck über Sockel ohne Wind. Es wird wieder die Momentengleichung für den im unbekanntem Abstand  $X$  vor der inneren Wandflucht liegenden Druckmittelpunkt gesucht.

$$Q \cdot (X - 0,5) + P \cdot (X - 1,57) + V \cdot X = H \cdot 14,6.$$

$$X = 1,26 \text{ m.}$$

Bei einer Grundfläche des Strebepfeilers und tragenden Wandstückes von 3 qm oder 30000 qcm berechnet sich die Durchschnittspressung auf 1 qcm zu 5,4 bez. 5,2 kgr, je nachdem man Dachlast hinzuzieht oder nicht. Bei der vorberechneten Lage des Druckes, der innerhalb des Kernes bleibt, ist die Kantenpressung aussen etwa 8 oder 9 kgr auf 1 qcm.

B. Druck in der vom Winde getroffenen Wand. Entsprechend dem Vorstehenden ist:

$$Q \cdot (X' - 0,5) + P \cdot (X' - 1,57) + V \cdot X' + D' \cdot (X' - 0,5) = H \cdot 14,6 - W \cdot 12,0 - S' \cdot 20,0.$$

$$X' = 0,14 \text{ m.}$$

C. Druck in der vom Winde abgekehrten Wand.

$$Q \cdot (X'' - 0,5) + P \cdot (X'' - 1,57) + V \cdot X'' + D'' \cdot (X'' - 0,5) = H \cdot 14,6 + S'' \cdot 20,0.$$

$$X'' = 1,47 \text{ m.}$$

An der abgekehrten Wand bleibt die Stützlinie also noch über 1 m von der Aussenkante entfernt, letztere erhält eine Pressung die nicht weit über 10 kgr hinausgeht. An der Windseite dagegen rückt der Druck bis auf 14 cm an die Innenflucht der Wand heran und erzeugt eine gewaltige Kantenpressung, die auf etwa 50 kgr auf 1 qcm ansteigen würde. (Denn nach S. 144 nimmt nur eine Fläche von  $3 \cdot 14 = 42 \text{ cm}$  Breite, also bei 1,5 m Länge von 0,64 qm Inhalt an der Druckübertragung teil. Da die Last rd 162000 kgr beträgt, kommt auf 1 qcm im Durchschnitt  $25\frac{1}{2} \text{ kgr}$ , die doppelt so grosse Kantenpressung wäre also 51 kgr.) Wenn die Mauer auf sich allein angewiesen wäre, so entstünde also eine zwar bei guter Ausführung nicht gerade gefährliche, immer aber über das zulässige Mass (20 bis 25 kgr bei gutem Sandstein in Zement) weit hinausgehende Beanspruchung. Nun findet aber ein Ausgleich zwischen der Beanspruchung beider Wände statt. Denn keine Mauer ist so starr, dass sie nicht vor dem Winde etwas ausböge, die getroffene, stärker beanspruchte Wand biegt sich mehr über als die andere, infolgedessen lehnt sie sich oben gegen das Gewölbe und überträgt durch dieses und ev. auch die Dachbalken einen Teil ihrer Seitenkräfte auf die andere Wand, bis beide annähernd gleich beansprucht sind. Dabei rückt in beiden Mauern der Druck um das gleiche Mass nach aussen. Wird in dieser Weise etwa  $\frac{1}{4}$  oder  $\frac{1}{5}$  des Winddruckes auf die andere Seite übertragen, so bewegt sich der Druckpunkt unten um etwa 20 cm, er wird dann an der Windseite um etwa 34 cm, an der anderen Seite um 167 cm von der Innenflucht abstehen, wobei sich die Kantenpressung an der Windseite zu etwa 20 kgr, an der gegenüberliegenden Seite etwas geringer ergeben würde.

Es zeigt sich also, dass bei starkem Winde nicht nur bei einer Basilika, sondern auch schon bei einer derartigen Kirche eine gegenseitige Absteifung der oberen Wandteile möglich sein muss, möge diese nun durch die Wölbscheitel, die Gurtbögen oder die Dachbalken statthaben. — Uebrigens kommen derartige Windwirkungen sehr selten, oft in Jahrzehnten nicht vor. Die häufiger wiederkehrenden mässigen Windstärken werden eine obere Uebertragung unnötig machen, sie werden meist sogar in der getroffenen Wand die Kantenpressung eher verringern als vergrössern. Selten werden die Pressungen bei vorliegendem Beispiel weit über 10—12 kgr auf 1 qcm hinausgehen.

Bei den beiden Beispielen erweist sich die Beanspruchung des Mauerwerks bei der Ausführung mit und ohne Strebepfeiler etwa gleich gross, die volle Wand erfordert aber etwa die  $1\frac{1}{2}$  fache Masse. Durch noch weiter gehende Einschränkung der Wanddicke und Vergrösserung der Fenster unter gleichzeitiger geringer Verlängerung der Pfeiler liesse sich noch mehr Masse ersparen, so dass man zur Not selbst mit der halben Masse der vollen Wand auskommen könnte, schliesslich sind hier aber Grenzen gezogen. Soweit die Wand unter dem Schildbogen liegt, kann sie sich ganz in Fenster und Blenden auflösen und ihre Aufgabe dem Pfeiler zuweisen, über dem Schildbogen

Vergleich  
der Mauer-  
masse mit  
und ohne  
Strebepfeiler.

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





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*<sub>2</sub> 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.

## Das untere Wandstück.

Von der Form und Bildung der Gesimse handelt weiter unten ein besonderer Abschnitt, für den allgemeinen Kirchenquerschnitt kommt fast nur ihre Höhenlage und ihre Ausladung in Frage. Gewöhnlich hat die Aussenwand drei Gesimse, den einfach profilierten 1- oder 2 teiligen Sockelvorsprung in Höhe des inneren Fussbodens oder des inneren Sockels, das unter der Fensterbrüstung entlang laufende, gewöhnlich einen Mauerabsatz abschliessende Kaffgesims und das seiner architektonischen und praktischen Bedeutung nach die erste Stelle einnehmende Hauptgesims oder Traufgesims.

Weite Ausladungen der Gesimse, soweit sie praktisch wertvoll und aus dem verfügbaren Baustoff ungekünstelt herstellbar sind, lässt die mittelalterliche Kunst in beliebigen Grenzen zu, für gewöhnlich aber giebt sie dem Gesims nicht jene unbedingte Vorherrschaft, wie die antike Kunst oder die Renaissance. Jedenfalls vermeidet sie es, durch zu starke Vorsprünge dem Verwittern Vorschub zu leisten oder gar dem Baumeister bezüglich der Ausführbarkeit in dem vorgezeichneten Stoff Verlegenheiten zu bereiten.

Allgemeine Regeln über die Stärke der Ausladung anzugeben, ist nicht möglich, da auch hier wieder praktische und künstlerische Rücksichten in mannigfaltige Wechselbeziehungen treten können. Die Spätzeit hat allerdings auch diese Glieder dem allgemeinen Schema einzuordnen versucht.

Bei LACHER ist die Differenz zwischen der halben Mauerdicke und der halben Diagonale derselben als Ausladungsmass für sämtliche Gesimse angegeben, so dass also *abc* in der Fig. 841 die Profilierung des unter den Fenstern herumlaufenden Simses („Kaffsim“) und *abc* die des Dachsimse angeibt. Dieselbe Massbestimmung findet sich auch bei HOFFSTADT. LACHER führt aber auch ein anderes Ausladungsmass ein, nämlich die Hälfte der Grundrisstiefe der Fensterpfosten, welche er wieder nach  $\frac{1}{3}$  der Mauerdicke bestimmt, also *fg* in Fig. 841. Dasselbe Mass teilt er sodann auch der Sockelausladung zu, dabei ist aber zu bemerken, dass diese Bestimmungen die der Mauerstärke nach einem Zehnteil der lichten Chorweite voraussetzen. Nach diesen Regeln würden die Gesimse um rd.  $\frac{1}{5}$  oder um  $\frac{1}{6}$  der Mauerdicke vorspringen.

Diese Ausladungsmasse finden sich an den Werken des XIV. und XV. Jahrhunderts mehrfach bestätigt. An den frühgotischen Werken dagegen haben die Dachsimse in der Regel eine grössere Ausladung, besonders dann, wenn sie Wasserrinnen bilden.

Ueberhaupt ist es zunächst die struktive Funktion der Gesimse, welche ihre Ausladung in jedem einzelnen Falle bestimmt, und die Mauerdicke, welche derselben durch die Möglichkeit der Ausführung ein Maximum setzt.

Weiter aber möchten wir für die einfachen, nur die Funktionen einer Ableitung der Traufe erfüllenden Gesimse, wie sie in Fig. 840 angenommen sind, das Mass der Ausladung auch von dem Abstand zweier übereinander befindlicher Gesimse abhängig machen, in der Weise, dass das Dachgesims, dessen Abstand vom Kaffsim grösser ist als der des letzteren vom Boden, welches also eine grössere Höhe der Mauer vor der Traufe zu schützen hat, auch eine grössere Ausladung erhalten müsste. In der Wirklichkeit findet sich diese weitere Ausladung an den späteren Werken in der Regel durch den vorhängenden Dachrand, an den älteren aber schon durch die Bildung des Gesimses bewirkt. Wir möchten daher um so eher der Anordnung eines

weiter ausladenden Dachsimses den Vorzug geben, als die geringe Ausladung desselben an den späteren Werken auf eine gewisse Scheu vor einem bestimmt ausgesprochenen wagerechten Abschluss zurückzuführen sein dürfte, welche die spätere Styldirection charakterisiert, derjenigen des XIII. Jahrhunderts aber völlig fremd ist. Möglich ist es ferner, dass die den reicheren Werken vom XIV. Jahrhundert an eigentümliche Bekrönung der Fenster mit den das Dachgesims überragenden Wimpergen den wagerechten Abschluss als ein womöglich zu verleugnendes Armutszeichen erscheinen liess.

Wenn daher die oben erwähnten Bestimmungen der Ausladungsmasse am ersten noch für die Kaffsimse geeignet erscheinen, so findet sich auch die Gleichheit dieser letzten Ausladung mit jener des Sockels ebensowenig an den älteren Werken genau eingehalten, als sie im Wesen der Sache begründet ist. Es haben sonach jene Regeln höchstens noch den Nutzen, als gewisse Anhalte vor Uebertreibungen und Missverhältnissen zu bewahren und einen anderen sollen sie auch nach den eigenen Worten Meister LACHER's nicht beanspruchen, denn es heisst daselbst: „aber es ist nit darumb geschriben, dass du ihm in allen volgen sollst, dan wass dich besser tünkt, dass es besser sein khan, so bessers nach deinem gueten gedunken; es ist einem Jeden nütz, wan er etwas khan und weiss zuebrauchen.“

Der Sockel war anfangs mit Vorliebe der attischen Basis entsprechend gegliedert oder doch aus Stäben und Kehlen zusammengesetzt, die des guten Wasserabflusses wegen vereinfacht oder zusammengezogen wurden. Daneben trat schon früh ab und zu im Aeussern die einfache Schräge auf, die allmählich häufiger wurde und schliesslich dem Sockelgesims sogar die Bezeichnung „Schrägsims“ verlieh.

Die Höhe des Sockels über dem äusseren Erdboden findet sich fast in allen erhaltenen Meisterregeln durch das Mass der Mauerdicke bestimmt und dann bei LACHER diese Bestimmung dahin ergänzt, dass der Sockel den Unebenheiten des Erdbodens in Abtreppungen folgen solle. Eine derartige Anordnung ist der neueren Architektur in besonderem Masse fremd geworden. Wir zeigen daher in Fig. 842 die Sockelanlage der Kirche zu Frankenberg. Eine grössere Höhe des Schräggesimses findet sich besonders dann, wenn dasselbe in zwei oder mehrere Abteilungen zerfällt.

Der Sockel tritt entweder nur im Aeusseren oder auch im Inneren vor, wie in der rechten Hälfte von Fig. 840 angenommen ist. Da aber in der Regel die innere Bodenhöhe höher als die äussere liegt, so dass vor den Portalen sich Treppenanlagen finden, so wird die Sockelhöhe entweder im Inneren geringer als im Aeusseren oder aber das innere Gesims höher als das äussere liegen müssen.

Anstatt des inneren Sockels findet sich an den meisten französischen Werken sowohl, wie in den Münstern von Freiburg und Strassburg eine vorspringende Sitzstufe (so in der linken Hälfte von Fig. 840), deren oberer Rand von einer Fase oder einem stumpf gebildeten Profil umzogen wird und auf welcher die Dienstsockel wie auf einem gemeinschaftlichen Basament aufsetzen. Wenn dann die unter den Fenstern befindlichen Mauerflächen durch Bogenblenden belebt sind, wie in den Figuren 844 und 855, so können die Säulensockel dieser letzteren auf eine zweite, sich über die erste erhebende Stufe aufsetzen, sowie überhaupt auch bei grösserem Vorsprung der Dienste die Ausladung der unteren Stufe in zwei oder mehrere Abteilungen zerfallen kann. Durch die ungleichen Höhen, welche die verschiedenen Dienstsockel hierdurch erhalten, können besonders malerische Kombinationen sich ergeben. Die Höhe der Stufen ist die gewöhnliche Sitzhöhe, wie sie denn überhaupt als Sitze dienen sollen

Das Kaffgesims hat dem Dachsims gegenüber immer eine untergeordnete Bedeutung und besteht deshalb meistens in einer einfachen aus der Höhe eines Werkstückes genommenen Profilierung, jedoch finden sich auch reichere Gestaltungen, bei welchen unter dem Traufsims noch eine entweder einfache oder mit Blättern gefüllte Hohlkehle angebracht ist (s. Fig. 855).

Äusseres  
Kaffgesims.

Die Höhe der Fenstersohle oder vielmehr diejenige des den unteren Rand derselben bildenden Kaffgesimses ist bei LACHER danach bestimmt, dass letzteres um die lichte Weite zwischen 2 Strebepfeilern über dem Schrägsims liegen solle. Dieses Verhältnis ist bei gewissen mittleren Dimensionen vollkommen passend, würde aber bei kleineren auf allzu geringe und bei grösseren auf zu bedeutende Höhen führen, wird zudem durch jede höhere Lage des Sockels sowie durch jeden weiteren Abstand der Strebepfeiler von einander, wie er sich etwa im Schiff oder selbst in der parallelen Verlängerung des Chores dem Polygon gegenüber findet, völlig illusorisch und findet sich an den mittelalterlichen Werken durch die entschiedensten Abweichungen widerlegt. So beträgt die fragliche Höhe an der Bonifacius-Kapelle zu Fritzlar  $1\frac{3}{4}$  Mal die Weite zwischen den Strebepfeilern, an den Chorkapellen von St. Ouen kaum die Hälfte dieser Weite.

Die Höhenlage des Kaffgesimses wird folgerichtig so bemessen, dass in allen gewöhnlichen Fällen eine die menschliche Leibeslänge übersteigende Erhöhung der Fenster über dem Boden erreicht wird. Denn wirklich ist es doch die letztere, wonach sich das fragliche Mass in soweit richtet, als die Kirchenfenster den an weltlichen Werken befindlichen gegenüber jeden Gedanken an die Möglichkeit des Hinauschauens ausschliessen sollen; sodass die Unterkante des Kaffsimses mindestens um Mannshöhe über dem Boden zu liegen hätte. (In unserer Fig. 840 sei die Höhe durch die anderthalbfache Manneslänge bestimmt, welche wir im Verhältnis zum Ganzen durch  $a b$  ausdrücken und es sei dann die Fenstersohle um die Mauerdicke über jene Unterkante gelegt, sodass sich danach auch die Steigung des Wasserschlages ergibt). Eine Vergrösserung der fraglichen Höhe kann geboten werden durch gewisse an diesen Mauerflächen im Inneren vorkommende Einrichtungen, als Chorstühle, Sedilien, durch unter den Fenstern anzulegende Eingänge, ferner durch die Grösse des ganzen Werkes, zu welcher die Notwendigkeit einer gewissen, aber unbestimmbaren Proportion der Einzelteile ebensowenig wegzuleugnen ist, als die Masse der letzteren allein daraus entwickelt werden können.

Ueberhaupt wird einem jeden rationell durchgeführten Gebäude eine dreifache Skala zu Grunde zu legen sein, nämlich die aus der Proportion des Ganzen, die aus der Leibeslänge und die aus der Grösse der Materialien, also der durchschnittlichen Stärke der Schichten zu entwickelnde (sodass man drei mit einander verbundene Quadraturen annehmen und hieraus sowie aus den sich ergebenden Differenzen die einzelnen Masse finden könnte).

An vielen einfacheren Werken fehlt das den unteren Rand der Sohlbank begleitende Kaffgesims und somit jede wagerechte Teilung zwischen Schrägsims und Dachsims. Auch ist eine solche nicht geradehin durch das Wesen der Sache gefordert. Sowie aber der Anschluss des Wasserschlages durch eine unterschrittene Profilierung den Wasserablauf befördert, so mag die Fortführung der letzteren eine Folge der die Weite zwischen 2 Strebepfeilern völlig einnehmenden Fensteranlage und die Herumkröpfung um die Strebepfeiler durch die hier angebrachte erste Absetzung bedingt gewesen sein. Jedenfalls ist die Wirkung dieser wagerechten Teilung durch den Gegensatz gegen das mehr aufstrebende Verhältnis des Fensterstocks eine günstige und deshalb diese Anordnung der an einzelnen späteren Werken wie der Blasienkirche in Münden

vorkommenden vorzuziehen, nach welcher das Kaffgesims jenseits der Fenster in die lotrechte Richtung umkröpft, etwa auf die halbe Fensterbreite in die Höhe geht und sich dann in wagrechter Richtung über die Mauerfläche fortsetzt und die Strebepfeiler umzieht. Zuweilen findet sich ein solches Heraufkröpfen auch an den Seitenflächen der Strebepfeiler oder mit besserem Grund, bei niedriger Lage des Kaffsimses, in umgekehrtem Sinne unter einzelnen Fenstern, deren Sohle dadurch höher rückt, um einer darunter anzubringenden Nebenpforte die nötige Höhe zu gewähren.

Im Inneren soll das Kaffgesims keine Traufe, sondern eine Rinne zur Aufnahme des an den Fenstern ablaufenden Wassers bilden, erhält deshalb die in Fig. 840 bei *c* angegebene Gestaltung und kann zu den Diensten in verschiedenartige Beziehungen treten, indem es dieselben umzieht (s. *d* in Fig. 840) oder sich an denselben totläuft (s. *e*) oder unter denselben durchgeht, sodass letztere sich darauf setzen. Das Umziehen kann wieder entweder in gleicher Gestaltung geschehen oder so, dass die in der Höhe des Kaffsimses angebrachten Ringe eine verschiedene Gestaltung annehmen (s. *c* in Fig. 840). Das Aufsetzen der Dienste auf dem Kaffsims kann unmittelbar bewirkt werden, wenn die Ausladung des letzteren ausreichend ist, oder aber in der Weise, dass der Ausladung des Kaffsimses eine damit verbundene Auskragung zu Hilfe kommt (wie bei *f*).

Als eine Vermittelung zwischen beiden Anordnungen könnte diejenige gelten, wonach unterhalb des Kaffsimses einfache Dienste, und auf deren in der Höhe des Kaffsimses befindlichem Kapital die den Gewölberippen entsprechenden dreifachen ständen. Eine derartige Anordnung könnte sich z. B. aus Fig. 840 ergeben, wenn der Kragstein durch einen mit Kapital versehenen Dienst ersetzt würde.

Ferner finden sich zuweilen von 3 mit einander verbundenen Diensten die beiden kleineren auf dem Kaffgesims, während das letztere entweder um den mittleren stärkeren gekröpft ist oder an demselben sich totläuft.

Allen derartigen Anordnungen kommt eine Verstärkung der unter dem Kaffsims befindlichen Mauer zu Hilfe, ja letztere kann sogar in Form einer einfachen Schräge das Kaffgesims ersetzen, wie im Chor der Kirche zu Wetter (s. Fig. 843), wie denn überhaupt letzteres an einfacheren Werken auch innen häufig fehlt.

Wir bemerken noch, dass der Unterschied zwischen dem Herumkröpfen oder Anlaufen der verschiedenen Gesimse an den Diensten für die verschiedenen Perioden der gotischen Kunst charakteristisch ist, insofern in den älteren Werken die, durch auf dem Haupt stehende Werkstücke gebildeten Dienste durch diese herumkröpften Gesimse mit dem Pfeilerkörper verbunden sind.

#### Auflösung des unteren Wandstücks.

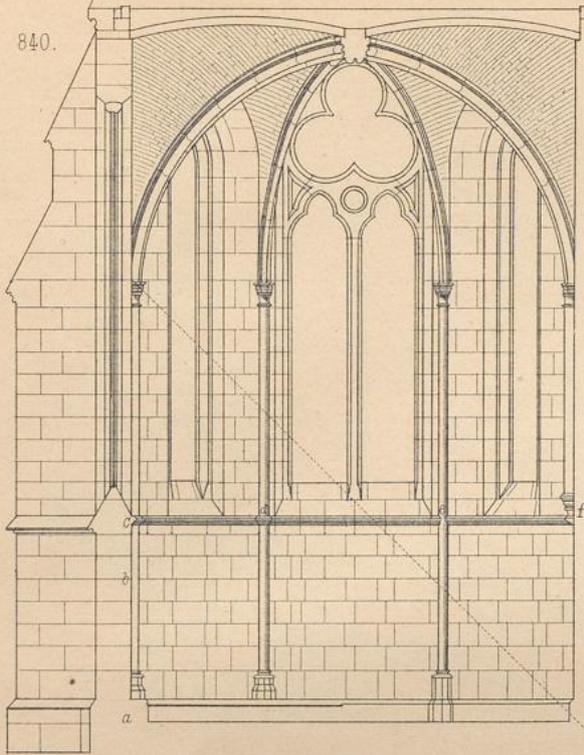
Die Wand unterhalb der Fenster hat die Aufgabe, den Raum nach aussen abzuschliessen und die Fensterepfosten zu tragen. In statischem Sinne kann sie ferner dazu dienen, die benachbarten Strebepfeiler gegeneinander abzusteifen (vgl. Fig. 837), dem unteren stark beanspruchten Teil der Strebepfeiler Hilfe zu leisten, den Druck auf eine grössere Bodenfläche zu übertragen und durch eine Längsverkettung der Strebepfeilergrundmauern die Gefahren verschiedenen Setzens bei ungleichmässigem Boden zu verringern. Je nach Lage der Verhältnisse überwiegt die eine oder andere dieser Obliegenheiten.

Hat die Wand keine oder nur kleine Strebepfeiler, so fällt dem unteren Wand-

Inneres  
Kaffgesims.

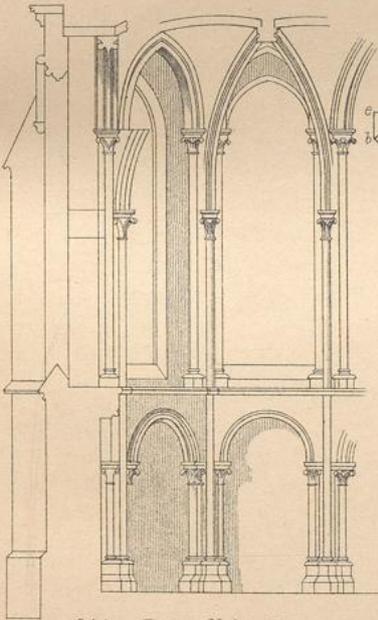
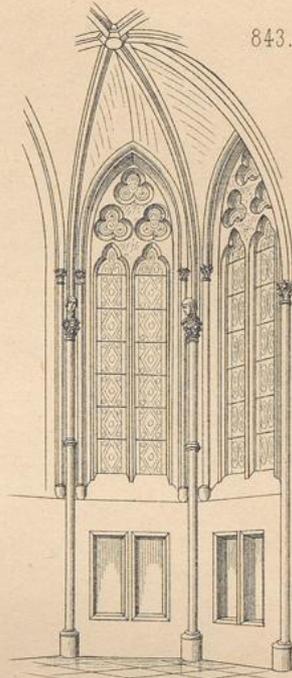
Querschnitt der Kirche.  
Gesimse und Blenden.

840.



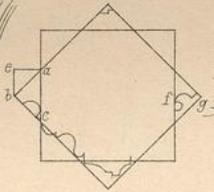
Wetter-Chor.

843.

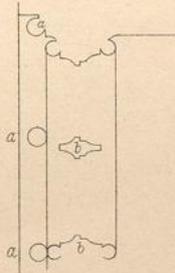
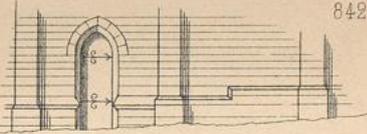


844. Dijon, Nebenchor.

841.



842.

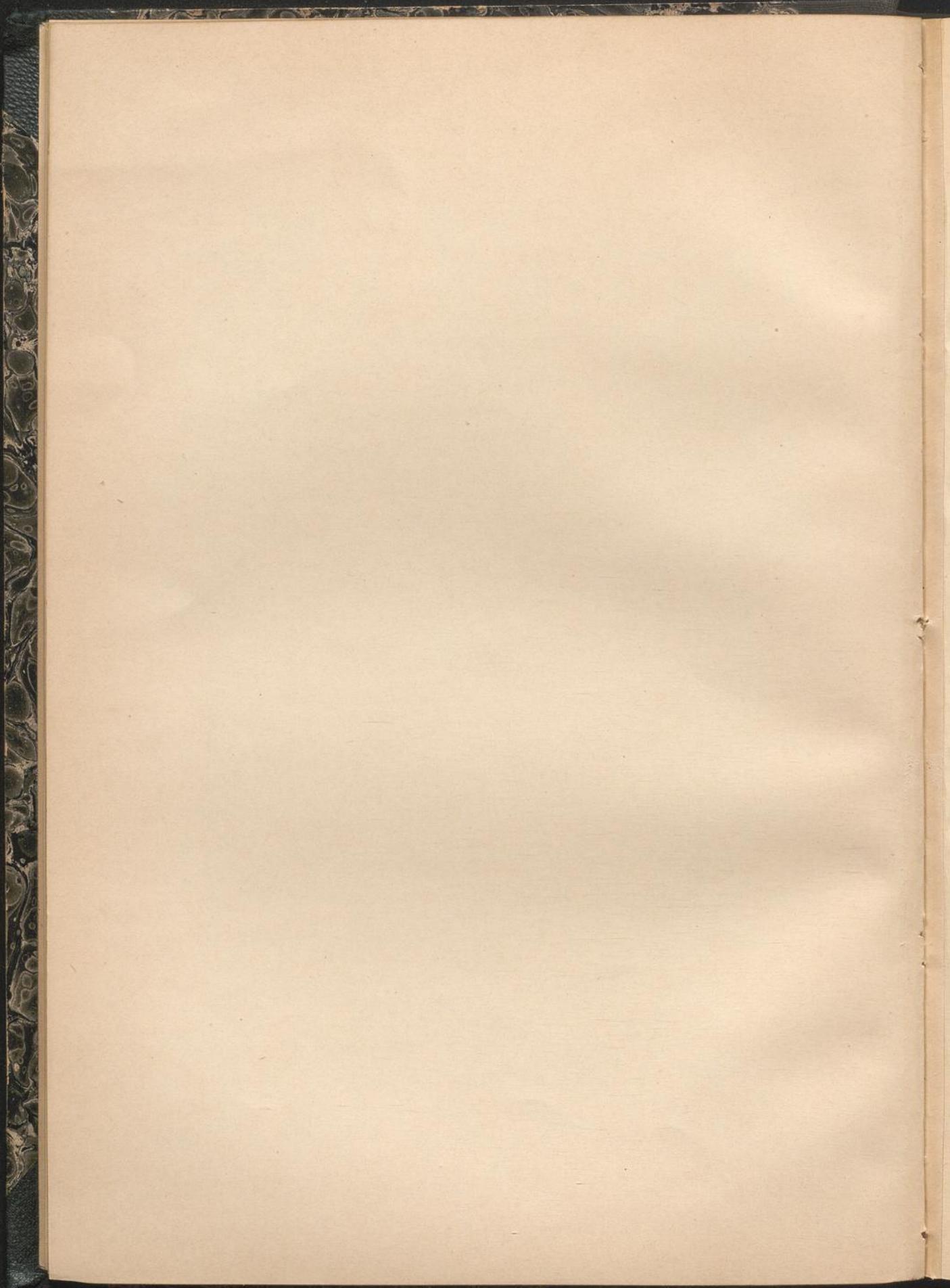


845 a.



Freiburg,  
Seitenschiff.

845.



stück natürlich die grösste Beanspruchung zu, es erhält eine entsprechend grosse Stärke, die bei geringer Fensterbreite ohne Aussparungen gleichmässig fortgeführt wird. Sind dagegen bei weit geöffneten Fenstern die Strebepfeiler die eigentlichen Stützkörper, so vermindert sich die Bedeutung der unteren Wand, sie hat, wie schon weiter oben (S. 337) ausgeführt, dann meist geringere Wichtigkeit als der Schildbogen und kann daher dünner als dieser oder, wo dieses nicht angeht, wenigstens durch Aussparungen an körperlichem Inhalt verringert werden.

Aussparungen an der Aussenfläche der Wand sind selten, solche an der Innenseite dagegen um so häufiger.

Zunächst kann die innere Verstärkung des unter den Fenstern befindlichen Mauertheils, auf welcher die Schildbogendienste aufzusitzen pflegen, wie in den Nebenchören von Notre-dame zu Dijon (s. Fig. 844), durch 2 den Kreuzrippendiensten anliegende bogenverbundene Säulchen getragen werden, sodass sich also unter dem Kaffsims eine Bogenblende ergibt. Bei grösserer Breite muss dann die Zahl dieser Blenden und der die Bögen tragenden Säulchen vergrössert werden und es ergeben sich jene „Arkaturen“ nach dem französischen Ausdrucke, welche in ihrer reicheren Gestaltung die Kombination, in welcher die oberen Fenster bei überhöhtem Mittelschiff mit den Triforien sich finden, wenigstens die formelle Wirkung derselben, auch den Fenstern der Seitenschiffe aneignen.

Arkaturen  
unter den  
Fenstern.

In der grossen Mehrzahl der französischen Kathedralen, in Deutschland aber in den Münstern von Strassburg, Freiburg u. s. w. findet sich diese Behandlungsweise, welche den letzten Rest der glatten Mauerfläche entfernt und zu dem überwältigenden Reichtum des Ganzen so wesentlich beiträgt. Dabei gestattet die Nähe, in welcher diese Blenden sich zum Auge befinden, einen Reichtum, eine Feinheit der Detaillirung, zu welcher kaum an einem anderen Ort die Gelegenheit sich findet. Ausgezeichnet in dieser Hinsicht sind die Arkaturen der Ste. Chapelle in Paris und des Strassburger Münsters; letztere bei ganz einfacher Anordnung, sodass die mit ins Viereck übergehenden Kapitälern schliessenden Säulen durch kräftig profilierte Spitzbögen mit eingesetztem Kleeblatt nach Fig. 855 verbunden sind, und die zwischen den Bögen sich ergebenden Zwickel durch eingesetzte Kreise in 4 Felder zerfallen, von welchen dann das mittlere kreisförmige eine figürliche Darstellung trägt, während die 3 kleineren dreiseitigen Zwickel mit reichem Laubwerk geschmückt sind. Gesteigert wird die Wirkung noch durch die mit der Anlage der Umgänge zusammenhängende Anordnung einer in der Kapitälhöhe an der Rückwand befindlichen, mit Laubwerk geschmückten Auskragung (s. Fig. 855), durch welche die Säulen völlig frei zu stehen kommen. Das Nähere über diese eigentümliche Gestaltung s. bei den Umgängen (S. 354).

Im Gegensatz gegen die sonst übliche Anordnung von gleichen Säulen und Bögen wechseln in der Ste. Chapelle stärkere und schwächere Säulen, sodass erstere, durch Spitzbögen verbunden, unter jedem Fenster 2 Felder bilden, welche durch die schwächeren, mit den stärkeren durch rundbogige Kleeblattbögen verbundenen weiter geteilt werden. In der Regel sitzen die Sockel der Säulchen auf einer durchlaufenden Bank, wie in Fig. 845, seltener unmittelbar auf dem Boden, wie in der Kathedrale von Chalons sur Marne.

Die Bögen selbst sind nach allen möglichen Linien gebildet, als Rundbögen wie in Fig. 844, als Spitzbögen, die entweder glatt oder mit Nasen besetzt sind, wie in der Kathedrale von Meaux, als rundbogige Kleeblattbögen, wie in der Kathedrale von

Amiens, oder als spitzbogige Kleebögen, wie in den Münstern zu Strassburg und Freiburg. In einzelnen deutschen Werken des Uebergangsstiles findet sich dann die auch in den frühgotischen zuweilen beibehaltene Anordnung, wonach bei zwei Blenden nebeneinander die mittleren Säulchen durch Auskragungen ersetzt sind. Ein derartiges Beispiel aus der Kollegiatkirche zu Wetzlar zeigt Fig. 854.

Von der regelmässigen Stellung der Säulen wird eine Abweichung herbeigeführt, wenn durch die betreffende Mauer ein Eingang gelegt ist, dessen Breite dann etwa der von 2 Blenden gleichkommt. Hiernach modifiziert sich dann auch die Bogenform, sie kann einfachsten Falles durch den geraden Sturz ersetzt werden. Eine derartige Anordnung findet sich z. B. im Freiburger Münster (s. Fig. 845).

Da die Säulen dieser Blenden in der Flucht der Schildbogendienste stehen, so fällt die Notwendigkeit einer unmittelbaren Beziehung derselben zu den Fensterpfosten hinsichtlich der Zahl und Stellung weg, und wird sich eine solche nur für den Mittelpfosten bei vierteligen Fenstern in der Weise ergeben, dass derselbe entweder über die mittlere Säule oder die Bogenmitte der Blenden zu stehen kommt, die übrigen Säulen dagegen seitwärts von den Fensterpfosten (s. Fig. 845 a, wo die Säulen mit *a*, die Fensterpfosten mit *b* bezeichnet sind). An den späteren Werken dagegen führte das Bestreben diese Beziehung herzustellen darauf, die Säulchen der Blenden unter die Fensterpfosten, also um eine Abteilung zurückzusetzen, sodass die Schildbogendienste vor denselben auf den Boden hinabgehen und die Rückwand der Blenden in die Flucht der Verglasung zu stehen kommt. Immerhin kann hierbei noch durch das an die Schildbogendienste schneidende Kaffgesims und überhaupt durch die ganze Behandlungsweise eine Sonderung der Fenster von den Blenden bewirkt werden, wie in dem Seitenschiff der Kathedrale von Meaux und in Chalons. Es hört dieselbe aber völlig auf, wenn das Kaffgesims an die Fensterpfosten schneidet und letztere auf den Boden hinablaufend die Säulen der Blenden ersetzen, wie in den Kreuzflügeln der Kathedrale zu Meaux.

Blenden  
ohne  
Fenster  
darüber.

Zuweilen finden sich diese Bogenblenden auch ohne die Verbindung mit darüber liegenden Fenstern, wie in der Vorhalle des Freiburger Münsters. In diesem Falle fällt natürlich auch das Kaffgesims darüber weg, da der wagerechte Abschluss aufhört eine Bedeutung zu haben, dann aber ist die der Natur des Spitzbogens angemessenste Ueberdeckung die giebelförmige, durch welche der Scheitel desselben belastet und die aufstrebende Gewalt desselben gebunden wird. Ebenso wird die Standfähigkeit der Säulen durch eine Belastung derselben vergrössert, welche in Freiburg durch eine Figurenstellung sich hervorgebracht findet, und wir gelangen somit in dieser hier dekorativen Gestaltung zu dem Ausdrucke eines Grundgesetzes der gotischen Architektur.

Blenden bei  
schmalen  
Fenstern.

Wenn die Fenster den Raum zwischen den Strebepfeilern nicht vollständig ausfüllen, so würden über den auf die volle Weite durchgeführten Bogenblenden die zu beiden Seiten der Fenster stehenden, glatten Mauerflächen eine lastende Wirkung hervorbringen. (In Freiburg freilich findet sich diese Anordnung mit der Anlage eines Umganges verbunden, worauf wir später zurückkommen werden.) Zur Vermeidung dieses Uebelstandes könnten die Blenden auch oberhalb des Kaffsimmes auf jenen Mauerflächen wiederholt werden oder unterhalb desselben wegbleiben, und nur auf die Fensterbreite, und zwar entweder in der Stärke des Gewändes oder innerhalb der bis auf den Boden hinabgeführten Gliederung des letz-

teren unter den Fensterpfosten angelegt werden. Diese Hinabführung der Fenstergewände bis zum Boden findet sich in einzelnen späteren Werken auch ohne Blenden, und zwar im Inneren sowohl als im Aeusseren, sodass in letzterem Falle die inneren Mauerflächen glatt bleiben.

Ein besonders reiches Beispiel der letzteren Art befindet sich an dem, aus dem XV. Jahrhundert stammenden Chorbau der Kirche zu Freiburg a. d. Unstrut, an welchem sich unmittelbar unter dem Kaffsim, auf dessen Wassersschlag die Gewändegliederungen aufschneiden, von derselben Gliederung umzogene und mit dem Fenster gleiches Breitenmass haltende, vierseitige Blenden finden, deren Gründe mit Reliefs geschmückt sind, während die äussersten Glieder der Gewände unmittelbar unter dem Kaffgesims sich zu einer Reihe hängender, nasenbesetzter Rundbögen gestalten, welche gewissermassen Baldachine über den Reliefs bilden.

Als Ersatz für alle solche reichere Gestaltungen finden sich dann häufig in den fraglichen Mauern einfache, jeder direkten Beziehung zu den Fenstern ermangelnde, mit Stiehbögen überwölbte Blenden, wie in dem Chorumgang von Ste. Gudule in Brüssel und den Kreuzflügeln der Kirche in Wetter, ferner in vielen norddeutschen Backsteinkirchen.

Einfache  
Blenden.

#### Die Anlage der Fenster.

Für die Höhe des Fensterbogens bestimmt sich ein Maximum danach, dass für den Körper desselben unterhalb des Schildbogens noch ausreichende Höhe bleibt. Es ergibt sich dieses Verhältnis von selbst, wenn die Fenster den Raum zwischen den Strebepfeilern völlig einnehmen, mithin Fensterbögen und Schildbögen entweder konzentrisch werden oder zusammenfallen, wie für das mittlere Fenster in Fig. 840 angenommen ist.

Höhe der  
Fenster.

Bei geringerer Fensterbreite wird die konzentrische Anlage der Fenster und Schildbögen nur dann möglich bleiben, wenn das Breitenverhältnis ein derartiges ist, dass dem Fensterbogen dadurch keine übermässig spitze Gestaltung aufgezwungen wird, nötig ist sie keinesfalls. Ein Minimum der Fensterhöhe bestimmt sich aber durch die Gemeinschaftlichkeit der Grundlinien zwischen Fensterbogen und Schildbogen. Hiernach sind die Höhen der Seitenfenster in Fig. 840 bestimmt.

Ueber das Verhältnis der Fensterhöhe zu der Mauerhöhe unterhalb des Kaffgesimses lässt sich nur im allgemeinen aufstellen, dass erstere, wie es im Wesen der Sache begründet ist, vorherrschen soll.

Es ist schon darauf hingewiesen, wie die grösste Breite der Fenster sich dadurch ergibt, dass die Wandpfosten derselben unmittelbar an den Strebepfeilern liegen, sodass die Seitenflächen der letzteren die Gewände bilden, aus denen dann die Bögen sich heraus schneiden. Da nun bei oblongen Jochen die Grundlinien der gestelzten Fensterbögen in eine Höhe zu liegen kommen, in welcher die Kreuzrippen auf eine beträchtliche Weite vorgerückt sind, so kann der Fensterbogen oder eine Verstärkung desselben, welche den eigentlichen Schildbogen abgiebt, ganz in derselben Weise aus den, hier noch lotrechte Flächen bildenden Kappenfluchten herauswachsen. Die perspektivische Ansicht (Fig. 846) zeigt diese Anordnung bei *b*, welche sich in besonders kühner Weise in den sechsteiligen Gewölben des Chores der Kathedrale von Beauvais findet, deren Anordnung die Fig. 847 zeigt. Es werden hier die fraglichen Schildbögen einerseits durch die die Halbierungsrippen begrenzenden lotrechten Linien

Grösste  
Breite der  
Fenster.

abgeschnitten, während auf der anderen Seite die Linie des Anschneidens hinter der in unserer Figur weggelassenen Kreuzrippe sichtbar wird. Hiernach bildet dann die äussere Linie des Spitzbogens, diejenige, an welche die Kappen sich ansetzen, keinen vollen Spitzbogen mehr, sondern nur noch ein Segment, sodass die Kappen an jene lotrechten Flächen unter einem sehr stumpfen Winkel anschneiden.

Diese sonst wenig sichtbare Eigentümlichkeit findet sich in dem Chor der Kathedrale von Toul, dessen Anordnung Fig. 850—850 a in Auf- und Grundriss zeigen, mit aller Absicht durchgebildet. Wie der Grundriss zeigt, sind die Strebepfeiler des nach dem halben Zehneck geschlossenen Chores so weit nach innen gerückt, dass über der Fenstersohle ein Umgang durch dieselben hindurchgeführt, und den Köpfen derselben die die Kreuzrippen tragenden Dienste *a* vorgelegt sind, während die durch eingesetzte Säulchen gegliederten Ecken *b* dieser Pfeiler die sich über den Umgängen als Tonnengewölbe fortsetzenden Schildbögen aufnehmen. Diesen inneren Strebepfeilern liegen dann die Wandpfosten *c* der Fenster an, welche sich, wie der Aufriss zeigt, als Spitzbögen zusammenwölben, eben dadurch aber der äusseren Linie der oben erwähnten Verstärkungsbögen und weiter den zwischen die Pfeiler gespannten Tonnengewölben jene gebrochene Spitzbogenlinie aufzwingen, deren Anfang daher hoch über den in der Grundlinie der Kreuzrippen des Chores befindlichen Dienstkapitälern *e* in Fig. 850 zu liegen kommt. Da aber die Spannung der Kreuzrippen in dem dem Chor vorhergehenden Mittelquadrat eine weit grössere ist als im Chorpolygon, so ergibt sich für erstere bei gleicher Scheitelhöhe und ähnlicher Bogenform eine weitaus bedeutendere Höhe, und wird hierdurch die Kapitälhöhe im Kreuzschiff sowohl als an dem Chorpfeiler, auf welchem die dem Gesamtschub der Polygonrippen widerstrebende Kreuzrippe aufsitzt, um ebenso viel tiefer gerückt.

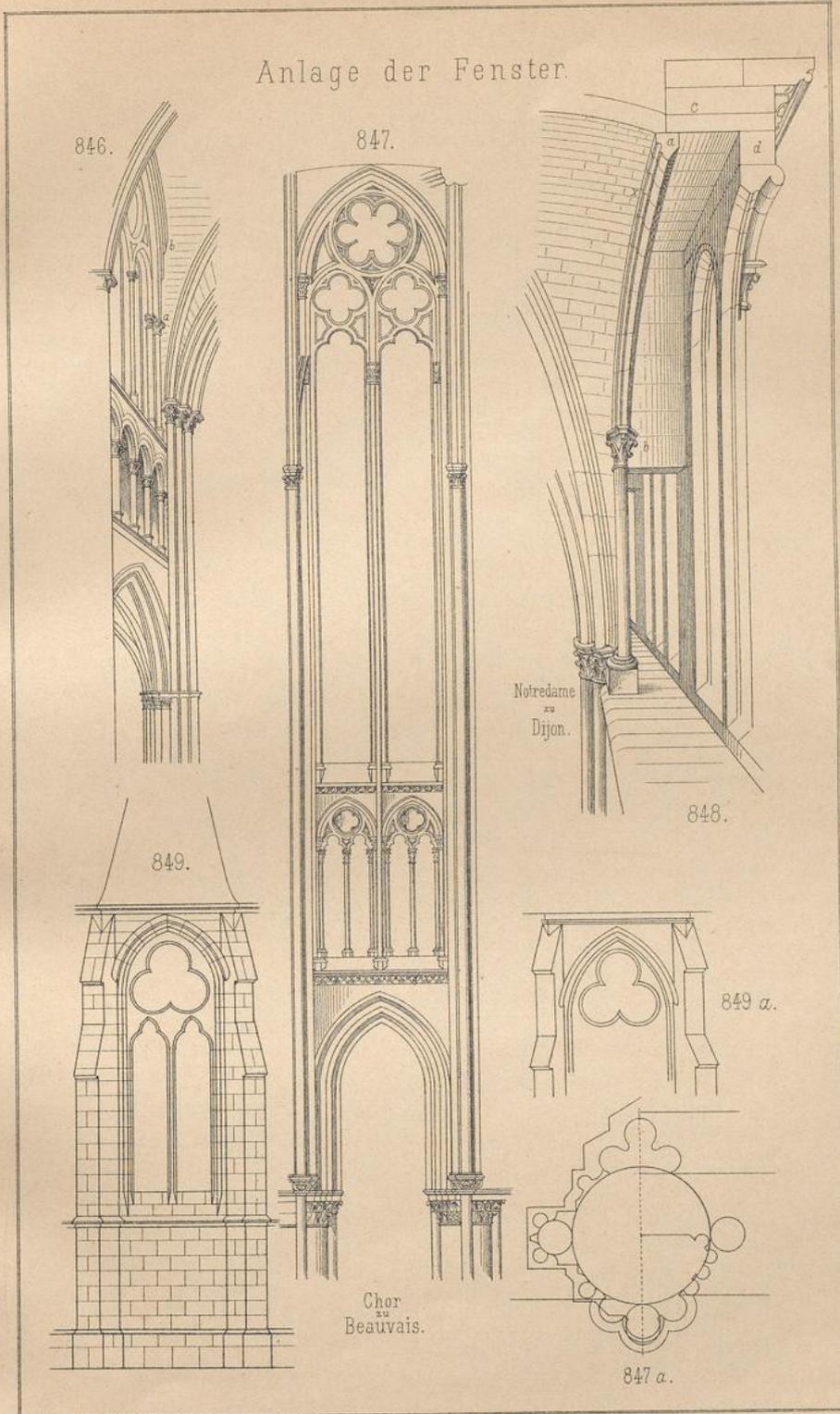
In dieser letzteren Höhe sind dann sämtliche Chorpfeiler durch Kapitäl abgeschlossen, auf welchen die jene Differenz bildenden Stücke gleichsam als selbständige Pfeiler aufsitzen.

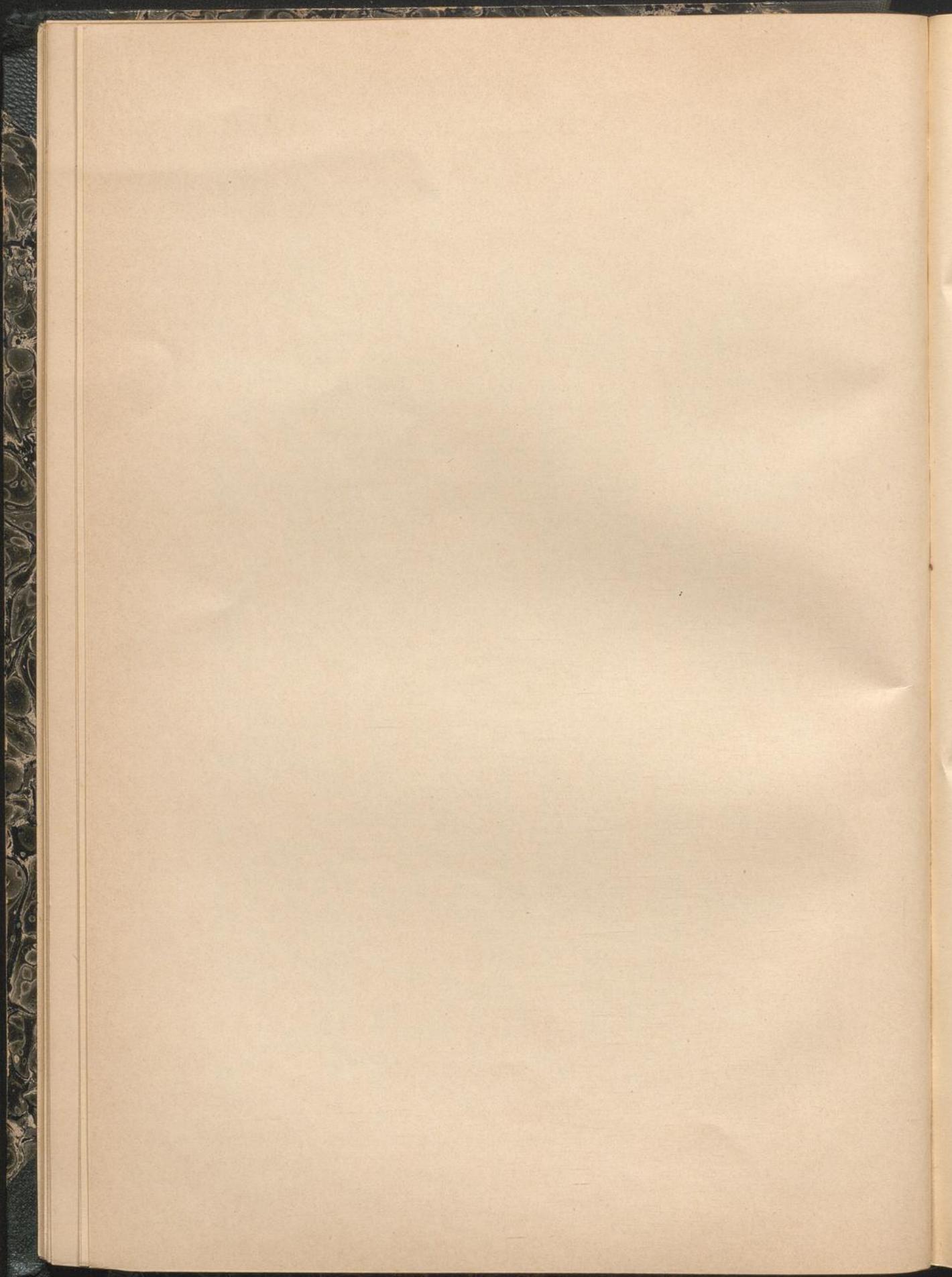
Die Form des Fensterbogens wird, wenn die Fenster von Pfeiler zu Pfeiler reichen, durch die konzentrische Linie des Schildbogens bestimmt. Da, wo es aber die ganze Struktur mit sich bringt, dass die Scheitel der Bögen dem oberen wagerechten Mauerabschluss sehr nahe zu liegen kommen, besonders bei gleicher Höhe sämtlicher Bogenscheitel des Gewölbes, würde bei einer spitzigen Gestaltung des Fensterbogens, selbst schon bei derjenigen aus dem gleichseitigen Dreieck, die aufstrebende Kraft des Bogens diese wagerechte Begrenzungslinie nicht allein zu brechen scheinen, sondern in manchen Fällen diese Wirkung auch in der That ausüben. Es ist daher in diesem Falle besser, den Scheitel lieber ein wenig tiefer zu legen, den Bogen selbst aber mit geringer Pfeilhöhe zu konstruieren (ihm z. B. die Form des „arc en tiers point“ zu geben, deren Mittelpunkte durch die Vierteilung der Grundlinie gegeben sind). Der Figur 849 stellen wir die aus dem Durchschnitt Fig. 840 für das östliche Feld, nur mit Annahme einer spitzigen Bogenform, entworfenen Fig. 849 a gegenüber. An den mit grösserem Reichtum ausgeführten Werken findet sich sodann zur Belastung der Bogenscheitel die zuerst an der Ste. Chapelle in Paris vorkommende Bekrönung der Fensterbögen durch Giebelwimperge. (Näheres s. vorn S. 342.)

So ist es ferner die spitze Form des Schildbogens, welche auch bei geringerer Grösse der Fenster für dieselben wieder einen (wenn auch exzentrischen) Spitzbogen fordert, oder, bei Anlage mehrerer Fenster nebeneinander auf derselben Jochseite, wenigstens eine nach der Mitte aufstrebende Gruppierung. Eine solche wird erzielt bei Anlage von zwei Fenstern, wie sie sich z. B. in dem Regensburger Dom und in der Petrikirche in Lübeck findet, durch Hinzufügung eines runden Fensters zwischen den beiden Fensterbögen und dem Schildbogen, bei Anlage von 3 Fenstern nebeneinander, wie sie an den frühenglischen und einzelnen deutschen Werken sich findet, durch eine grössere Höhe des mittleren Fensters.

Schildbogen  
und Fenster-  
bogen.

Anlage der Fenster.





Umgekehrt hat in manchen französischen Werken, wie in den Kreuzflügeln zu Amiens, die Anlage eines Radfensters über die ganze Weite auf die halbkreisförmige Gestaltung des Schildbogens zurückgeführt.

Die Notwendigkeit, nicht die Statthaftigkeit des Spitzbogens oder der kulminierenden Fensterform fällt weg mit dem Gewölbe selbst und ebenso mit der Annahme jener in Fig. 96 dargestellten Rippengewölbe, in welchen die Kappen durch übergelegte Steinplatten ersetzt sind. Deshalb finden sich in dem Raum des Freiburger Turmes, welchem jene Konstruktion entnommen ist, zwischen je zwei solcher Rippen drei gleich hohe Spitzbogenfenster nebeneinander.

Unabhängigkeit zwischen Schild- und Fensterbogen.

Dieselbe Konstruktionsweise hat in den älteren Kirchen der Bourgogne eine etwas veränderte Anwendung gefunden (Fig. 848). Hier ist nämlich die Fensterwand zwischen den Strebepfeilern soweit hinausgerückt, dass innerhalb derselben Durchgänge durch die letzteren führen. Die Schildbögen des Gewölbes werden dann aus der Mauer anliegenden zu frei vortretenden Bögen wie die übrigen Rippen und sind oberhalb des Kappenanschlusses durch eine aufgemauerte Wand wagerecht ausgeglichen und mit der Fensterwand durch übergelegte Steinplatten verbunden, welche demnach auf die Breite des Umganges eine wagerechte Decke bilden und mit ihrer oberen Fläche die Wasserrinnen entweder bilden oder aufnehmen; Fig. 848 zeigt diese Anordnung aus Notre-dame zu Dijon. Es ist darin *a* der Schildbogen, *b* der mit Durchgang versehene innere Strebepfeiler, *c* die übergelegten Steinplatten, *d* die Fensterwand, welche von 3 gleich hohen Spitzbogenfenstern durchbrochen ist. Ebenso würde sich eine jede viereckige Fenstergestaltung hierzu eignen, deren Ueberdeckung die ausreichende Stärke besitzt, um jene Platten zu tragen. Bei VIOLLET LE DUC findet sich ein der Ste. Chapelle zu St. Germain des prés entnommenes Beispiel, in welchem dem Fensterviereck ein grosser, durch alte und junge Pfosten mit reichem Masswerk in 4 Felder geteilter Spitzbogen eingesetzt ist, und die zwischen letzterem und der vierseitigen Umschliessung befindlichen Zwickel wieder durch eingesetzte Dreipässe ausgefüllt sind, welche letztere die wagerechte Ueberdeckung ausreichend kräftigen.

Eine besonders sinnreiche und glänzende Anwendung derselben Konstruktion findet sich an der Fensterrose des Strassburger Münsters. Hier liegt der Umgang ausserhalb; das eigentliche Fenster rückt also an die Stelle des Schildbogens in Fig. 848, während die Fensterwand in derselben Figur durch einen zwischen die Strebepfeiler, den Boden und die Decke des Umganges eingewölbten, nach innen mit hängenden Bögen besetzten Kreis ersetzt wird, und die Zwickel zwischen dem letzteren und den Seiten des Quadrats mit durchbrochenem, schön gebildetem Masswerk gefüllt sind. Denken wir uns nun in dem oben angeführten Beispiel die Fensterwand wie in Fig. 848 in die äussere Seite des Umganges gerückt, so würden auch dann die Zwickel in derselben Weise durchbrochen und verglast sein, also die Einschliessung des Kreises durch ein Quadrat gerade so organisch erscheinen, als es nach der gewöhnlichen Gewölbebildung die durch den Spitzbogen ist.

An den Werken des XIII. Jahrhunderts nehmen, wie bereits angegeben, die Pfosten eine grössere und demzufolge die Gewände eine geringere Bedeutung an. Wir verweisen auf den in Fig. 851 gegebenen Grundriss der Fenster des Chores in Wetter, wo die Pfostendicke etwa die Hälfte der Mauerdicke beträgt und die Gewände in einfachen Schrägen bestehen. Letztere Form ist überhaupt die an einfacheren Werken am häufigsten vorkommende, während reichere Gewände durch in die von dem Mauer vorsprung gebildeten rechten Winkel eingesetzte Dienste sich gestalten. Entweder setzen sich dann den Kapitälern dieser Dienste die Bogengliederungen nach einer anderen, dem rechten Winkel des Werkstückes einbeschriebenen Grundform auf, oder

Gewände u. Pfosten.

aber es setzt sich der Dienst als Rundstab in dem Bogen fort. Die durch diese Säulchen begonnene Gewändegliederung setzt sich dann in der der Pfosten fort, wird also komplizierter bei Anordnung alter und junger Pfosten. Nur in Strassburg bleibt der Unterschied der Pfosten fort, weil die alten Pfosten nur aus 2 aneinandergereihten jungen bestehen (s. Fig. 855 a bei b).

Die Stärke der Fenstergewände und der Pfosten findet sich bei LACHER auf je  $\frac{1}{3}$  der Mauerdicke bestimmt. Aus anderen Stellen derselben Schrift scheint die auch bei HOFSTADT angenommene Pfostenstärke von  $\frac{4}{10}$  der Mauerdicke und sonach die Gewändestärke von  $\frac{3}{10}$  sich zu ergeben. Beide Massbestimmungen sind den meisten deutschen Werken des XIV. und XV. Jahrhunderts entsprechend, an welchen die Lust an reichen Masswerkcombinationen, an überschlanker Pfostengestaltung auf die geringen Stärken der letzteren führte. Ein Beispiel dieser Art zeigt die in Fig. 841 enthaltene Quadratur.

Selbst in den Fällen, wo die Fenster die volle Jochweite einnehmen, finden sich zuweilen solche reiche Gliederungen an den sich ganz oder teilweise aus den Strebepfeilerflächen schneidenden Bögen. Ein derartiges Beispiel vom Chor von St. Ouen in Rouen zeigt die Fig. 851 b.

Zuweilen, so an den oberen Fenstern der Kirche zu Haina (s. Fig. 851 a), liegen die mit Säulchen verbundenen Pfosten fast in den beiden Mauerfluchten und trennen sich von denselben nur durch eine Hohlkehle, sodass sie die volle Mauerstärke einnehmen. Dabei ist der Fensterbogen nach aussen verstärkt durch ein vorspringendes Traufgesims von konzentrischer Führung, welches in der Grundlinie der Fensterbögen in die wagerechte Richtung umkröpft, sich auf eine kurze Strecke in derselben fortzieht, dann lotrecht hinab und hierauf wieder wagerecht fort und um die Strebepfeiler geht, den Rand der Absetzung derselben bildend.

Ueberschlagsgesimse.

Ueberhaupt liegt in diesen den Bogen umziehenden, vor die Mauerflucht vortretenden Gliedern, welche an den Werken des XIII. Jahrhunderts häufig vorkommen, ein sehr wirksames Mittel, die Bedeutung des Bogens zu verstärken und die Mauerfläche zu beleben.

In der Regel nehmen diese Ueberschlagsbögen die Gliederung einfacher Traufgesimse an, in den französischen Werken sind ihre Kehlen indes häufig mit Rosetten oder mit Laubwerk gefüllt.

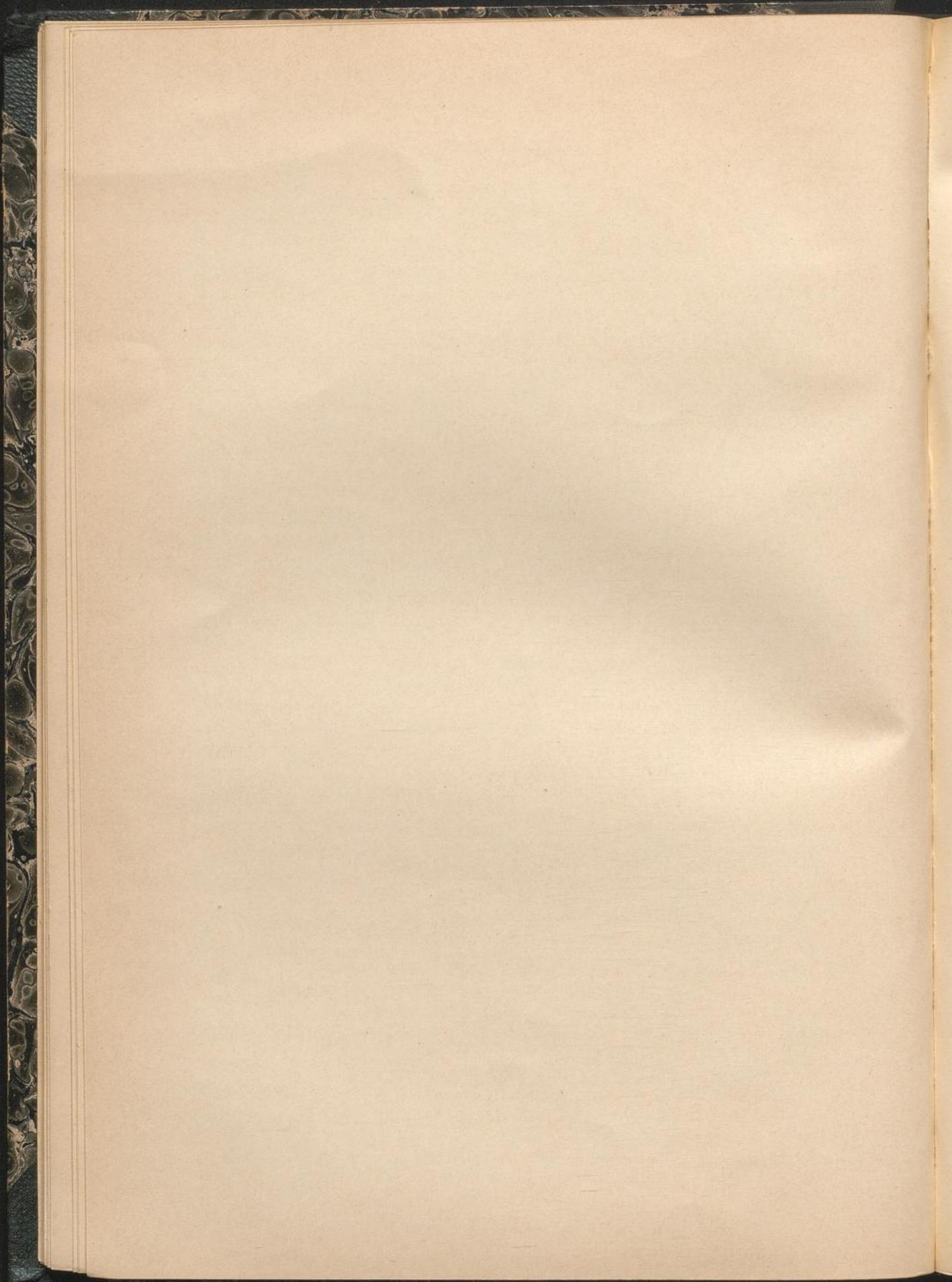
Während sie in Haina die Fensterbögen bilden, finden sie sich an anderen Orten gewissermassen als Abdeckung derselben, sodass sie von der Gliederung des Gewändes durch einen glatten Streifen getrennt sind.

Anstatt der rechtwinkligen Kröpfung, welche sie dort annehmen und welche aus dem Verhältnis der Höhe des Gewölbeanfanges zu jener der Grundlinie des Fensterbogens hervorgeht, laufen sie häufig in der letzteren wagrecht fort und sich an den Strebepfeilern tot, oder sie setzen in derselben Höhe neben dem Fenstergewände auf Kragsteinen auf.

#### Von den Umgängen.

Für die Erhaltung der einzelnen Teile eines jeden Gebäudes und die Herstellung der etwa entstandenen Schäden ist eine leichte Zugänglichkeit von höchstem Wert. Mehr aber als irgendwo wird dieselbe nötig an den Fenstern und findet sich hier an den gotischen Kirchen des älteren Systems geschaffen durch die Anlage von Umgängen,





welche in der Höhe der Sohlbänke liegen und in der verschiedensten Weise konstruiert werden können.

Der modernen Gewöhnung würde, die sonstige Annahme des Systemes der gotischen Konstruktion vorausgesetzt, die in Fig. 852 im Durchschnitt gezeigte Anlage am nächsten liegen, nach welcher der Umgang in einem fortlaufenden, etwa von Kragsteinen getragenen Balkon bestände, welcher vor den an der Wandflucht stehenden Gewölbediensten hinführte. In der gotischen Kunst tritt das Bestreben, die grössten Wirkungen mit den geringsten Mitteln zu erreichen, in seine Rechte. Sie benutzt den für den Umgang doch einmal zu schaffenden Vorsprung, um die Gewölbespannung zu verringern, demnach für den ganzen Bau mit geringerer Höhe und Widerstandsmasse auszureichen. Sie verwendet freistehende Säulen, welche in der äusseren Flucht des Umganges stehen, verbindet dieselben mit der Mauer oder vielmehr dem Strebepfeiler durch einen kräftigen Sturz, dessen Kopf *a* den Rippenanfang bildet und welcher durch Kragsteine von der Wandflucht aus gestützt wird, schlägt über der Tiefe des Umganges Tonnengewölbe, welche zugleich die Schildbögen für das mittlere Gewölbe abgeben, und unterstützt die Säulen entweder durch verstärkte Kragsteine oder durch von Grund aufgeführte Pfeiler. Mit Annahme der letzteren Konstruktion gelangen wir zu dem System der nach innen gerückten, in der Höhe der Fenstersohle mit Durchgängen versehenen Strebepfeiler. Unterhalb des Umganges sind die Pfeiler einfachsten Falles wieder durch Bögen oder Tonnengewölbe verbunden, welchen der Boden des Umganges aufliegt, während die Dienste entweder von Grund auf angelegt oder von der Pfeilerflucht aus in der Höhe des Umganges ausgekragt sind (s. Fig. 853). Letztere Anordnung findet sich in Chor und Kreuzflügeln der Kirche zu Haina und ist völlig an ihrem Platze, weil der dem Pfeiler eingebundene Kragstein durch die mächtige und konzentrierte Belastung desselben eine genügend gesicherte Lage erhält.

Konstruktive Prinzipien der Umgänge.

In Haina (s. Fig. 853 a) und in den Seitenschiffen des Freiburger Münsters sind die Pfeiler vor dem Umgang dünn aber sehr breit. Die Annahme einer so bedeutenden Pfeilerbreite ist der Absicht zuzuschreiben, die vermöge der Durchbrechung entstandene Schwächung auszugleichen. Diese Schwächung jedoch ist in weit minderm Grade vorhanden, als es den Anschein hat.

Stabilität.

Nehmen wir in Fig. 853 den Pfeiler vorläufig als voll an, so sind bei ungenügender Stärke desselben durch den Gewölbeschub zweierlei Wirkungen möglich. Die erste würde in einer Ausbiegung der Mauer bestehen und dann eintreten, wenn der Widerstand, welchen die aufeinander liegenden Schichten vermöge der Reibung, welcher hier die Bindekraft des Mörtels zu Hilfe kommt, der Schubkraft des Gewölbes entgegensetzen, wegen des unzureichenden Masses dieser Flächen oder der zu geringen Belastung nicht genügend wäre. Die zweite Wirkung würde in einem Umkanten des Pfeilers um den Fusspunkt der Vorderflucht bestehen.

Die erste dieser Wirkungen, das Hinausdrängen, ist nur hinsichtlich der dem Gewölbeschub unmittelbar ausgesetzten Schichten zu besorgen, welche je nach Verlauf der Drucklinie in  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{3}$  der Pfeilhöhe oberhalb des Wölbanges liegen. Es folgt hieraus, dass eine Durchbrechung des Pfeilers oder vielmehr des Bogenanfanges bis zu der so bestimmten Höhe oder darüber hinaus allerdings unmöglich ist, unterhalb derselben aber eine Ausbiegung der Mauer nicht veranlassen kann. Wir führen hier das in Fig. 854 gegebene Beispiel des südlichen Kreuzflügels der Kollegiatkirche zu Wetzlar an, wo sich oberhalb der Pfeilerkapitälle die durch den Bogenanfang führende Durchbrechung *a* findet, welche nahezu die Grenzen des Möglichen erreicht.

Die Wirkung des Umkantens aber kann durch die Durchbrechung des Pfeilers nur insofern erleichtert werden, als der zu fürchtende Drehpunkt aus dem Fusspunkt in Fig. 853 nach dem Punkt *c* hinaufrücken würde, wodurch das Gewicht der bei der Drehung zu hebenden Masse um das kubische Mass der Durchbrechung und des bei derselben stehen bleibenden inneren Pfeilers

sich verringern würde. Um diesen Verlust auszugleichen, bedarf es aber nur eines sehr geringen Längenzusatzes für den Strebepfeiler, weil, wie schon mehrfach bemerkt, die Länge desselben etwa in quadratischem Verhältnis wirkt.

Hiernach erklärt sich die Breite jener inneren Pfeiler in Haina dadurch, dass man durch das Mass der einer früheren Anlage angehörigen und nicht mit Strebepfeilern verstärkten unteren Mauer an einem Längenzusatz für die oberen Strebepfeiler verhindert war, ein Grund, der in Freiburg allerdings nicht vorliegen konnte. Weiteres über die Stabilität der Umgänge siehe unten S. 358.

Umgang im  
Strassburger  
Münster.

In vollkommener Gestaltung erscheint die Anlage innerer Durchgänge an den Seitenschiffsfenstern des Strassburger Münsters (s. Fig. 855 und 855 a). Hier wird, wie der Grundriss zeigt, der innere freistehende Pfeiler völlig eingehüllt durch die drei von Grund auf angelegten Dienste der Gurt- und Kreuzrippen und die zwei dem Boden des Umganges aufsetzenden *a*, welche die freiliegenden Schildbögen tragen.

Die Breite des Umganges ist nicht wie in Fig. 853 durch ein einfaches Tonnengewölbe, dessen Dicke durch die der Kappen *d* noch einen Zusatz erhält, sondern durch eine dem Schildbogen konzentrische Fortführung der letzteren überspannt, welche an der Mauerflucht von dem sich längs derselben bewegenden Bogen *b* aufgenommen wird. Da ferner der innere, von den Diensten verdeckte, durchbrochene Strebepfeiler mehr die Schubkräfte der Seitenschiffsgewölbe dem ohnehin durch das Strebesystem des Mittelschiffs geforderten, starken äusseren Strebepfeiler zuführen, als dem letzteren eine Verstärkung gewähren soll, so wird seine Breite auf das geringste Mass zurückgeführt, und es springt seine Flucht *f* von beiden Seiten weit hinter die der Schildbogendienste *a* zurück. So kommt die ganze Anlage der Kühnheit der in Fig. 848 gezeigten Ueberdeckung der Umgänge mit wagerecht gelegten Steinplatten am nächsten und es ist ihr der letzteren gegenüber noch der Vorteil eigen, dass sie die beunruhigende Wirkung vermeidet, welche bei letzterer durch das einseitige Anstossen der Kappenschichten an die den Schildbögen aufgesetzten Wände, z. B. bei *z*, hervorgebracht wird.

In Strassburg werden die Bodenplatten der Umgänge von den oben (S. 347) erwähnten Bogenblenden (s. *g* in Fig. 855) getragen. Da ferner die Fensterpfosten den Strebepfeilern nicht unmittelbar anliegen, so musste auch das Gewände wenigstens bis auf das Kaffgesims hinabgeführt werden, dadurch, sowie durch die Anlage des Umganges, entstand in der Höhe des Kaffgesimses eine unnötige Breite. Deshalb ist das Stärkemass der Mauer nicht allein durch jene schon oben (S. 347) erwähnte innere Auskragung, sondern auch durch die kräftige Gliederung des Kaffgesimses verringert, noch mehr aber dadurch, dass die Stärke der Gewände noch über die äusserste Linie jenes Gesimses ausladet, sodass die Säulensockel mit einer wagerechten Unterfläche *h* über die Kante desselben hinausgehen.

In der Regel ermangeln die Umgänge der Brüstungen, zumal die Fensterwand einerseits völlige Sicherheit bietet. Nur in Freiburg ist der äussere Rand derselben nachträglich mit einer Galerie von durchbrochenem, spätgotischem Masswerk versehen worden, welches letztere dann in Relief auch über die vorderen Flächen jener inneren Strebepfeiler bis an die Dienste gearbeitet ist, hier aber, belastet durch die obere Mauermasse, keine günstige Wirkung hervorbringt. Zudem verdeckt die Galerie die unteren Teile der Fenster und würde besser durch von Pfeiler zu Pfeiler reichende und in beiden mit ihren Enden eingelassene Eisenstangen zu ersetzen sein.

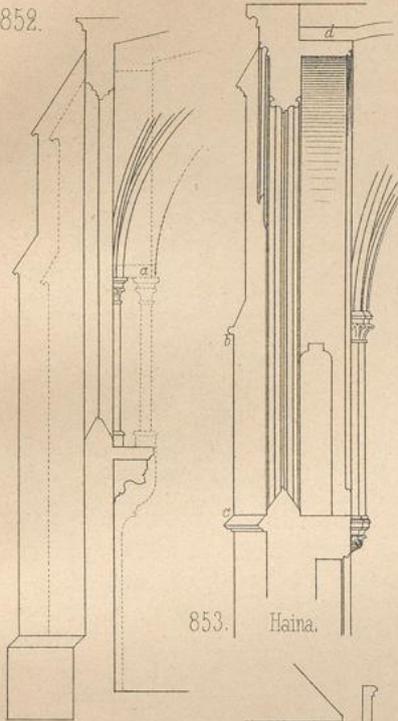
Äusserer  
Umgänge.

Bis jetzt haben wir nur von Umgängen im Inneren gesprochen, sie können in derselben Weise auch nach aussen verlegt werden und hier durch die Strebepfeiler führen, wie an den Seitenschiffen der Kollegiatkirche in Wetzlar, dem Chorpolygon derselben und der Elisabethkirche zu Marburg. Ueberhaupt würde es am nächsten liegen, sie auf diejenige Seite der Fenster zu rücken, von welcher die Verglasung angelegt ist.

Da sehr häufig bei Anlage von doppelten Fensterreihen über einander die unteren von innen und die oberen von aussen verglast sind, so würde hiernach auch die Lage

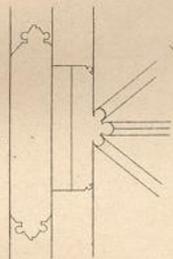
Innere Umgänge.

852.

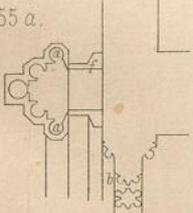


853. Haina.

853 a.

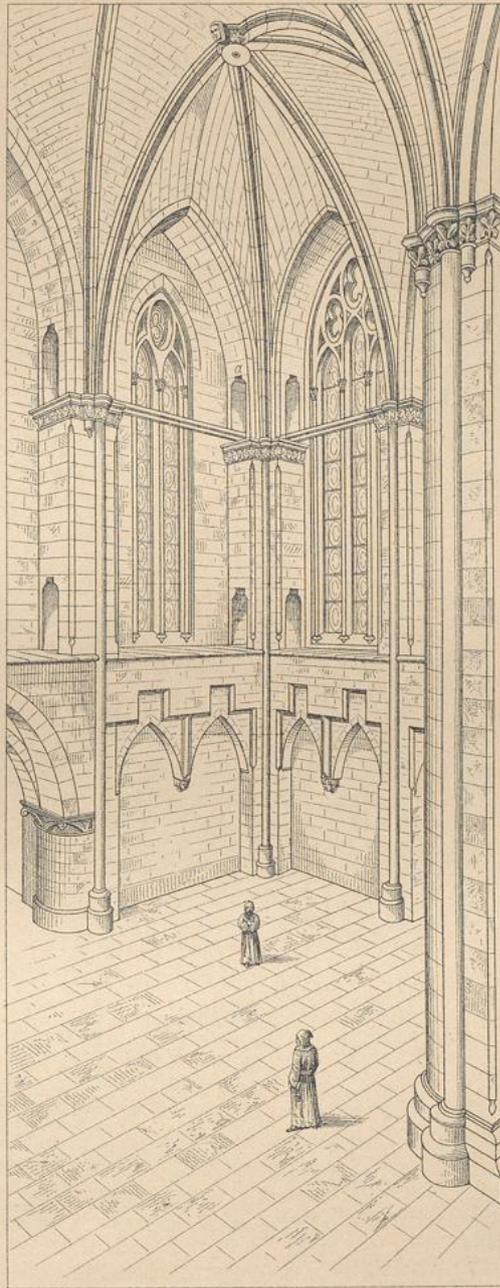


855 a.

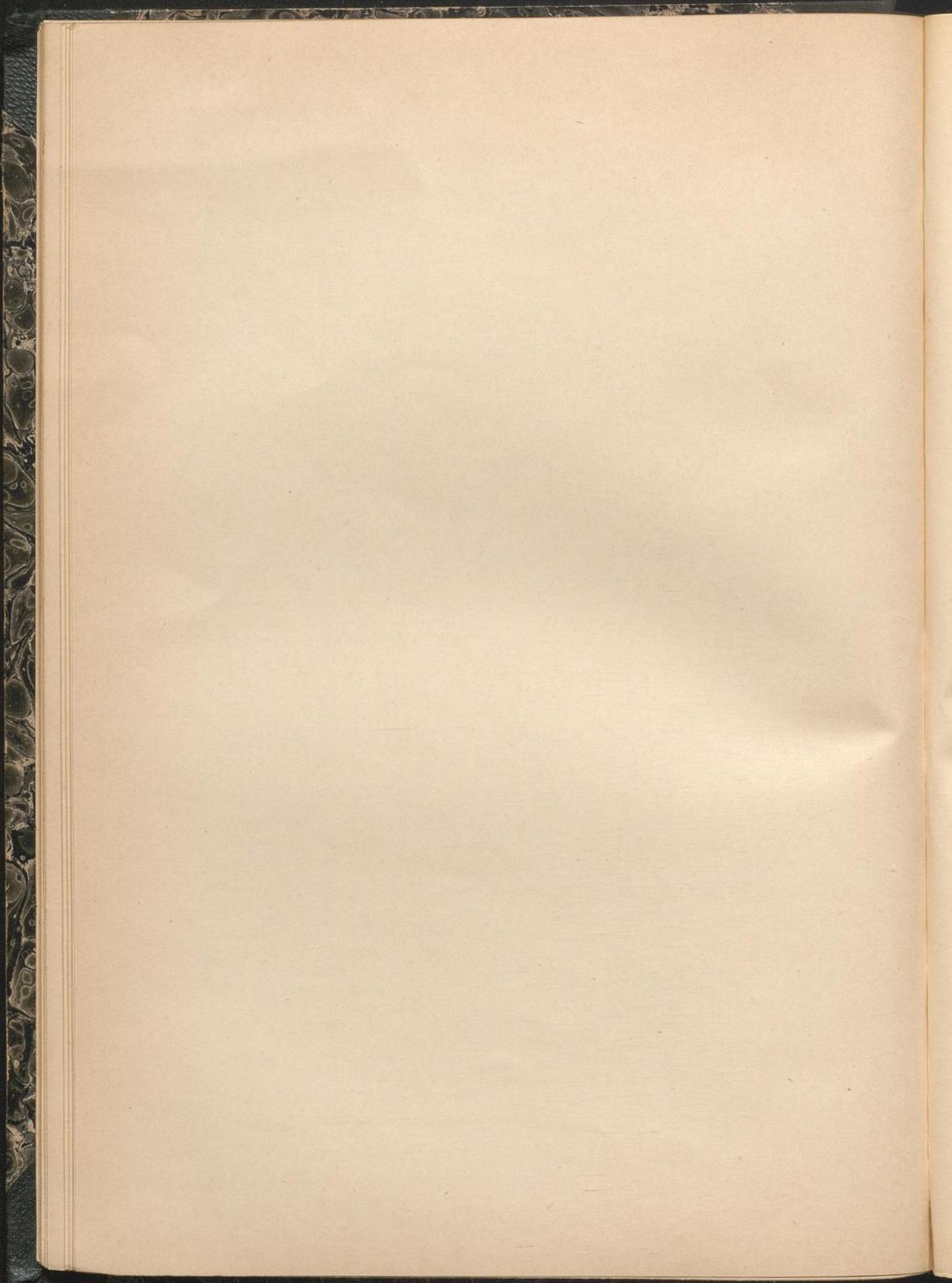


Strassburg.

855.



854. Wetzlar, Südliches Kreuzschiff.



der Umgänge eine verschiedene sein. So finden sich im Chor der Kirche zu Wetzlar zwei Umgänge, von welchen der untere auf der inneren und der obere auf der äusseren Seite der Fenster gelegen ist (s. Fig. 856—856 c). Es trägt die ganze Anordnung noch ein sehr primitives Gepräge, insofern die beiden Umgänge, wie der Durchschnitt Fig. 856 a zeigt, schräg neben einander liegen und so eine Breite beanspruchen, die ihnen hier allerdings durch die ungewöhnliche Mauer- und Pfeilerstärke gewährt war. So hat man ferner auf den Nutzen verzichtet, der aus einer durchlaufenden Auskragung oder aus zwischen die Pfeiler geschlagenen Bögen für die Anlage der Umgänge zu ziehen gewesen wäre, und dafür zu einer Reihe von ungewöhnlichen Auskunftsmitgliedern Zuflucht genommen.

Zwei Umgänge übereinander.

Zunächst machen wir darauf aufmerksam, dass die Fluchten der Rückwände der beiden Umgänge *a* und *b* (s. Fig. 856 a) über einander liegen. Demnach musste ein jeder Vorsprung der Fensterpfosten nach aussen wegfallen, um eine Verengung der Breite des Umganges zu vermeiden, die Verglasung selbst aber so weit über die Flucht *b* hereingeschoben werden, dass an dem Mittelpfosten noch die Anlage der äusseren Kalkleiste *c* möglich war. Der Mittelpfosten spricht sich dann nach aussen hin durch keinerlei Profil aus und erhält seine volle Stärke nach innen, mit welcher er über die Flucht *a* hinabläuft und etwa in 3 m Höhe über dem unteren Umgang bei *d* auf einem Kragstein aufsitzt. Die Wandpfosten sind weggelassen und die Verglasung ist unmittelbar an die Laibung des Gewändes gelegt (s. den Grundriss Fig. 856 c bei *a*); da sie aber gleichfalls über die Wandflucht *b* hereinspringt, so musste sie auf dem die Sohle des Fensters bildenden inneren Gesimsvorsprung *e* aufsitzen.

Der untere Umgang führt durch die Mauerdicke hinter den Wänden *w* in Fig. 856 b und öffnet sich nach dem Inneren des Chores durch die beiden diese Wände durchbrechenden, wagrecht geschlossenen Oeffnungen *o* in Fig. 856. Vor dem oberen Umgange liegen aussen die kapitallosen Pfeiler *f* in Fig. 856 a und 856 c, von welchen kräftige, mit Blättern verzierte Steinbalken nach der Mauer übergelegt sind, welche als Grundlagen der über den äusseren Umgang gespannten drei Tonnengewölbe zwischen je zwei Strebepfeilern dienen, durch welche letzteren dann der Umgang hindurchgeht. Durch die Anlage dieser Pfeiler und Gewölbe ist zugleich die sonst unvermeidliche glatte Wirkung der jeder äusseren Gliederung ermangelnden Fensterpfosten in glücklicher Weise gehoben.

Diese aus der altchristlichen und romanischen Zeit überkommene Anordnung von freistehenden Pfeilern oder Säulen als Träger der einzelnen Tonnengewölbe (Zwerggalerien u. s. w.) ist überhaupt den Umgängen des Uebergangsstiles eigen, und zwar oft dem Inneren zugewandt und mit der Fensteranlage insoweit in Verbindung gebracht, dass unter jedem solchen Tonnengewölbe ein Fenster sich findet. In einer noch romanischen Behandlung sehen wir sie in dem Mittelschiff des Münsters zu Bonn, wo die Fenster nur auf die Höhe der Schildbögen angelegt sind, daher neben jener Säulenstellung noch die Mauerfläche stehen bleibt, hinter welcher der Umgang durchgeht und sich neben den Fenstern nochmals nach dem Inneren öffnet.

Eine nah verwandte, aber weitaus kompliziertere Anlage von doppelten Umgängen über- und dabei doch neben einander wie in Wetzlar findet sich in der Kathedrale zu Besançon, wo das Fensterstockwerk mit der Anlage des Triforiums in Verbindung gebracht ist, und auf welche wir weiterhin zurückkommen werden.

Vorteilhafter in jeder Hinsicht als diese Nebeneinanderlage ist es, die in verschiedenen Höhen angebrachten Umgänge senkrecht übereinander zu legen. Eine solche Anordnung entsteht in einfachster Weise, wenn beide Umgänge auf derselben Seite der Fensterwände angebracht sind. Ein derartiges Beispiel findet sich z. B. in dem südlichen Kreuzflügel der Kirche zu Wetzlar, wie die Fig. 854 zeigt, in der Weise, dass der Boden des oberen Umganges nur zeitweise im Falle des Bedürfnisses vermittelst überlegter Balken die Durchbrechungen der Gewölbeanfänge zu verbinden hatte, und nachher wieder weggeräumt werden konnte. Wir möchten wenigstens hierin den Grund für die Anlage jener Durchbrechungen finden.

Eine permanente, wirklich gebaute Anordnung von doppelten Umgängen fordert aber mit völliger Notwendigkeit die einer doppelten Fensterreihe, wie sie sich an der Elisabethkirche zu Marburg findet, wo die Umgänge auf den von einem Strebepfeiler zum anderen durchlaufenden Auskragungen liegen. In derselben Weise können sie auch von Bögen getragen werden, welche sich zwischen die Strebepfeiler spannen. Diese können sich entweder über die Breite der Umgänge als Tonnengewölbe fortsetzen oder in einem Abstände freiliegen und nach der Mauer übergelegte Platten tragen, wie in Fig. 848.

In dieser Anordnung liegt auch zugleich die einfachste Lösung der Aufgabe, die Umgänge an verschiedene Seiten der Fensterwände zu bringen, dadurch nämlich, dass jene Bögen mit den unteren Fenstern ihre Plätze wechseln, mithin die oberen Fenster über den Bögen zu stehen kommen. Hiernach würde der obere Umgang nach aussen und der untere nach innen liegen, und der Boden des letzteren entweder wieder von Gurtbögen oder, wie in Strassburg, von den Bogenblenden, oder endlich durch Auskragungen getragen werden, und zwar entweder durch fortlaufende, wie in Marburg, oder durch einzelne bogenverbundene Kragsteine, wie in den Kirchen zu Gelnhausen und zu Wetzlar. Die Gestaltung der oberen Fenster kann, wie an der Elisabethkirche zu Marburg, mit jener der unteren übereinstimmen oder von derselben abweichen.

Aeussere u.  
innere Um-  
gänge ver-  
bunden.

Auch hier ist es das Konstruktionssystem des Umganges, welches ganz in derselben Weise, wie wir bereits S. 351 über die Schildbögen näher ausgeführt haben, über die Wahl einer kulminierenden oder wagerecht begrenzten Fenstergestaltung zunächst entscheidet. Im allgemeinen wird wenigstens bei geringeren Höhen eine Verschiedenheit der beiden Fensterreihen günstiger sein, etwa in der Weise, dass die unteren Abteilungen aus zwei oder drei gleich hohen Fenstern bestehen, die oberen durch einzelne pfostengeteilte Spitzbögen überwölbt sich bilden.

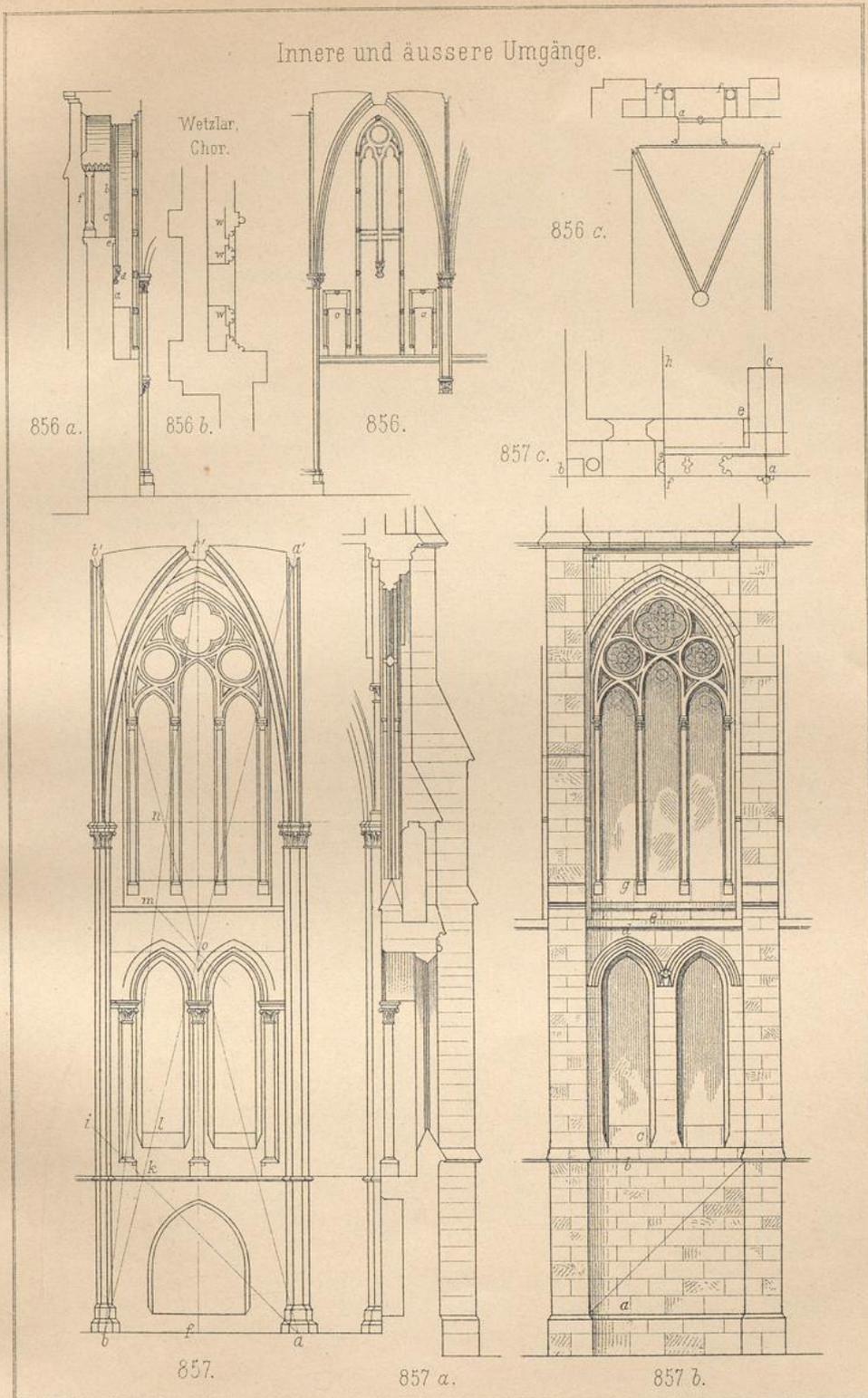
In allen Fällen, welchen eine grosse Höhenentwicklung eigen, ist der frühgotischen Anordnung einer doppelten Fensterreihe der in der späteren Periode angenommenen überschlanken Bildung der Fenster gegenüber der Vorzug zu geben, da sie neben der günstigeren Wirkung eine bessere Zugänglichkeit der Fenster und eine günstige Längsversteifung (s. S. 338) liefert. Freilich hat man sich daran gewöhnt, die schlanken Fenster als notwendiges Produkt des gotischen Vertikalismus, ja selbst als alleinige Ausdrucksweise des kirchlichen Charakters in dem Masse anzusehen, dass sie sogar an kirchlichen Gebäuden modernen Stiles acceptiert wurden, in welchen sie dann gewissenhafter Weise von den Emporbühnen sich durchschnitten finden.

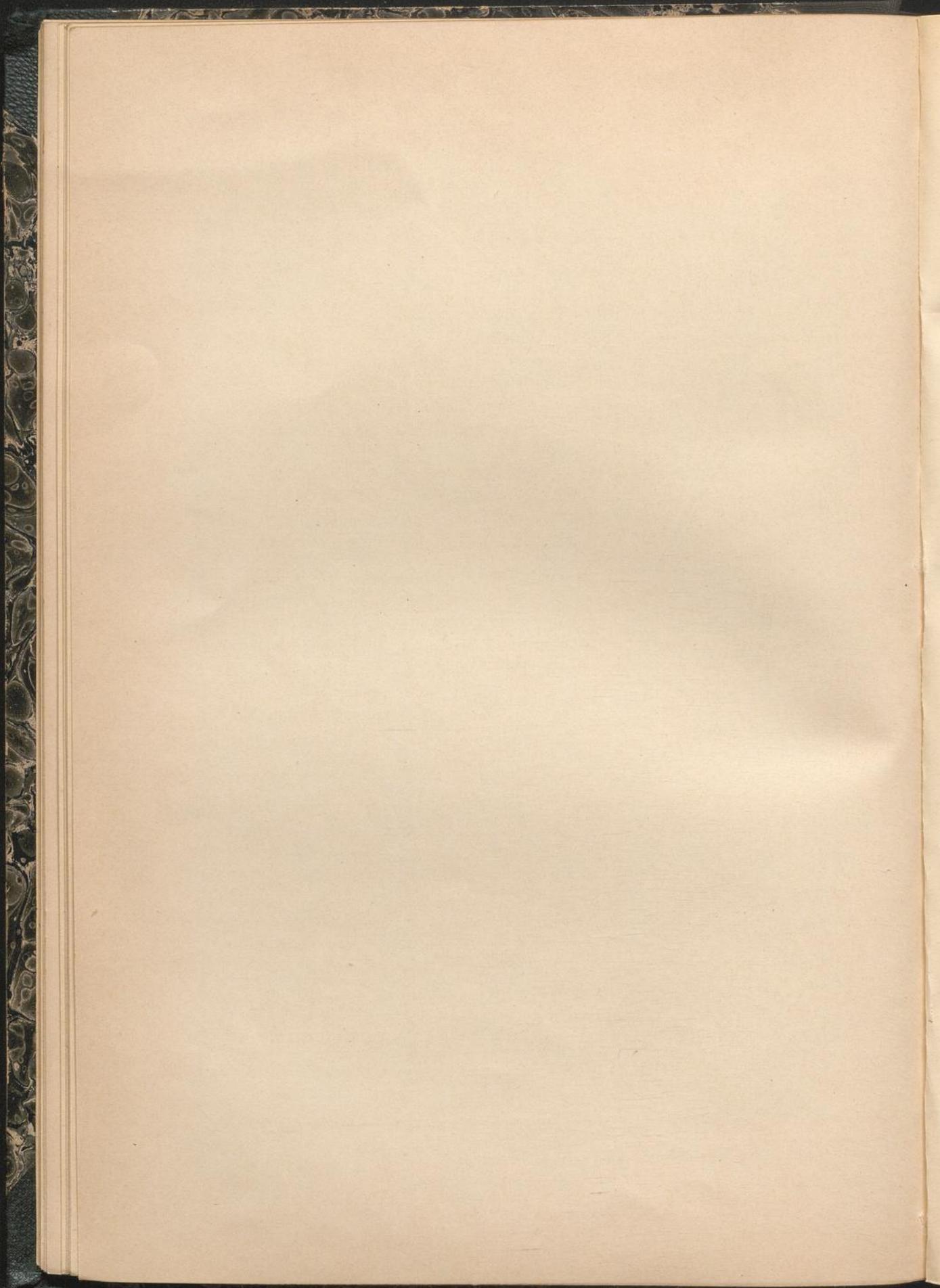
Doppelte  
Fenster-  
reihe.

Umgekehrt hat man die Anlage der Marburger Kirchen lediglich aus romanischen Reminiszenzen und jene der französischen einschiffigen Chöre und Kreuzflügel, auf welche wir, wie auf die des Regensburger Domchores, schon jetzt hinweisen müssen, nur dadurch erklären wollen, dass entweder die Absicht, eine völlige Einheit der Wirkung mit den mehrschiffigen Teilen herbeizuführen, oder sich der Pracht der mit Umgängen versehenen Choranlagen zu nähern, oder endlich eine vollständigere Zirkulation zu ermöglichen, auf die Beibehaltung der Höhentheilung der Schiffe geführt hätte.

Dem wäre zu entgegen, dass der letzten Bedingung durch Treppenanlagen hätte entsprochen werden können, dass überhaupt die Höhentheilung von Chor und Kreuzflügeln nicht immer mit jener der Schiffe übereinstimmt. Hierbei wollen wir nur auf die Kathedrale von Noyon hinweisen, in welcher in dem Langhaus über dem Seitenschiff, also unmittelbar über den Scheidebögen sich eine gewölbte Galerie, darüber das Triforium und über letzterem der Fensterstock findet, während in den Kreuzflügeln die Höhentheilung in der Weise umsetzt, dass über der Höhe der Scheidebögen, also in der Bodenhöhe jener Galerie das Triforium und über dem letzteren eine zweifache Fensterreihe

Innere und äussere Umgänge.





übereinander angeordnet ist, so dass vor der unteren ein innerer, vor der oberen ein äusserer Umgang sich findet.

Weiter aber liegt die Absicht, zwischen verschiedenen Teilen desselben Werkes eine durch keinerlei innere Gründe geforderte Einheit herzustellen, dem Wesen der gotischen Kunst ebenso fern als die andere, eine Wirkung zu simulieren, die einer völlig verschiedenen Konzeption entspricht.

Weiter muss hier bemerkt werden, dass, wenn der Vertikalismus durch die gotische Konstruktion zu einem gesteigerten Ausdruck gelangt, dieselbe doch in keiner Weise den Horizontalismus verdrängt, dass im Gegenteil das Bestreben, das erstere Prinzip auf Kosten des letzteren zum allein herrschenden zu erheben, eben eine Schwäche der späteren Werke ausmacht, welche von den Gegnern dieser Kunst irrigerweise als Notwendigkeit derselben hingestellt wird.

Wenn wir nun auf die spätgotische Anordnung der die ganze Höhe über dem Kaffgesims einnehmenden Fenster übergehen, deren Höhe oft eine so gesteigerte ist, dass das Verhältnis zur Breite kaum fasslich bleibt, so müssen wir den Nachteil hervorheben, dass ihre Wirkung eine zu ausschliessliche, alle sonstigen Teile beeinträchtigende ist, um günstig zu sein, und deshalb schon manche unliebsame Vergleiche hervorgerufen hat. Sie ist ferner der Wirkung der Verglasung ungünstig, sowohl bei Annahme eines weissen oder farbigen Musters durch die Notwendigkeit der unzähligen Wiederholungen, als bei Anordnung von figürlichen Darstellungen und hat in den späteren Perioden der gotischen Kunst auf jene turmartigen, gemalten Baldachine über den Figuren geführt, welche streng genommen doch nur als Raumauffüllungen angesehen werden können.

Ferner aber verringert jene übermässige Fensterhöhe auch den durch die Umgänge für die Zugänglichkeit derselben geschafften Nutzen. In dem erkannten Bedürfnis der letzteren ist daher der eigentliche strukturelle Grund für die frühgotische Anlage einer doppelten Fensterreihe zu suchen, deren Wirkung als Kunstform sodann, wie die vorhandenen Beispiele zeigen, derjenigen der späteren Anordnung mindestens nicht untergeordnet ist. Es liegt in der Natur der Sache, dass diese Anlage, wie überhaupt eine jede, an ein gewisses Grössenverhältnis gebunden ist und einer sorgfältigen Abwägung der Höhen zu den Breiten bedarf. Das Minimum der Grösse, welches eine doppelte Fensterreihe gestattet, dürfte etwa in einer Schiffsweite von 8—9 m liegen, wobei die Höhe etwa die doppelte Weite beträgt.

Für diese Verhältnisse versuchen wir in den Figuren 857—857 c den Entwurf für ein Joch. Wir machen darin die Jochlänge, also  $ab$  in Fig. 857 c, gleich der halben Weite, die gesamte Pfeilerlänge  $ac$  gleich  $\frac{1}{4}$  der Diagonale mit Rücksicht auf die Durchbrechungen, und nehmen dann eine genügende Pfeilerstärke und eine entsprechende Lage der Aussenflucht der unteren Mauer durch den Punkt  $e$  an. Hiernach ist in dem inneren Aufriss Fig. 857 die Höhe  $ff' = 4 ab$  und sonach das Rechteck  $ab a' b'$  bestimmt und darin die Diagonalen sowie die Linien  $a f'$  und  $b f'$  und ferner die Linie  $ai$  als Diagonale des Quadrats gezogen, so dass die verschiedenen, aus unserer Figur ersichtlichen Durchschnittspunkte dieser Linien die Höhen  $k, l, m, n, o$  anzeigen.

Ebenso ist in dem äusseren Aufriss Fig. 857 b die Höhe  $ab$  durch die Weite zwischen zwei Strebpfeilern, die Höhe  $cd$  durch die Diagonale des mit dieser Weite beschriebenen Quadrats, die Höhe  $cg$  durch die Diagonale des Kubus, die Höhe  $ef$  aber durch die Summe der Weiten  $ab$  und  $cd$  bestimmt. Der Querdurchschnitt Fig. 857 a zeigt sodann die Konstruktion des Ganzen, worin über den unteren Fenstern zwei von einer Mittelsäule getragene Tonnengewölbe gespannt sind und der Bogen des oberen Fensters einwärts durch den Schildbogen, auswärts durch den zwischen die Strebpfeiler gespannten Bogen verstärkt ist.

Das Ueberwiegen der oberen Fenster über die unteren wird zunächst durch die Notwendigkeit gefordert, dass die Durchbrechungen der Strebpfeiler unterhalb der Angriffspunkte der Schubkräfte des Gewölbes zu liegen kommen. Hiernach wird höchstens eine Gleichheit beider Abteilungen, nicht aber das umgekehrte Verhältnis zu erzielen sein.

Wenn wir hier die Anlage doppelter Fensterreihen zunächst in Beziehung auf einschiffige Kirchen erörtert haben, so gilt doch das Gesagte in gleicher Weise von den Seitenschiffen bei dreischiffigen, die ganze Anordnung aber findet erneute Anwendung in Verbindung mit einer Anlage von doppelten Seitenschiffen über einander, auf welche wir weiter unten zurückkommen werden.

#### Einfluss der Durchbrechungen auf die Standfähigkeit.

Ein Widerlager mit grösseren Durchbrechungen ruft immer den Eindruck grosser Kühnheit, unter Umständen sogar einer gewissen Unsicherheit hervor. In der That können Aussparungen an ungeeigneter Stelle bedenklich werden, andererseits lassen sie sich richtig angewandt zu einer erstaunlichen Kühnheit treiben, wie die alten Werke bekunden und eine Betrachtung der Standfähigkeit erweist.

Zulässigkeit  
der Durch-  
brechungen.

In einem Widerlagskörper, der seitlichen Kräften widerstehen soll, kommt nur stellenweis die Festigkeit des Materials in Frage, während der grössere Teil der Baustoffe der Aufgabe zu dienen pflegt, als lastende Masse die Standfähigkeit zu erhöhen. Es leuchtet ein, dass sich zunächst in diesen mehr lastenden Teilen Oeffnungen leicht unterbringen lassen, sofern sie nicht eine ungünstigere Anordnung oder zu grosse Verminderung der Lasten nach sich ziehen; bei richtiger Verwendung können sie sogar zu einer besseren Lastverteilung oder einer Ersparnis unnötiger Massen dienen.

Unter Umständen sind Durchbrechungen selbst in den stärker beanspruchten Teilen möglich, sie können hier eine wünschenswerte Lage des Druckes erzwingen und bisweilen auch die statische Unsicherheit über die voraussichtliche Verteilung des Druckes beheben.

Will man in einer durchbrochenen Widerlagsmauer oder einem Pfeiler mit Aussparungen den ganzen Verlauf des Druckes von oben bis unten verfolgen, so sucht man sich auf dem gewöhnlichen Wege (vgl. S. 141) die Stützlinie auf, wobei die durch die Oeffnungen ersparte Masse natürlich auch bei Berechnung der Gewichte fortzulassen ist. Wenn die Stützlinie eine Oeffnung überquert, so liegt darin nichts Beängstigendes. Es wird sich an einer solchen Stelle der Mitteldruck spalten müssen, so dass sich zu jeder Seite der Oeffnung ein entsprechender Anteil des Druckes in dem Mauerwerk überträgt, den man nach Grösse und Richtung aufsuchen kann (siehe unten).

Da die Sicherheit des Bauwerkes durch die Aussparungen nicht beeinträchtigt werden darf, sind die beiden Forderungen aufzustellen, dass zunächst die Gefahr des Umkippens nicht vergrössert wird und dass sodann die Kantenpressung nirgends zu gross wird, oder neben der letzteren Bedingung auch, dass zur Verhütung von klaffenden Fugen die mittlere Druckkraft innerhalb des Querschnittskernes bleibt.

Umsturz  
durch Um-  
kippen.

Sicherheit gegen Umsturz. Ein Widerlagskörper von der in Fig. 858 dargestellten Form wird unter dem Einfluss einer Seitenkraft  $H$  zunächst geneigt sein, um die untere Kante  $A$  zu kippen. Wenn aber oberhalb einer höher liegenden Fuge  $KL$  starke Masseinziehungen oder grössere Durchbrechungen statthaben, so kann die gefährliche Kippkante nach  $K$  hinaufrücken, und zwar wird das Kippen eintreten, wenn das Stabilitätsmoment  $Q \cdot a$  geringer wird als das Umsturzmoment  $H \cdot c$ , worin  $Q$  die resultierende Schwerkraft aller in und am Widerlager vorhandenen Gewichte und  $a$  deren seitlichen Abstand von der Kippkante  $K$  bezeichnet. Das Umkippen, dessen Vorgang Fig. 858 a veranschaulicht, bewirkt eine Bewegung des Schwerpunktes  $S$  (Fig. 858)

nach einer um  $K$  beschriebenen Bogenlinie bis  $S_1$ , die ganze Masse  $Q$  ist also um das Stück  $h$  oder  $TS_1$  zu heben.

Ausser dem Kippen kann sich bei Vorhandensein einer Aussparung der Umsturz in der durch Fig. 858 b veranschaulichten Weise vollziehen. Das grössere, neben der Oeffnung liegende Mauerstück  $KCDR$  (Fig. 858) wird umgerollt oder aufgekantet, bis die Kante  $D$  senkrecht über  $K$  liegt; von da ab wird die Masse schon von selbst nach aussen überstürzen. Es rückt dabei der Schwerpunkt  $s$  des Mauerstückes  $KCDR$  auf einer um  $K$  beschriebenen Bogenlinie nach  $s_1$ , das Gewicht  $G$  desselben wird also um  $h_2$  in die Höhe gehoben, das über  $CD$  liegende gesamte Mauerwerk wird gleichzeitig mit der Kante  $D$  um das beträchtliche Stück  $h_1$  in die Höhe gerückt.

Bezeichnet man die Last der Oberwand über  $CD$  mit  $P$  und das Gewicht der Stelzwand  $KCDR$  mit  $G$ , so ist bei diesem Hochkanten eine Arbeit zu verrichten:  $P \cdot h_1 + G \cdot h_2$ .

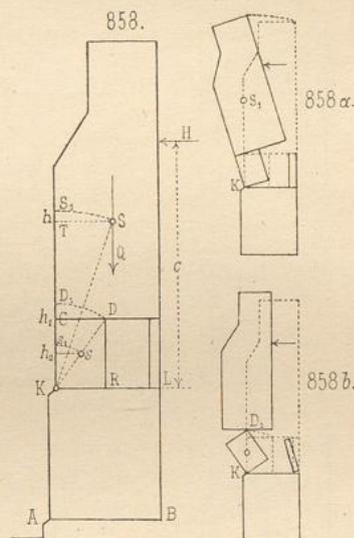
Die Arbeit beim einfachen Umkippen (Fig. 858 a) ist dagegen:  $(P + G) \cdot h$ .

Je nachdem der erste oder zweite dieser Ausdrücke geringer ist, ist leichter ein Hochkanten (Fig. 858 b) oder ein Umkippen (Fig. 858 a) zu fürchten.

Wenn das Gewicht der Stelzmauer verhältnismässig klein ist, im Vergleich zu der Obermauer, so kann man sich ein noch viel einfacheres Kennzeichen verschaffen; man zieht in der Zeichnung um  $K$  die Kreisbögen  $SS_1$  und  $DD_1$  und misst die Ordinaten  $h$  und  $h_1$ . Ist  $h$  kleiner, so wird leichter das Umkippen (Fig. 858 a) eintreten; ist  $h_1$  aber kleiner, so ist mehr das Hochkanten (Fig. 858 b) zu fürchten. Die Anlage einer Durchbrechung wird also nicht als eine un stabile Stelle im ganzen Gefüge angesehen werden können, solange das Stück  $h_1$  grösser ist als  $h$ . Diese Bedingung würde es oft gestatten, die Aussparungen bis zur Hälfte und mehr der Wandhöhe hinaufsteigen zu lassen, anderseits sind natürlich die Durchbrechungen um so weniger zu fürchten, je niedriger sie sind, und je breiter die Stelzwände neben ihnen bleiben.

Zulässige Beanspruchung, Kernlage des Druckes. Wenn man die Sicherheit des Mauerkörpers, wie vorstehend, nach der Gefahr des Umsturzes bemisst, so setzt man dabei ein unbegrenzt festes Baumaterial voraus; da es ein solches nicht giebt, wird in Wirklichkeit noch vor Eintritt des Umsturzes ein Zermalmen der gefährdeten Kanten stattfinden. Es ist deshalb die weitergehende Forderung aufzustellen, dass an keiner Stelle, besonders an keiner Kante die Pressung der Baustoffe eine als zulässig erachtete Grenze überschreitet. Daneben läuft für die meisten Fälle noch die Bedingung her, dass die Mittellinie des Druckes den Kern des Querschnittes nicht verlassen darf. Welche dieser beiden letzteren Forderungen die strengere ist, hängt in den einzelnen Fällen von Nebenumständen ab. Es sind die Fragen der Druckverteilung im allgemeinen weiter oben (s. S. 137—148) so eingehend behandelt, dass es hier

Umsturz  
durch  
Drehen der  
Umgangswand.



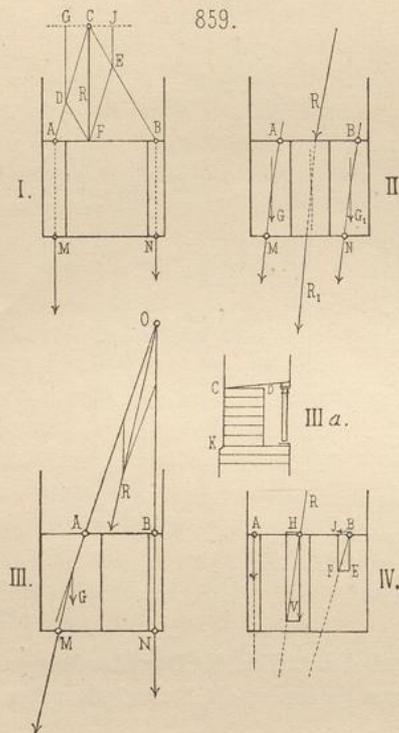
Verteilung  
des Druckes  
auf die bei-  
den Wände.

nur erübrigt, die Kraftleitung in dem vorliegenden ganz bestimmten Falle einer Mauerdurchbrechung in Betracht zu ziehen.

Man sucht zunächst für die horizontale Fuge oberhalb des Durchganges Grösse und Lage der resultierenden Druckkraft auf (vgl. Fig. 370 und 371 auf S. 140) und hat sodann diese in die Seitenkräfte zu zerlegen, welche sich zu den beiden Seiten der Oeffnung im Mauerwerk fortpflanzen. Für vier verschiedene Fälle ist die Zerlegung an den Figuren 859 I bis IV durchgeführt.

Fig. 859 I. Die resultierende Kraft  $R$  sei senkrecht gerichtet, die Stelzwände seien ziemlich dünn. Würde  $R$  in der Mitte zwischen den beiden gleich dicken Wänden liegen, so würde jede von ihnen die Hälfte des Druckes erhalten. Da aber in der Zeichnung  $R$  mehr links liegt, so wird auch nach hier die grössere Seitenkraft fallen, es wird sich  $R$  ähnlich auf die beiden

Einige besondere Fälle.



Mauern verteilen, wie eine Einzellast auf einen Balken sich in die beiden Auflagerdrücke zerlegt, die Seitenkräfte sind umgekehrt proportional ihrem Abstand von  $R$ , durch Zeichnung kann man sie ermitteln, wie folgt. Man nimmt die Angriffspunkte der Teilkräfte als  $A$  und  $B$  mitten auf den Stelzmauern an, trägt die Grösse der Kraft  $R$  als die Länge  $CF$  hin, zieht die Linien  $CA$  und  $CB$  und bildet aus diesen und der Diagonale  $CF$  das Parallelogramm  $CDFE$ . Zieht man nun noch durch  $C$  eine Wagerechte, so liefern die Abstände  $GD$  und  $EJ$  die Grösse der gesuchten Seitenkräfte.

Die Annahme, dass die Angriffspunkte der Seitenkräfte  $A$  und  $B$  inmitten der Mauern liegen, kann nur annähernden Anspruch auf Richtigkeit machen, da die verschiedene Lage der Kraft  $R$ , die verschiedene Stärke der Stelzmauern und die für diese wie ihre Ueberbrückung gewählte Ausführung Schwankungen hervorrufen können. Um in besonderen Fällen, z. B. bei einseitiger Lage von  $R$  und grosser Dicke der einen oder anderen Stelzmauer, annähernd richtig zu urteilen, muss man sich vergegenwärtigen, dass die Mittelkraft  $R$  nicht auf einen einzelnen Punkt wirkt, sondern dass sie nur ein zusammenfassender Ausdruck ist für die weit verteilten Flächenkräfte, wie sie früher durch die Spannungsbilder Fig. 375 bis 377 sowie 383—385 veranschaulicht sind.

Fig. 859 II. Die Mittelkraft  $R$  sei schräg gerichtet bei gleicher Dicke der Stelzmauern. Kann man annehmen, dass die Seitenkräfte parallel zu  $R$  sind und dass die Druckpunkte  $A$  und  $B$  gegeben sind, so ist die Zerlegung ganz entsprechend vorzunehmen wie

bei Figur I. Die Seitenkraft, welche näher bei  $R$  liegt, wird wieder entsprechend grösser ausfallen. Nachdem man die Seitenkräfte noch mit den Gewichten der Mauern  $G$  und  $G_1$  zusammengesetzt hat, treten sie unten als  $M$  und  $N$  hervor und können hier erforderlichen Falles wieder zu einer Mittelkraft  $R_1$  vereinigt werden.

Auch hier ist die Lage der Druckpunkte  $A$  und  $B$  nicht mit Bestimmtheit festzulegen. Rechnet man ebenso wie bei den Wölbungen (s. S. 47) mit einem günstigen Einfluss des plastischen Mörtels, so ist anzunehmen, dass bei richtiger Ausführung die Seitenkräfte bestrebt sein werden, sich möglichst in der Mitte der Stelzmauer zu halten, dass also z. B. der Punkt  $A$  etwa so weit rechts von der Mitte liegt, wie  $M$  links von derselben. Geht man von dieser Voraussetzung aus, so kann man eine Stelzmauer als hinlänglich stark betrachten, solange es möglich ist, die Seitenkraft so in ihr unterzubringen, dass nirgends die Pressung zu gross wird oder auch, dass die Kraft überall im Kern bleibt.

Die parallele Richtung der Seitenkräfte zu der Mittelkraft trifft gleichfalls nur unter Umständen

zu, es kann Fälle geben, in denen die eine Seitenkraft ganz oder nahezu senkrecht steht, während die andere um so schräger liegt (s. Fig. 859 III), ja sie können sogar bei stark schiebenden Gewölben zwischen den Stelzwänden beide nach aussen gekehrt sein. Besonders ist bei ungleich dicken Wänden vorauszusetzen, dass bei sonst entsprechender Ausführung die Seitenkraft in der schwächeren Wand steiler, in der stärkeren dagegen flacher ist.

Fig. 859 III. Bei schräger Richtung der Mittelkraft liege an der „Kippseite“ eine starke Stelzwand, an der anderen Seite dagegen nur eine dünne, aber genügend feste Stütze. Der letzteren wird man nur eine senkrechte Kraft zumuten können. Zur Auffindung der Seitenkräfte zieht man durch  $B$  eine Senkrechte bis zum Schnitt  $O$  mit  $R$ . Von  $O$  zieht man die Linie  $OA$  und zerlegt dann nach dem Parallelogramm die Kraft  $R$  nach den Richtungen  $OA$  und  $OB$  in ihre Seitenkräfte, denen man dann innerhalb der Wände deren Gewichte  $G$  und  $G_1$  noch zufügt. Verläuft in der linken Mauer die Kraft ungünstig, so kann man durch Verschiebung von  $A$  die Konstruktion wiederholen.

Die thatsächliche Lage von  $A$  hängt natürlich wieder von Umständen ab, sie kann besonders durch die Länge der rechts stehenden Stütze stark beeinflusst werden, der ungünstigste Fall tritt ein, wenn die Stütze zu lang ist (vgl. Fig. III a). Es ruht sodann die obere Last vorwiegend auf der Kante  $C$ , die Uebertragung der schrägen Kraft ist so überhaupt nicht möglich. Eine Ruhelage kann nur wieder eintreten nach Abspringen eines Steinstückes bei  $C$  oder nach einer Verschiebung der oberen Masse nach links, wobei sich die Stelzwand so weit dreht (vgl. Fig. 858 b), dass die innere Kante  $D$  sich oben unterlegt und nebst den benachbarten Teilen der Fläche den Druck aufnimmt.

Fig. 859 IV. Die Lage der Stelzwand und Stütze sei vertauscht, sonst sei alles wie vor. Die Zerlegung der Kräfte vollzieht sich ebenso mit der alleinigen Ausnahme, dass der Schnittpunkt  $O$  nach unten rückt. Liegt der Schnittpunkt zu fern, so kann man sich in diesem wie im vorigen Fall in anderer Weise helfen. Man zerlegt  $R$  zunächst in die senkrechte und wagerechte Kraft  $V$  und  $H$ .  $V$  zerlegt man in ihre senkrechten, in  $A$  und  $B$  angreifenden Seitenkräfte nach Massgabe der Figur 859 I. Von  $H$  wird auf die links liegende Stütze gar kein oder doch kein beachtenswerter Teil kommen, es wird deshalb  $H$  ganz an den Punkt  $B$  als  $BJ$  getragen.  $BJ$  und  $BE$  geben zusammengesetzt nun die Kraft  $BF$  in der rechts liegenden, stärkeren Stelzwand.

Wo die Belastungen wechseln, wo z. B. der Wind grossen Einfluss übt, da wird die Grösse der resultierenden Druckkraft  $R$ , ebenso wie deren Richtung schwanken, es muss dann natürlich auch für diese Belastungsfälle eine genügende Sicherheit vorhanden sein, es genügt dann, die Untersuchung für die beiden Grenzlagen von  $R$  anzustellen.

Wechselnde Belastung.

Die Ueberdeckung schmaler Umgänge wird am besten durch Steinbalken oder Platten aus festem, zähen Stein bewirkt; wo diese nicht ausführbar sind, durch Ueberkragung, in besonderen Fällen auch wohl durch Wölbungen. Wenn man Metallverankerungen überhaupt zulassen will, so können sie über und unter den Durchbrechungen am Platze sein.

Art der Ausführung.

Damit eine richtige Kraftübertragung stattfindet, ist, wie aus den vorbesprochenen Beispielen deutlich hervorgehen wird, eine sehr sorgfältige Ausführung, die alle wichtigen Forderungen der Druckleitung ins Auge fasst, gerade an diesen Punkten geboten. Besonders wird Vorsicht erheischt, wenn an der einen Seite eines Durchganges lange, aus einem Stück bestehende Säulen angewandt werden, während die Mauer an der anderen Seite aus einzelnen Schichten in schwindendem Mörtel ausgeführt wird. Welchen nachteiligen Einfluss, abgesehen von der etwa zu grossen Belastung der Säulen, eine zu grosse Länge der letzteren ausüben kann, ist an der kleinen Skizze Fig. 859 III a dargethan. Dass derartige besonders kühne Konstruktionen an den mittelalterlichen Werken sich meist recht gut bewährt haben, zeugt dafür, dass die alten Meister bei der Ausführung alle wichtigen Erfordernisse richtig ins Auge gefasst haben.

### Von der Anordnung des Wasserablaufes, den Rinnen und Ausgüssen.

Die einfachste, in Deutschland am häufigsten vorkommende Wasserableitung besteht darin, dass das Wasser von dem vorstehenden Rand der Dachfläche einfach abtropft und durch das Ueberhängen desselben vor dem Hinabfließen an der Mauerfläche bewahrt bleibt. Die Wirksamkeit dieses Schutzes wächst mit dem etwa durch eine Holzkonstruktion zu bewirkenden Vorsprung des Daches.

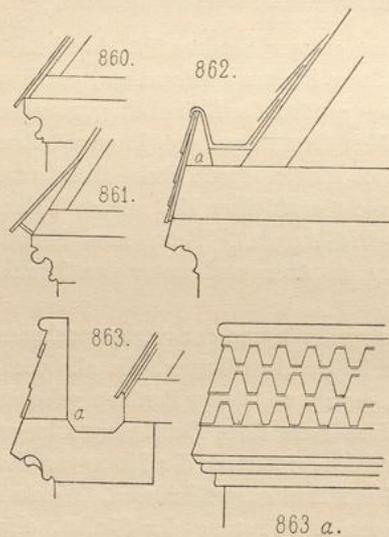
Ablauf über  
den Dach-  
rand.

Ist auch die Anlage eines immerhin nur eine beschränkte Ausladung zulassenden steinernen Gesimses „ohne Rinne“ eine unvollkommene, so kann sie doch durch beschränkte Mittel geboten werden und nimmt dann entweder die in Fig. 860 gezeigte Gestalt an, wonach der Dachrand unmittelbar über die Gesimsflucht vorsteht, oder aber es ist etwa nach Fig. 861 an die vorragenden Köpfe der Aufschieblinge ein Brett genagelt, welches eine oberhalb des Gesimses befindliche, die Ausladung vergrößernde schräge Fläche bildet.

Indes ergibt eine genauere Untersuchung vieler in ihrem gegenwärtigen Zustand einer Rinne entbehrenden Werke, dass eine solche doch ursprünglich beabsichtigt war und entweder schon bei der Ausführung des Dachwerkes oder infolge späterer Veränderungen weggefallen ist. Häufig scheinen bei einfachen Bauten, besonders bei Profanbauten, auch vorgehängte Holz- oder Metallrinnen vorhanden gewesen zu sein.

Die Rinnen werden sonst überall, wo es an tauglichem Steine fehlt, von Metall konstruiert. Es verdient jedoch vielen modernen, in mehrfacher Hinsicht unvollkommenen

Rinnen aus  
Metall.



Anlagen gegenüber eine an den niederrheinischen Werken vorkommende Konstruktion den Vorzug, wonach auf den bis in die äussere Flucht gestreckten Balkenköpfen der Rinne gewissermassen ein hölzernes Bett bereitet wird (s. Fig. 862). Es besteht dasselbe in einem den notwendigen Fall gewährenden hölzernen Boden und einer aus einzelnen, den Balken aufgesetzten und durch die Verschalung verbundenen Bohlenstücken *a* gebildeten, niedrigen Vorderwand. Letztere wird dann von aussen bis über die Balkenköpfe geschiefert und von innen mit einer unter die letzte Schieferlage des Daches fassenden und um den oberen Rand jener Wand umgebogenen Metallbekleidung versehen. Verbessert würde diese Rinne, wenn dafür gesorgt würde, dass bei Undichtigkeiten das Wasser so abgeleitet würde, dass es die Balken nicht benetzen könnte. Besonders günstig sind die oberhalb einer Wasserschräge

auf einzelnen vortretenden Steinstützen frei aufgelagerten Rinnen, wie sie an einer grossen Zahl der neuesten gotischen Ziegelbauten ausgeführt sind.

Die steinerne Rinne bildet sich durch eine der Oberfläche der Gesimsplatte eingearbeitete Vertiefung und erhält den nötigen Fall durch eine schwache Senkung des Bodens nach den Ausgüssen hin.

Rinnen aus  
Stein.

Mit Rücksicht auf diese Senkung muss die Tiefe der Rinne, um jede übermässige Schwächung des Steines zu vermeiden, möglichst verringert, die Breite dagegen so weit vergrössert werden, dass sie begangen werden kann. Die Seitenwände werden nach Böschungen gebildet (s. Fig. 863 bei *a*) oder gehen durch Kurven in die Bodenfläche über.

Der obere Rand der Rinne liegt einfachsten Falles unmittelbar unter der Unterkante der Balken, und der Dachrand kann entweder über die Hirnenden derselben fassen oder besser über dieselben zu liegen kommen. Jedenfalls sind die Balkenköpfe sowohl wie die Zwischenweiten vor dem Wasser zu sichern. Die beste Anordnung aber besteht in einer Erhöhung der Mauer über der hinteren Wand der Rinne, wobei entweder auch die Balkenlage in die Höhe gerückt wird, oder eine niedrige Kniewand entsteht (s. Fig. 864).

Bei vollkommener Ausführung wird der Rand der Rinne durch eine Brüstungswand, eine s. g. Dachgalerie, besetzt, welche einfachsten Falles jenen hölzernen, von aussen geschieferten Rinnen nachzubilden wäre, so dass ihre Aussenflucht die Schräge des Wasserschlages fortsetzen und von einer schuppenartigen Flächenverzierung überzogen würde (s. Fig. 863 und 863 a).

Weitaus reicher ist die Anordnung von Masswerkgalerien (s. hinten unter Masswerk); die Anlage derselben macht für die obere Fläche der Rinne eine zum Aufsetzen der Platten ausreichende Breite nötig, in welche die einzelnen Stücke entweder verdübelt oder nach Fig. 864 auf Nut und Feder eingesetzt sind. In beiden Fällen wird es vorteilhaft, die Wangen der Nut zu verstärken und deshalb der Rinne einen Vorsprung über die Galerieflucht zu lassen, welcher nach oben mit einem Wasserschlag abschliesst. Die einzelnen Stücke der Galerie sind demnach am Fuss verbunden durch die Rinne, in welche sie eingesetzt sind, und werden es am oberen Ende durch die aufgelegten Gesimsstücke, deren Fugen daher gegen die der Galerieplatten abwechseln müssen. Nach der älteren Konstruktionsweise sitzt das obere Brüstungsgesims an den Platten, so dass diese Verbindung wegfällt, und durch in den Stossfugen angebrachte Dübel ersetzt wird. Der Gesimsvorsprung muss hiernach auf die Höhe der Galerie abgearbeitet werden und bleibt an dem Fusse derselben als Sockel stehen.

Rinnen mit  
Brüstungen.

Rechnen wir nun für das Auflager der Balken die Breite von 36—40 cm, die gleiche für den Boden der Rinne und zum Aufsetzen der Galerie 16—18 cm, so ergibt sich für die obere Mauerfläche die notwendige Breite von mindestens 90 cm, welche das durch die Fensterwand, welcher die ganze Konstruktion aufliegt, geforderte Mass übersteigen und deshalb eine Vergrösserung desselben bedingen kann.

Es kann dieselbe bewirkt werden nach innen durch eine Auskragung oberhalb des Kappenanschlusses, oder besser durch einen dem Schildbogen etwa konzentrischen Bogen, nach aussen durch jene mehrfach erwähnten, zwischen die Strebepfeiler gespannten Bögen, wie in Fig. 857 b, in einfachster Weise aber durch eine Vergrösserung der Gesimsausladung. Weiter unten werden verschiedene Profilierungen der dieselbe bewirkenden Werkstücke gezeigt. Der obere Rand dieser Gliederungen erhält dann, wenigstens bei reicherer Ausführung, eine Unterstützung, wie der des Kapitälkelches, durch die so verschiedener Gestaltung fähigen Laubträger, die zugleich die wirksamste Zier des ganzen Gesimses ausmachen und deren Köpfe häufig die Flucht des Randes überragen. Wie an den Kapitalen, sind sie zuweilen mit einer niedrigeren Reihe von dazwischen angesteckten Blättern verbunden, zuweilen auch durch solche ersetzt. In Fig. 864 geben wir die ganze Konstruktion eines derartigen Gesimses mit Galerie.

An den burgundischen Werken, so an Notre-dame und der Kathedrale von Dijon, ist dieses Gesimsstück ersetzt durch einzelne die Rinne tragende Kragsteine. An der Kollegiatkirche zu Kolmar findet sich unter dem Giebel des südlichen Kreuzschiffes diese Anordnung in grösseren Dimensionen, so dass sich hier ein förmlicher Balkon mit einer durch drei Fialen verstärkten Masswerkgalerie ergibt, dessen Bodenplatte von weit ausladenden Kragsteinen getragen wird. Allemal sind diese Kragsteine dem wirklichen Zwecke zufolge weit aus einander und unter die Fugen der Platten gerückt, im Gegensatz gegen die mehr dekorative, gedrängte Stellung an den modernen und römischen Gesimsen.

In Deutschland finden sich häufig unter dem Dachgesims kleine, mit verschieden-gestaltigen Bögen verbundene Kragsteine, die, aus den romanischen Bogenfriesen hervorgegangen, in der letzten Periode auf eine rein dekorative Gestaltung zurückgehen.

Die steinernen Rinnen können den Mauern, auf welchen sie liegen, nachteilig werden, wenn die Stossfugen der einzelnen Stücke sich öffnen, oder durch eine Filtration des Steines bei poröser Beschaffenheit desselben. Um den ersten Schaden zu vermeiden, können die Fugen mit Zement ausgegossen und zu beiden Seiten derselben eine etwa  $\frac{1}{2}$  cm tiefe,  $2\frac{1}{2}$ —4 cm breite Vertiefung in Boden und Wände der Rinne gearbeitet werden (s. *a* in Fig. 865), welche dann gleichfalls auf der frisch bearbeiteten Fläche mit Zement ausgestrichen wird, so dass derselbe mit dem die Fuge füllenden eine zusammenhängende Masse bildet. Es ist das wenigstens ein Mittel, auf welches, wie uns die Praxis gelehrt hat, die Maurer ganz von selbst verfallen.\*) Zu grösserer Sicherheit können dann unter die Fugen kleine, nach vorn mündende Kanäle in der oberen Fläche des unter der Rinne befindlichen Werkstückes gearbeitet werden.

Vollständige Sicherheit gegen die Filtration des Steines selbst gewährt sorgfältige Auswahl der Platten oder Vorlegung der Rinnen vor die Mauerflucht, mithin Auflager auf Kragsteinen. Sie kann ferner gesucht werden durch einen Ueberzug des Rinnenbodens, wofür die neuere Chemie mancherlei, freilich noch nicht erprobte Mittel an die Hand giebt, und ist häufig beabsichtigt worden durch Ausfütterung mit Blei. Diese Ausfütterung, welche mehrfach bei Restaurationsbauten der neueren Zeit in Anwendung gekommen ist, kann aber leicht sehr nachteilig werden, wenn der Anschluss an den Stein nicht völlig gesichert ist, was nur dadurch geschehen kann, dass die Bleiplatten, wo sie dem Stein anliegen sollen, unter einen unterschrittenen Vorsprung desselben fassen, welcher an der Galerie sitzen müsste.

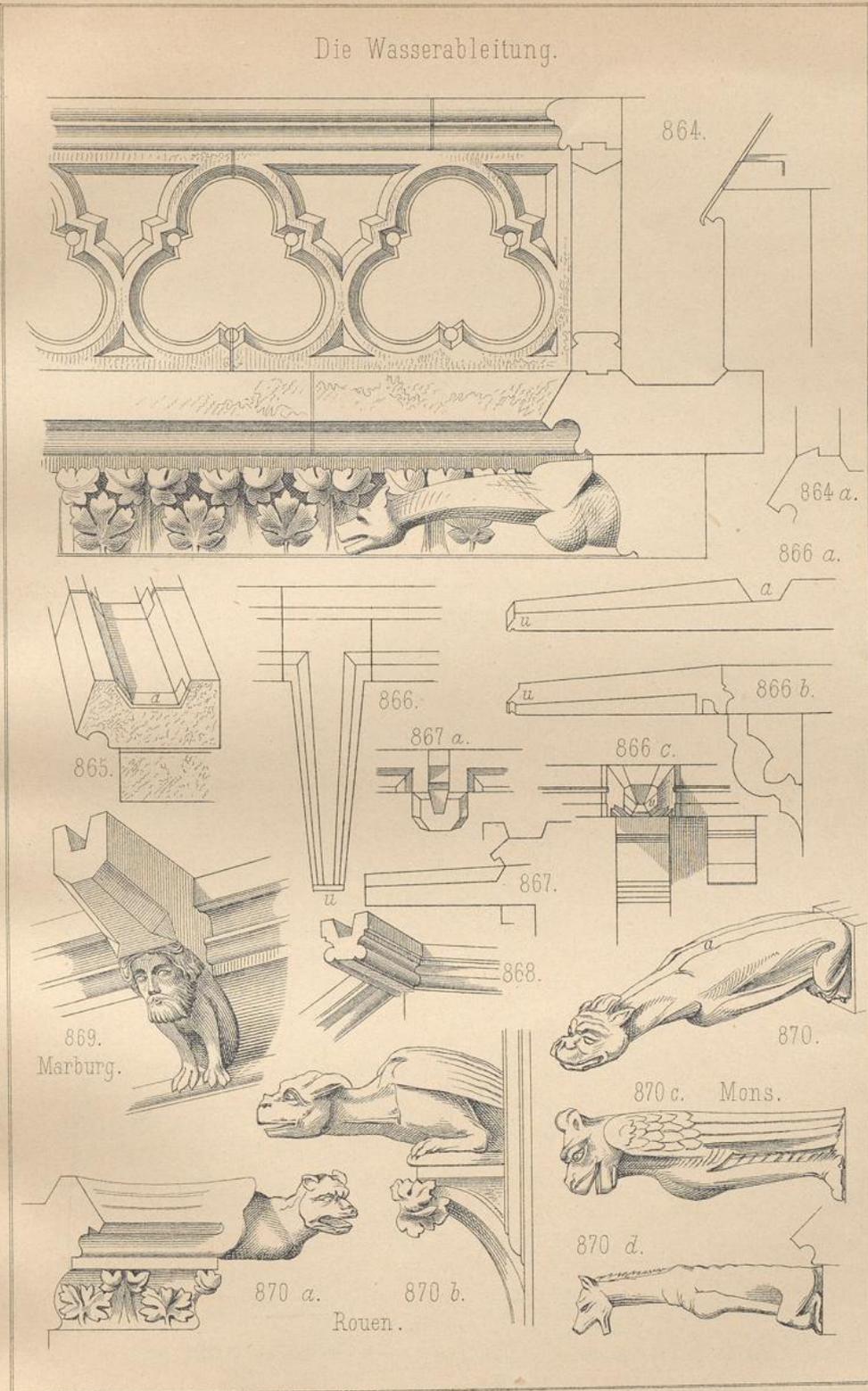
Aus den Rinnen wird das Wasser ausgeworfen durch Ausgüsse oder Wasserspeier, nach dem neueren System abgeführt durch Fallrohre.

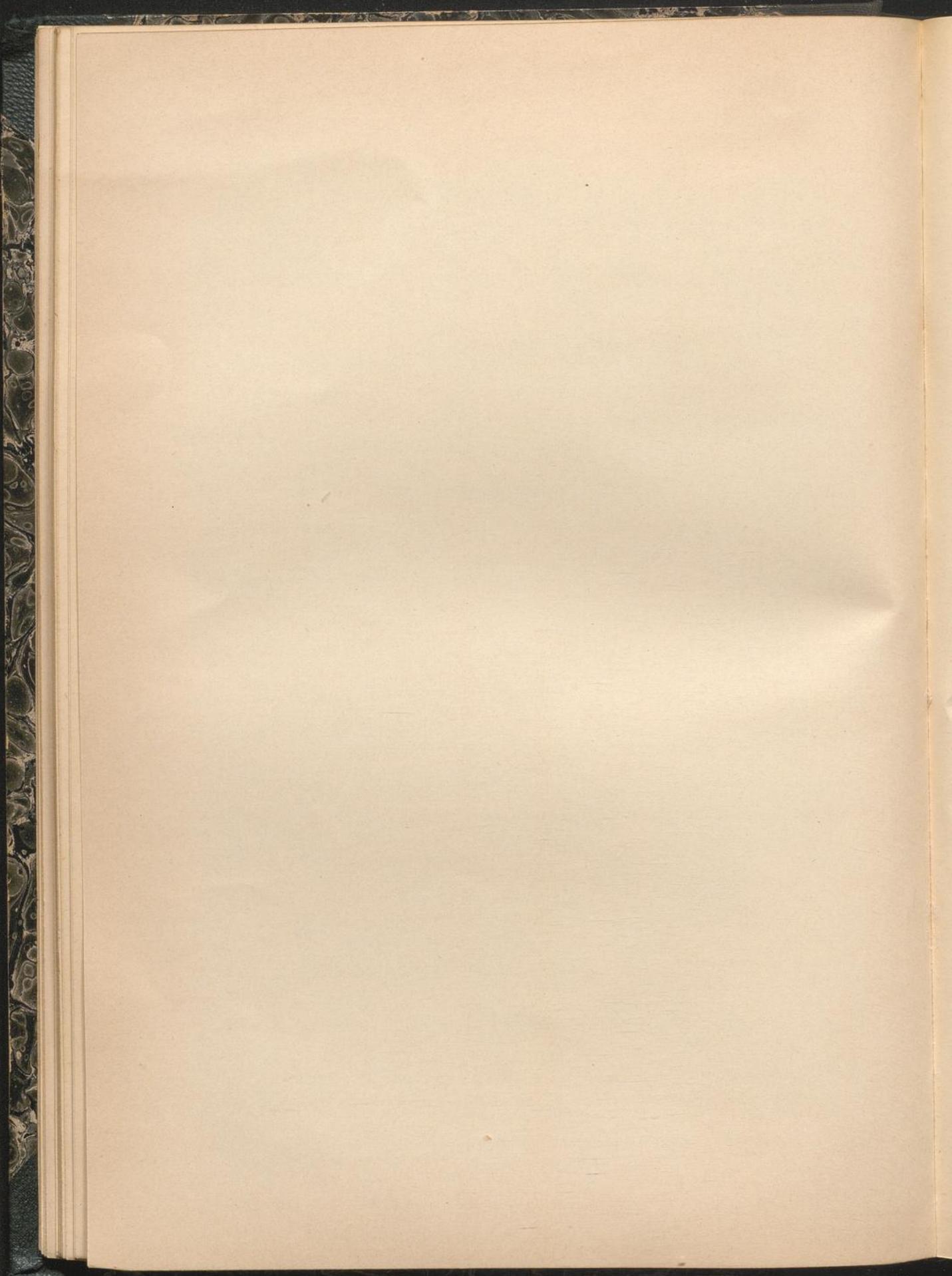
Die Ausgüsse liegen entweder in der Höhe der Rinne, so dass ihre Kanäle eine einfache Kehrung mit der letzteren bilden (s. Fig. 866—866 c), oder sie gehören der darunter befindlichen Schicht an (Fig. 867).

Im ersteren Fall erhält der Ausguss die in Fig. 866 a im Durchschnitt gezeigte Gestalt. Wegen der Schwächung, welche das Werkstück bei *a* durch die Abarbeitung des Randes erleidet, muss die Masse desselben nach vorn so viel als möglich verringert werden und das geschieht durch eine Verjüngung in jeder Richtung, wobei nur die untere Fläche wagerecht bleibt, wie sie aus den Figuren 866—866 c ersichtlich ist. Der Fall wird bewirkt durch die Senkung des Bodens und der Schuss des abfliessenden

\*) Dasselbe Mittel ist bei VIOLLET LE DUC angegeben.

Die Wasserableitung.





Wassers vergrößert durch eine sich schon aus der Verjüngung des Werkstückes ergebende Verengung des Kanales. Es ist diese letztere von besonderer Wichtigkeit, denn das zu langsam abtropfende Wasser wird leicht durch die Luftbewegung hinter die Vertikale zurück an die Mauer getrieben. Es beträgt die Weite der Mündung an einzelnen, ihrem Zweck vollkommen entsprechenden, neueren Ausgüssen  $\frac{1}{3}$  der Weite des Kanales beim Anschluss an die Rinne, während bei den kurz vorher ausgeführten, minder verengten sich jener Uebelstand fühlbar machte. Ebenso ist die Ausladung des Ausgusses von besonderer Wichtigkeit und im allgemeinen so gross zu nehmen, als es das Werkstück und die sonstigen Umstände gestatten. Es ist hierauf besondere Rücksicht zu nehmen, wenn der Ausguss über einem Strebepfeiler liegt, und es muss derselbe dann noch über die äusserste Flucht des Strebepfeilers möglichst ausladen. So ist ferner eine Unterschneidung vor der Mündung des Ausgusses (s. u) nützlich, um das Herumziehen des Wassers auf der wagerechten Unterfläche zu verhüten.

Liegen die Ausgüsse unter der Rinne, eine Anordnung, welche vielfache Vorteile bietet, so muss entweder der erhöhte Rand der Rinne nach vorn auf die Breite des Ausgusskanales abgearbeitet, oder der Boden durchbrochen sein. Erstere Anordnung (s. Fig. 867) ist einfacher und etwaigen Verstopfungen minder ausgesetzt und kann noch durch eine Umkröpfung des Gesimsprofils insoweit gebessert werden, dass die Möglichkeit eines Herumlauftens des Wassers nach den Seiten vermieden wird (s. Fig. 867 a). Bei der letzteren ist eine Unterschneidung der Seitenwände der Durchbrechung vorteilhaft, wenigstens in der Richtung des Wasserlaufes.

Eine Verringerung der freiliegenden Länge ist häufig bewirkt durch untergeschobene Kragsteine, s. Fig. 869 von der Marienkirche zu Marburg.

Ueber den Strebepfeilern können die Ausgüsse in verschiedener Weise angeordnet sein, entweder unabhängig über den Dächern derselben oder von den Strebepfeilern aus gestützt. Das Nähere hierüber s. weiter unten. Seltener liegen sie zwischen je zwei Strebepfeilern über den Mitten der Joche, wie an der Nordseite der Marienkirche zu Marburg.

Die äussere Gestaltung der Ausgüsse zeigt in der Regel nur eine die unteren Kanten säumende, sich gleichfalls nach vorn verjüngende, vor dem Anschluss an das Gesims oder die Mauerflucht aber ins Viereck zurückgehende Abfassung (s. Fig. 866 b). An dem Chor der Stiftskirche zu Treysa finden sich dagegen unverjüngte Ausgüsse, an deren unteren Kanten das Gesimsprofil sich herumkröpft und neben der Mündung sein Profil zeigt (s. Fig. 868).

Die reichste und zierlichste Gestaltung der Ausgüsse liegt in der Annahme von Tierbildungen, an welchen Rücken und Hals einen offenen Kanal bilden, der nur durch den Kopf, gleichsam durch die Hirnschale, nach oben geschlossen ist (s. a in Fig. 870).

Die Mannigfaltigkeit dieser s. g. Wasserspeier ist bekannt genug. Von streng konventionellen Bildungen ausgehend, nehmen sie immer bewegtere Stellungen an, welche zuletzt ihre Funktion völlig unkenntlich werden lassen. Die Behandlung wird naturalistischer, sie stellen teils wirkliche Tiere, vorherrschend aber infernale Ungeheuer dar, sie nehmen bald menschliche Gestalt an, bald bringen sie auch gar drollige Szenen zur Darstellung, wie jener Ausguss an St. Blasien in Mühlhausen in Gestalt eines Fasses, dessen Hahn von einer kleinen, menschlichen Figur gedreht wird, und geben überhaupt den besten Platz zur Ablagerung eines jeden Scherzes. Abgesehen von

solchen humoristischen Darstellungen, sind aber der älteren Gestaltungsweise mannigfache Vorzüge eigen. Es bestehen dieselben in ihrer ruhigen, besser zum Ganzen stimmenden Linie, ihrer gesicherteren Lage, ihrer der Vergänglichkeit minder ausgesetzten Behandlung und dem klareren Ausdruck, zu welchem ihre Funktion gelangt.

Es kommt in der früheren Zeit selten die ganze Figur zur Darstellung, vielmehr ist in der Regel das Hinterteil mit dem Gesims verwachsen (s. Fig. 864, 870 b, 870 c), selbst in der Weise, dass die Profilierung des letzteren noch ein kurzes Stück in den Leib sich fortsetzt und erst allmählich in die Detaillierung desselben übergeht (s. Fig. 870 a), oder es ist zur Unterstützung des Leibes ein Kragstein angebracht (s. Fig. 870 b), allemal aber ist die Haltung eine stramme, die Linie der Bewegung, vor allem des Halses eine schön geschwungene (s. Fig. 864), während in der späteren Zeit die völlig frei gebildeten, nur mit dem Hinterteil dem Gesims anklebenden, also etwa nach Fig. 870 d in ganzer Figur sich entwickelnden Bestien mit ihren oft völlig frei gearbeiteten Beinen und willkürlichen Kopfwendungen eine gewisse beunruhigende Wirkung hervorbringen und das häufige Ueberhandnehmen des amphibischen Charakters selbst widerlich wird.

Die ganze Anordnung des Wasserablaufes hat eine unverkennbare Ähnlichkeit mit der Gestaltung der griechischen Sima. Auch hinter letzterer staut sich das Wasser und wird durch die Löwenmasken mit Speiröhren ausgeworfen, gerade wie in der gotischen Architektur durch die Wasserspeier. Nur ist ein jeder Vorsprung der Löwenmasken vermieden und es wird die Mündung nur durch die Ausladung der ganzen Traufplatte über die Basis des Gebäudes vorgeschoben, weil es sich zugleich darum handelt, derselben einen direkten Schutz gegen den Regen zu verschaffen.

Die Bedingungen der Möglichkeit einer derartigen Anordnung liegen aber in dem überwiegenden Verhältnis der Säulen- und Architravstärke zur Höhe, in der Beschaffenheit des Materials und den klimatischen Verhältnissen. Keine dieser Bedingungen war bei den gotischen Werken gegeben, die geringe Mauerstärke liess eine weite Gesimsausladung in Stein nicht zu, während die überwiegenden Höhenverhältnisse und der schiefe Einfallswinkel des Regens ein das griechische weit übersteigendes Verhältnis derselben gefordert haben würden. Um die unteren Teile zu schützen, hätte man oben weit ausladende Teile um so mehr dem Verwittern aussetzen müssen. Deshalb findet sich hier jene Ausladung nur für die Ausgüsse beibehalten, selbst vergrößert unter völliger Verzichtleistung auf eine Ueberdachung der Mauerflucht durch das Gesims.

In neueren Zeiten hat man statt der Ausgüsse allgemein die Ableitung des Abfallrohre. Wassers in vertikalen Abfallrohren aus Eisen oder Zink angenommen, ja in grösseren Städten selbst polizeilich geboten. Trotzdem ist es nur erst in sehr vereinzelt Beispielen gelungen, diesen Anhängseln eine zweckmässige und dabei anständige Form zu geben.

Trägt hieran einestheils das ungünstige Material, aus welchem sie ausgeführt sind, die Schuld, so liegt dieselbe doch zum grösseren Teil an der Gewöhnung, die einzelnen nicht in den verschiedenen Mustern und Normen vorgesehenen Teile Maskerade spielen zu lassen, oder sie gleichsam vom Ganzen auszusondern und als notwendige Uebel anzusehen, bei denen es um so besser ist, je weniger man damit zu thun hat. So sieht man solche Fallrohre häufig Säulchen darstellen mit Kapitälern, Kannelierungen, umgekröpften Gesimsen, oder bei naturwüchsigeren Neigungen dieselben unter den Hauptgesimsen und um die verschiedenen Gurtungen herum die abenteuerlichsten Biegungen und Kröpfungen vornehmen, welche dann zuerst leck werden und einen aus Staub und Rost bestehenden, die Glätte der Oelfarbe unterbrechenden, braungelben Ueberzug annehmen. Dabei ist dann die Art der Be-

festigung häufig eine sehr unvollkommene, oft nur durch hölzerne, zwischen die Fugen getriebene Pflöcke bewirkte, in welche dann die Spitzen der die einzelnen Stücke haltenden Ringe oder Schellen eingeschlagen sind, ebenso ist das bei einer etwaigen Verstopfung oder Beschädigung nötige Abnehmen meist in hohem Grade erschwert.

Bei VIOLLET LE DUC findet sich die Konstruktion eines bleiernen Fallrohres, die wir in Ermangelung eines uns eigenen Beispiels hier anführen müssen. Das ganze Rohr besteht, je nach der erforderlichen Länge, aus einer grösseren oder geringeren Zahl von Stücken, die in der Weise in einander gesteckt sind, dass der obere Rand des unteren Stückes vorsteht, und unter diesen Vorsprung der in die Mauer eingelassene, eiserne Halter sich legt, so dass die Zahl der letzteren durch die der Stücke sich bestimmt und die vortretenden Ränder derselben mit den Eisen gewissermassen Gürtelglieder der ganzen Gestaltung bilden. Das Rohr selbst ist im Grundriss viereckig, um eine etwaige Ausdehnung im Falle der Verstopfung zuzulassen, und die untere Mündung statt durch ein Knie nur durch eine Vorbiegung der hinteren Wand gebildet. Unter der Rinne findet sich ein in derselben Weise befestigtes, gleichfalls aus Blei gebildetes Becken, welches ebenso in das obere Rohrstück einfasst, wie die einzelnen Stücke in einander.

Nach diesem System sind an der in neuerer Zeit ausgeführten Sakristei der Kathedrale von Amiens die Rohre angebracht. Die Verbindung derselben mit der steinernen Rinne ist in derb humoristischer Weise dadurch bewirkt, dass eine aus letzterer nach Art der Wasserspeier vorspringende Bestie das Wasser durch eine hintere Körperöffnung in das darunter befindliche Becken lässt. Wesentlich erscheint hierbei, dass das Becken einen geringen Zwischenraum zwischen sich und dem Ausguss hat und dass letzterer überhaupt angedeutet ist, nicht etwa nur in einem in den Boden der Rinne gearbeiteten Loch besteht, sowie ferner, dass alle etwa durch Gurtgesimse veranlasste Kröpfungen vermieden werden. Es kann dies in zwiefacher Weise geschehen, je nachdem entweder das Gesims oder die Rinne durchbrochen werden soll. In letzterem Falle muss allerdings die Kontinuität des Wasserlaufes gewahrt bleiben, indem mit dem Gesims steinerne Becken verbunden sind, in welche das darüber befindliche Rohr das Wasser führt und aus welchen dasselbe in das untere Rohr abläuft. Ein grosser Vorteil für die etwaige Reparatur würde ferner gewonnen, wenn die Rohrstücke einzeln abgenommen werden könnten. Zu dem Ende müssten dieselben innerhalb des ausgebogenen Randes nicht aufeinander fassen, sondern einen so grossen Spielraum lassen, dass jedes einzelne Stück gehoben, und, wenn zwei gehoben, das eine herausgenommen werden könnte.

## 2. Die Hallenkirchen.

Wenn die Prinzipien der gotischen Konstruktion gerade hinsichtlich der Querschnittsbildung die verschiedenartigsten Gestaltungen zulassen, in dem Masse, dass eine reichhaltige Zusammenstellung der verschiedenen Kirchendurchschnitte an sich schon das interessanteste Studium bildet, so können doch in dieser endlosen Mannigfaltigkeit zwei Systeme unterschieden werden, die freilich durch eine grosse Zahl von Zwischengliedern in einander übergehen.

Das erste System beruht darauf, dass die Schubkräfte der Schiffsgewölbe in den Pfeilern einander entgegenwirkend sich ganz oder teilweise neutralisieren, und umschliesst demnach die verschiedenen Anlagen von gleichen Schiffshöhen, die s. g. Hallenkirchen, das zweite System, die s. g. basilikale Anlage, zeigt eine Ueberhöhung des Mittelschiffes, sie stellt den Schubkräften der Gewölbe in verschiedener Weise erschafterte Widerstandsmittel entgegen.

Unter der Bezeichnung Hallenkirche kann man alle zwei-, drei- und mehrschiffigen Kirchen zusammenfassen, deren Gewölbe genau oder annähernd gleiche Höhe