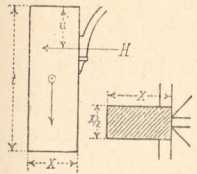


Tabelle 3.

Widerlagsstärke eines ungegliederten Strebe Pfeilers.

Die Tabelle enthält die Länge X des Grundrisses in Metern. Die Grundrissbreite ist halb so gross wie die Länge. Der Pfeiler steigt im Aufrisse ohne Absatz bis zur Höhe des Gewölbeschlusssteines auf.



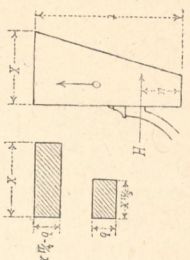
	Geringe Höhe				Mittlere Höhe				Beliebige Höhe			
	Werkstein Druck durch Kante Kerngr.		Ziegelstein Druck durch Kante Kerngr.		Werkstein Druck durch Kante Kerngr.		Ziegelstein Druck durch Kante Kerngr.		Werkstein Druck durch Kante Kerngr.		Ziegelstein Druck durch Kante Kerngr.	
A. Gewölbe von 4.4 = 16 qm Grundfläche.												
	Pfeilerhöhe t = 5,00 m				Pfeilerhöhe t = 10,00 m				Pfeilerhöhe t = ∞			
Pfeil 1:2 (u = 1,60 m)												
poröse Ziegel 1/2 Stein stark	0,81	¹ 1,20	0,89	¹ 1,30	1,00	² 1,45	1,15	¹ 1,65	1,20	1,70	1,35	1,95
Ziegel 1 St. od. Sandst. 20 cm	1,00	¹ 1,50	1,15	¹ 1,60	1,35	² 1,95	1,50	¹ 2,20	1,65	2,35	1,85	2,70
Ziegel m. Füllung u. Fussbd.	1,10	¹ 1,65	1,20	¹ 1,75	1,50	² 2,20	1,70	¹ 2,45	1,85	2,70	2,15	3,05
Pfeil 2:3 (u = 2,20 m)												
poröse Ziegel 1/2 Stein stark	0,64	¹ 0,94	0,69	¹ 1,00	0,89	² 1,30	1,00	¹ 1,45	1,10	1,60	1,25	1,80
feste Z. 1/2 St. od. poröse 3/4 St.	0,67	¹ 0,98	0,72	¹ 1,05	0,96	² 1,40	1,10	¹ 1,55	1,20	1,75	1,40	2,00
feste Z. 3/4 St. od. poröse 1 St.	0,71	¹ 1,05	0,75	¹ 1,10	1,05	² 1,50	1,20	¹ 1,70	1,35	1,95	1,55	2,20
Ziegel 1 St. od. Sandst. 20 cm	0,74	² 1,10	0,78	¹ 1,15	1,15	² 1,65	1,30	¹ 1,85	1,50	2,15	1,70	2,45
Bruchstein 30 cm	0,79	² 1,15	0,82	² 1,20	1,30	² 1,90	1,45	² 2,10	1,80	2,60	2,05	2,95
Ziegel m. Füllung u. Fussbd.	0,80	² 1,20	0,83	² 1,25	1,30	² 1,95	1,45	² 2,15	1,80	2,60	2,05	3,00
Pfeil 5:6 (u = 2,80 m)												
poröse Ziegel 1/2 Stein stark	0,47	² 0,70	0,50	¹ 0,73	0,80	² 1,15	0,90	¹ 1,30	1,05	1,55	1,20	1,75
Ziegel 1 St. od. Sandst. 20 cm	0,51	³ 0,75	0,53	² 0,78	1,00	² 1,45	1,10	² 1,60	1,45	2,10	1,65	2,40
Ziegel m. Füllung u. Fussbd.	0,49	⁴ 0,72	0,50	³ 0,75	1,10	² 1,60	1,20	² 1,75	1,70	2,50	1,95	2,85
B. Gewölbe von 8.8 = 64 qm Grundfläche.												
	Pfeilerhöhe t = 10,00				Pfeilerhöhe t = 20,00 m				Pfeilerhöhe t = ∞			
Pfeil 1:2 (u = 3,30 m)												
poröse Ziegel 1/3 Stein stark	1,30	² 1,90	1,45	¹ 2,10	1,55	³ 2,25	1,75	² 2,55	1,80	2,60	2,05	3,00
Ziegel 1 St. od. Sandst. 20 cm	1,60	² 2,35	1,75	² 2,55	2,05	³ 3,00	2,30	² 3,35	2,50	3,55	2,85	4,10
Ziegel m. Füllung u. Fussbd.	1,90	² 2,75	2,05	² 3,00	2,50	³ 3,65	2,80	³ 4,10	3,10	4,45	3,55	5,10
Pfeil 2:3 (u = 4,50 m)												
poröse Ziegel 1/3 Stein stark	1,00	² 1,50	1,10	² 1,65	1,40	³ 2,00	1,55	³ 2,25	1,70	2,45	1,95	2,80
feste Z. 1/3 St. od. poröse 3/4 St.	1,05	² 1,55	1,15	² 1,65	1,45	³ 2,10	1,65	³ 2,35	1,80	2,60	2,05	3,00
feste Z. 3/4 St. od. poröse 1 St.	1,15	³ 1,70	1,25	² 1,80	1,65	³ 2,40	1,85	³ 2,65	2,05	2,95	2,35	3,40
Ziegel 1 St. od. Sandst. 20 cm	1,20	³ 1,75	1,30	² 1,90	1,80	⁴ 2,60	2,00	³ 2,85	2,30	3,30	2,60	3,75
Bruchstein 30 cm	1,35	³ 2,00	1,40	² 2,10	2,10	⁴ 3,05	2,30	³ 3,40	2,80	4,00	3,20	4,60
Ziegel m. Füllung u. Fussbd.	1,40	³ 2,05	1,45	³ 2,15	2,25	⁴ 3,30	2,50	³ 3,65	3,10	4,45	3,55	5,10
Pfeil 5:6 (u = 5,70 m)												
poröse Ziegel 1/3 Stein stark	0,78	³ 1,15	0,83	² 1,20	1,10	⁴ 1,60	1,20	³ 1,75	1,65	2,35	1,90	2,70
Ziegel 1 St. od. Sandst. 20 cm	0,87	⁴ 1,30	0,90	³ 1,35	1,60	⁴ 2,35	1,80	³ 2,65	2,25	3,25	2,55	3,70
Ziegel m. Füllung u. Fussbd.	0,91	⁶ 1,35	0,94	⁵ 1,40	2,00	⁴ 2,90	2,20	³ 3,20	3,10	4,45	3,55	5,10

Anmerkung: Bei Druck durch die Kante erfolgt Umsturz! Bei Druck durch die Kerngrenze ist das Widerlager gesichert, falls die Kantenpressung nicht zu gross ist. Letztere wird durch die kleinen Zahlen angegeben, und zwar bedeutet:

¹ grösste Pressung auf 1 qm: bis 4 kg. ² grösste Pressung auf 1 qm: 4 bis 7 kg. ³ grösste Pressung auf 1 qm: 7 bis 11 kg.
⁴ " " " 1 " 14 " ⁵ " " " 1 " 14 " 21 " ⁶ " " " 1 " 21 " 28 "

Widerlagentärke eines trapezförmig verjüngten Strebepfelers.

Die Tabelle enthält die Länge des unteren Grundrisses x in Metern. Die Länge des oberen Grundrisses ist $\frac{1}{11}$ von x die Dicke des Pfeilers ist gleichmäßig $\frac{1}{11}$ von x . Die Höhe des Strebepfelers ist bis Schlusssteinhöhe des Gewölbes gerechnet



A. Gewölbe von 4.4 = 16 gm Grundfläche.

Höhe des Strebepfelers $t = 5,00$ m	Höhe des Strebepfelers $t = 10,00$ m			Höhe des Strebepfelers $t = 10,00$ m			Höhe des Strebepfelers $t = \infty$											
	Werkstein	Ziegelstein	Werkstein	Ziegelstein	Werkstein	Ziegelstein	Werkstein	Ziegelstein	Werkstein	Ziegelstein								
Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch								
Kante	Kerngr.	Mitte	Kante	Kerngr.	Mitte	Kante	Kerngr.	Mitte	Kante	Kerngr.	Mitte							
poröse Ziegel $\frac{1}{2}$ Stein stark	0,90	1,1,20	1,1,60	0,98	1,1,35	1,1,80	1,15	2,1,50	1,2,00	1,30	1,70	1,2,25	1,35	1,75	2,35	1,55	2,00	2,60
Ziegel 1 Stein oder Sandstein 20 cm	1,10	1,1,50	1,2,00	1,20	1,1,65	1,2,20	1,50	2,2,00	1,2,65	1,70	1,2,20	1,3,00	1,90	2,40	3,25	2,15	2,75	3,70
Ziegel mit Füllung und Fussboden	1,20	2,1,65	1,2,20	1,30	1,1,80	1,2,40	1,70	2,2,50	1,3,00	1,90	1,2,50	1,3,35	2,15	2,75	3,70	2,45	3,15	4,20
Pfeil 2 : 3 (u = 2,20 m)																		
poröse Ziegel $\frac{1}{2}$ Stein stark	0,70	1,0,95	1,1,30	0,75	1,1,03	1,1,40	1,00	2,1,35	1,1,80	1,10	1,1,50	1,2,00	1,30	1,65	2,20	1,45	1,90	2,50
poröse Ziegel $\frac{1}{2}$ St. od. poröse $\frac{3}{4}$ St.	0,73	1,1,00	1,1,35	0,78	1,1,08	1,1,45	1,10	2,1,45	1,1,90	1,20	1,1,60	1,2,15	1,40	1,80	2,40	1,60	2,05	2,75
poröse Ziegel $\frac{3}{4}$ St. od. poröse 1 St.	0,75	2,1,05	1,1,40	0,79	1,1,15	1,1,50	1,20	2,1,55	1,2,10	1,30	1,1,75	1,2,35	1,55	2,00	2,65	1,75	2,30	3,05
Ziegel 1 Stein oder Sandstein 20 cm	0,78	2,1,10	1,1,45	0,83	1,1,20	1,1,55	1,30	2,1,70	1,2,25	1,40	1,1,90	1,2,50	1,75	2,20	3,00	2,00	2,55	3,40
Bruchstein 30 cm	0,83	2,1,20	1,1,55	0,85	2,1,25	1,1,65	1,45	2,1,95	1,2,60	1,60	1,2,15	1,2,90	2,05	2,65	3,55	2,35	3,05	4,10
Ziegel mit Füllung und Fussboden	0,83	2,1,20	1,1,55	0,85	2,1,25	1,1,65	1,45	2,1,95	1,2,60	1,60	1,2,15	1,2,90	2,10	2,70	3,60	2,40	3,05	4,10
Pfeil 5 : 6 (u = 2,80 m)																		
poröse Ziegel $\frac{1}{2}$ Stein stark	0,50	2,0,70	1,0,95	0,52	1,0,75	1,1,00	0,90	2,1,20	1,1,60	1,00	1,1,35	1,1,80	1,25	1,60	2,15	1,40	1,80	2,45
Ziegel 1 Stein oder Sandstein 20 cm	0,53	2,0,76	1,1,00	0,55	2,0,80	1,1,05	1,10	2,1,50	1,2,00	1,20	1,1,65	1,2,20	1,70	2,15	2,90	1,95	2,50	3,30
Ziegel mit Füllung und Fussboden	0,50	2,0,73	1,0,98	0,50	2,0,75	1,1,00	1,20	2,1,60	1,2,15	1,25	1,1,75	1,2,35	2,00	2,55	3,40	2,25	2,90	3,90

B. Gewölbe von 8.8 = 64 gm Grundfläche.

Höhe des Strebepfelers $t = 10,00$ m	Höhe des Strebepfelers $t = 20,00$ m			Höhe des Strebepfelers $t = \infty$														
	Werkstein	Ziegelstein	Werkstein	Ziegelstein	Werkstein	Ziegelstein												
Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch	Druck geht durch												
Kante	Kerngr.	Mitte	Kante	Kerngr.	Mitte	Kante	Kerngr.	Mitte										
poröse Ziegel $\frac{1}{2}$ Stein stark	1,40	2,1,90	1,2,55	1,60	1,2,10	1,2,85	1,75	2,2,35	2,3,10	2,00	2,2,65	1,3,50	2,05	2,65	3,60	2,35	3,05	4,60
Ziegel 1 Stein oder Sandstein 20 cm	1,75	2,2,35	1,3,20	1,90	2,2,60	1,3,50	2,30	2,3,05	2,4,10	2,60	2,3,45	1,4,60	2,85	3,65	4,90	3,25	4,20	5,60
Ziegel mit Füllung und Fussboden	2,05	2,2,80	1,3,75	2,20	2,3,05	1,4,05	2,80	2,3,75	2,5,00	3,15	2,4,20	1,5,60	3,55	4,10	6,15	4,05	5,25	7,05
Pfeil 2 : 3 (u = 4,50 m)																		
poröse Ziegel $\frac{1}{2}$ Stein stark	1,10	2,1,55	1,2,05	1,20	2,1,65	1,2,20	1,60	2,2,10	2,2,75	1,75	2,2,35	1,3,10	1,95	2,50	3,35	2,25	2,85	3,85
poröse Ziegel $\frac{1}{2}$ St. od. poröse $\frac{3}{4}$ St.	1,10	2,1,55	1,2,05	1,20	2,1,70	1,2,25	1,65	2,2,20	2,2,85	1,85	2,2,45	1,3,25	2,10	2,70	3,60	2,40	3,05	4,10
poröse Ziegel $\frac{3}{4}$ St. od. poröse 1 St.	1,20	2,1,70	1,2,25	1,30	2,1,85	1,2,45	1,80	2,2,40	2,3,25	2,05	2,2,70	1,3,65	2,35	3,05	4,05	2,70	3,45	4,80
Ziegel 1 Stein oder Sandstein 20 cm	1,25	2,1,80	1,2,35	1,35	2,1,90	1,2,55	1,95	2,2,65	2,3,55	2,20	2,2,95	1,3,95	2,60	3,35	4,50	3,00	3,85	5,15
Bruchstein 30 cm	1,40	2,2,00	1,2,70	1,45	2,2,15	1,2,85	2,35	2,3,15	2,4,20	2,60	2,3,50	1,4,65	3,20	4,10	5,50	3,65	4,70	6,30
Ziegel mit Füllung und Fussboden	1,45	2,2,10	1,2,75	1,50	2,2,20	1,2,90	2,50	2,3,40	2,4,55	2,75	2,3,70	1,5,00	3,55	4,60	6,15	4,05	5,25	7,05
Pfeil 5 : 6 (u = 5,70 m)																		
poröse Ziegel $\frac{1}{2}$ Stein stark	0,83	2,1,15	1,1,55	0,88	2,1,25	1,1,65	1,40	2,1,90	2,2,50	1,55	2,2,10	1,2,80	1,90	2,40	3,25	2,15	2,75	3,70
Ziegel 1 Stein oder Sandstein 20 cm	0,90	2,1,30	1,1,75	0,93	2,1,40	1,1,80	1,80	2,2,40	2,3,25	1,95	2,2,65	1,3,55	2,55	3,30	4,45	2,95	3,80	5,10
Ziegel mit Füllung und Fussboden	0,93	2,1,35	1,1,80	0,95	2,1,40	1,1,85	2,20	2,3,00	2,4,00	2,35	2,3,25	1,4,35	3,55	4,60	6,15	4,10	5,25	7,05

Anmerkung: Bei Druck durch die Kante erfolgt Umsturz! Bei Druck durch die Kerngrenze ist das Widerlager gesichert, wenn die Kantendruckung nicht zu gross ist. Letztere wird angegeben durch die beigedruckten Zahlen, und zwar bedeutet:

1 grösste Pressung auf 1 qm: 1 bis 14 kg.
 2 grösste Pressung auf 1 qm: 4 bis 7 kg.
 3 grösste Pressung auf 1 qm: 7 bis 11 kg.
 4 grösste Pressung auf 1 qm: 11 bis 14 kg.
 5 grösste Pressung auf 1 qm: 14 bis 21 kg.
 6 grösste Pressung auf 1 qm: 21 bis 28 kg.
 7 grösste Pressung auf 1 qm: 28 bis 35 kg.
 8 grösste Pressung auf 1 qm: 35 bis 45 kg.
 9 grösste Pressung auf 1 qm: 45 bis 55 kg.
 10 grösste Pressung auf 1 qm: 55 bis 65 kg.
 11 grösste Pressung auf 1 qm: 65 bis 75 kg.
 12 grösste Pressung auf 1 qm: 75 bis 85 kg.
 13 grösste Pressung auf 1 qm: 85 bis 95 kg.
 14 grösste Pressung auf 1 qm: 95 bis 105 kg.

Die Tabelle lässt erkennen, wie viel Mauerwerk sich bei zweckmässiger Form der Widerlager sparen lässt. Die Mauermasse verhält sich bei mittlerer Widerlagshöhe und mittleren Verhältnissen in den drei Tabellen etwa wie 4 : 2 : 1.

5. Die Stärke der Mittelpfeiler.

Die in den beiden vorausgehenden Kapiteln behandelten statischen Forderungen für Widerlager gelten in vollem Umfange für Mittelpfeiler jeder Art. Da die Gefahr des Gleitens hier kaum zu fürchten ist, handelt es sich um die drei Bedingungen, dass

1. der Pfeiler in jeder Richtung gegen Umsturz gesichert ist,
2. an keiner Stelle das zulässige Mass der Druckbeanspruchung überschritten wird,
3. die Mittellinie des Druckes möglichst im Querschnittskerne bleibt.

Der ersten Bedingung ist immer genügt, sobald die zweite erfüllt ist. Von der dritten Bedingung kann auch häufig abgesehen werden, wenn die Kantenpressung gering bleibt. Besonders ist bei guter Ausführung in Werkstein das Zusammenpressen der Fugen an der einen und Öffnen an der anderen Seite so wenig zu fürchten, dass ein geringes Hinaustreten des Druckes aus dem Kerne meist zulässig ist. Um den freien Raum nicht zu beengen, geht man bei Mittelpfeilern gern an die als zulässig erachtete Spannungsgrenze heran, nicht sollte man es aber in solchen Fällen unterlassen, die Fundamente recht zuverlässig zu erbreitern. Für sehr schlanke Pfeiler wird man einen Zuschlag mit Rücksicht auf die Gefahr des Ausbauchens oder Zerknickens zu machen haben. (Um genauere Angaben über die Knickfestigkeit machen zu können, fehlen für Mauerwerk einstweilen noch die Grundlagen, man kann jedoch annehmen, dass die Knickgefahr für Steinkörper nicht sehr gross ist.)

Die häufigsten Belastungsfälle für den Mittelpfeiler sind bereits in den Figuren 350 bis 355 dargestellt. Will man den Verlauf des Druckes von oben bis unten im ganzen Pfeiler übersichtlich verfolgen, so wendet man am besten das graphische Verfahren an; handelt es sich darum, nur die Druckverteilung auf die Grundfläche oder irgend einen anderen Querschnitt zu finden, so kommt man ebensogut durch Rechnung zum Ziele (vergl. S. 144 und Beispiel unten). Das graphische Verfahren giebt bei schlanken Pfeilern oft sehr spitzwinklige Linienschnitte, so dass schon der grösseren Genauigkeit wegen die Rechnung in solchen Fällen vorzuziehen ist.

Mittelpfeiler einer Hallenkirche.

Da die Beanspruchung der Mittelpfeiler einer Hallenkirche ziemlich einfach ist, sind diese besonders geeignet, zur Erläuterung des Ganges der Druckausmittlung zu dienen. Es sei sogleich ein bestimmter Fall vorausgesetzt.

Beispiel I (vergl. Fig. 394 und 395). Eine Hallenkirche mit 9 m breitem Mittelschiffe und 6 m breiten Seitenschiffen bei 9 m Jochlänge wird von übereck gestellten quadratischen Pfeilern von 12 m Höhe und 1,25 m Seitenlänge also 1,77 m Diagonallänge geteilt. Die Scheidebogen von 0,70 m Breite sind in den Zwickeln bis 2 m über Kapital übermauert. Pfeiler und Scheidebogen bestehen aus Sandstein von 2300 kg Gewicht für je 1 cbm. Die Gewölbe mit Sandstein-

Lage des
Druckes im
Pfeiler,
Beispiel I.

rippen und Gurten sind $\frac{1}{2}$ Stein stark aus gewöhnlichen Ziegelsteinen (Gewicht 1600 kg für 1 cbm) aufgeführt. Der Querschnitt zeigt für beide Schiffe eine durchschnittliche Pfeilhöhe von $\frac{2}{3}$ der Spannweite.

Es soll nun die Lage des Druckmittelpunktes und die grösste Spannung an der Grundfläche des Pfeilers in Fussbodenhöhe gesucht werden.

Die Gewölbekräfte mögen nach Tabelle 1 (auf S. 139) angenommen werden und zwar (nach Zeile IVb) das Gewicht für 1 qm Grundriss zu 380 kg und der Schub für je 1 qm Grundriss zu 120 kg. Auf den Pfeilern wirkt von den beiden Seiten je eine Gewölbehälfte von 27 bzw. 18 qm Grundrissfläche ein, danach ergeben sich als Kräfte

$$\text{für das Mittelschiffgewölbe: } V_1 = 27 \cdot 380 = 10260$$

$$H_1 = 27 \cdot 120 = 3240$$

$$\text{für das Seitenschiffgewölbe: } V_2 = 18 \cdot 380 = 6840$$

$$H_2 = 18 \cdot 120 = 2160$$

Die Höhe des Angriffspunktes der Kräfte über Kapitäl kann zu $\frac{1}{4}$ der Pfeilhöhe gerechnet werden, also im Mittelschiffe zu 1,50 m, im Seitenschiffe zu 1,00 m.

Die Scheidebogen nebst ihrer Hintermauerung mögen einen Inhalt haben von 5 cbm, also ein Gewicht von $5 \cdot 2300 = 11500 \text{ kg} = G_1$.

Das Gewicht des Pfeilers berechnet sich zu:

$$G_2 = 1,25 \cdot 1,25 \cdot 12,00 \cdot 2300 = 43125 \text{ kg.}$$

Man stellt nun für den gesuchten Durchgangspunkt des Druckes P, der einen Abstand x von der Mittelachse haben möge, die Momentengleichung auf

$$G_1 \cdot x + G_2 \cdot x + V_1(x + 0,35) + H_2 \cdot (12,00 + 1,00) = V_2 \cdot (0,35 - x) + H_1 \cdot (12,00 + 1,15).$$

Danach ist:

$$x = \frac{V_2 \cdot 0,35 + H_1 \cdot 13,50 - V_1 \cdot 0,35 - H_2 \cdot 13,00}{G_1 + G_2 + V_1 + V_2}$$

Werden die oben festgesetzten Zahlenwerte für V_2 , H_1 usw. eingesetzt, so berechnet sich:

$$x = 0,20$$

d. h. der Mittelpunkt des Druckes liegt um 0,20 m oder 20 cm seitwärts von der Mitte. Der Kern misst nur $\frac{1}{3}$ der Seite oder $\frac{1}{6}$ der Diagonale, er hat in der Richtung der letzteren also nur eine Breite von 29,3 cm oder seine Hälfte nur 15,7 cm. Die Druckmitte P liegt also um 4 5 cm ausserhalb des Kernes (vergl. den Grundriss 395a).

Dieser geringe Abstand vom Kerne, welcher bewirkt, dass an der Innenseite des Pfeilers ein Stück ohne Pressung bleibt, kann als sehr wohl zulässig bezeichnet werden, falls die äussere Kantenpressung nicht zu gross ausfällt. Bei zentrischem Drucke wäre die Pressung auf die Flächeneinheit Gesamtgewicht dividiert durch Grundfläche, ersteres ist $G_1 + G_2 + V_1 + V_2 = 71700$, die Fläche ist $1,25 \cdot 1,25 = 1,56 \text{ qm}$ oder 15600 qcm . Die Pressung auf jedes qcm betrüge somit $71700 : 15600 = 4,6 \text{ kg}$, falls der Druck in der Mitte angriffe. Ginge er durch die Kerngrenze, so wäre die grösste Pressung an der Aussenkante doppelt so gross, also 9,2 kg. Jetzt wird sie noch etwas grösser ausfallen, jedoch, wie man schon schätzen kann, jedenfalls unter 12 kg auf ein qcm bleiben, das ist aber für ein gutes Sandsteingemäuer keine zu hohe Pressung, es kann deshalb der Pfeiler als genügend sicher gelten.

Das Fundament wird zweckmässig nach aussen derart erbreitert, dass der Mittelpunkt seiner Sohle um etwa 20 cm gegen die Pfeilermitte verschoben ist, dadurch wird der Druck zentrisch (vergl. Fig. 395). Wiegt das Fundament rund 13000 kg, so hat es an seiner Sohle $71700 + 13000$ also rund 85000 kg Druck zu übertragen. Darf man den Boden mit 2,5 kg auf das qcm belasten, so wird eine Grundfläche von $85000 : 2,5 = 34000 \text{ qcm}$ oder 3,4 qm erforderlich sein, die man zweckmässig so verteilt, wie es Fig. 395a im Grundrisse und 395 im Aufrisse andeutet. Bei nicht ganz zuverlässigem Boden würde man die Grundfläche besser noch erweitern und ihr der Einfachheit wegen die Form des gestrichelten Rechteckes geben (Fig. 395a).

Bei dem soeben besprochenen Beispiele fiel die Drucklinie aus dem Kerne der Grundfläche hinaus. Wäre statt des übereck gestellten ein sonst ganz gleicher

quadratischer Pfeiler verwendet, dessen Seiten den Gewölbeachsen parallel gerichtet wären, so würde der Druck gerade noch innerhalb des Kernes liegen, und demnach die grösste Kantenpressung geringer werden. Es lohnt, nach derartigen Gesichtspunkten die gängigen Pfeilergrundrisse zu vergleichen.

Die meisten Pfeiler kann man auf die vier Grundrissformen I bis IV in Fig. 396 bringen und zwar auf das Quadrat (event. Rechteck), das regelmässige Achteck, den Kreis und das übereck gestellte Quadrat. Wird angenommen, dass die vier Grundrisse gleichen Flächeninhalt haben, so wird sich ihr Durchmesser in der Richtung des Schubes verhalten wie: 1:1,10:1,13:1,41. Das umgekehrte Verhältnis findet mit dem Durchmesser des Kernes in der gleichen Richtung statt, dieser nimmt nicht zu sondern ab und zwar in dem Verhältnisse: 1:0,88:0,85:0,71. Daraus folgt aber, dass für eine Lage des resultierenden Druckes im Kerne oder in der Nähe des Kernes der Grundriss I der beste, IV der ungünstigste ist, dass dagegen umgekehrt für einen Angriff des Druckes in der Nähe der Aussenkante I am ungünstigsten, IV dagegen am vorteilhaftesten ist.

Man überzeugt sich davon am besten, wenn man in allen Grundrissen zwei gleich gelegene Druckpunkte P bzw. P_1 verfolgt. Fällt der erste Punkt „P“ in III gerade in die Grenze des Kernes, so liegt er in I und II noch innerhalb, in IV aber ausserhalb desselben. Die Kantenpressung wird bei IV am grössten sein, ausserdem wird hier ein Stück m n o an der inneren Ecke ohne Pressung bleiben.

Der Punkt P_1 liegt bei I auf der Aussenkante, so dass hier unbedingt Umsturz erfolgt, bei den anderen Grundrissen liegt er noch innerhalb, wengleich auch bei diesen die Kantenpressung so gross wird, dass es fraglich ist, ob sie standhalten würden. Selbst beim Grundriss IV würde der Druck sich nur über eine Fläche s t u verteilen, die kaum $\frac{1}{6}$ der Gesamtfläche ausmacht, der grösste Kantendruck bei s würde fast 18 mal so gross, als wenn der Druck gleichmässig verteilt wäre.

Immerhin ist es aber möglich, dass bei ungünstiger Drucklage der Pfeiler IV noch seine Standfestigkeit wahr, wo I bereits zu Grunde gehen würde, besonders ist das möglich, wenn unvorhergesehene Lastschwankungen durch Übertragung des Windes u. dergl. eintreten können. Allerdings sind solche bedeutende Druckverschiebungen gegen die Kante, auch wenn sie nur zeitweise auftreten, der Haltbarkeit des Pfeilers schon wegen der zu fürchtenden Lockerung der Fugen nicht zuträglich.

Ein Grundriss, der die Vorzüge von I und IV vereinigt, ist das mit dem Schube gleich gerichtete Rechteck (Fig. 397), das ja schon bei romanischen Kirchen Verwendung gefunden. Ähnliche Vorzüge hat ein gotischer Rundpfeiler, der nur in der Richtung der Schiffe, nicht aber in derjenigen der Scheidebogen Vorlagen oder Dienste zeigt (Fig. 398); so der Pfeiler von Mantes, der hinten in Fig. 426 dargestellt ist. Der Pfeiler in der Marktkirche zu Hannover hat unten gleichfalls nur Dienste in der Richtung der Schiffe, während die Scheidebogendienste weiter oben ausgekragt sind. Eine zu grosse Längenentwicklung stört aber den Zusammenhang der Schiffe, man zog daher doch mehr die zentralen Grundrisse vor, so den Rundpfeiler mit 4 Diensten Fig. 399, der seiner statischen Wirkung nach zwischen Kreis und übereck gestelltem Quadrat liegt. Vielfach suchte man sogar die Pfeilertiefe einzuschränken, indem man die Mittelschiffdienste nicht bis zum Boden hinabgehen liess. Auch das ist beim Überwiegen des Mittelschiffschubes berechtigt, da ja die Innenkante in diesem Falle wenig oder gar keinen Druck bekommt.

Zentrale
Pfeiler-
grundrisse.

Gestreckte
und unsym-
metrische
Pfeiler
grundrisse.

Es ist überhaupt von Vorteil, den Schwerpunkt des unteren Grundrisses so weit als möglich nach dem Seitenschiffe zu rücken, die oberen Lasten besonders den Schwerpunkt des Scheidebogens aber mehr dem Mittelschiffe zuzuschieben, um dem Überwiegen des Mittelschiffschubes entgegenzuarbeiten. So würde z. B. ein nach den beiden Schiffen unsymmetrisch gebildeter Pfeiler nach Art von Fig. 400, wo die architektonische Ausbildung ihn überhaupt zuliesse, statisch besonders geeignet sein können. Er würde an der wenig gepressten Seite nur einen Dienst, an der stark beanspruchten aber zwei Dienste haben und hier eine breite Basis bilden, ausserdem würde sich der in diesem Falle unsymmetrisch gestaltete Scheidebogen gegen das Mittelschiff schieben. Durch derartige Gestaltungen würde man es selbst erreichen können, den Druck durch den Schwerpunkt des Grundrisses zu lenken.

Eine Aufmauerung auf die Scheidebogen kann vorteilhaft für die Ausbalanzierung der Kräfte verwendet werden, wenn sie sich ihrer Hauptmasse nach gegen das grössere Mittelschiff schieben lässt. Dient sie dazu, das Dachgerüst mit zu tragen, so kommt die Einwirkung des Windes mit in Frage, siehe darüber hinten in einem besonderen Kapitel.

Ausgleich
der
Wölbschübe.

Am vorteilhaftesten gestalten sich die statischen Verhältnisse eines Pfeilers immer, wenn man Schwankungen in den Lasten ihm fernhalten und die Wölbschübe sogleich oben von allen Seiten ausgleichen kann. Welche Wege man zu diesem Zwecke bei verschiedenen breiten Schiffen einzuschlagen hat, ist bereits an den Figuren 350 bis 355 gezeigt. Um den grossen Einfluss eines geeigneten Schubausgleiches auf die Pfeilerstärke näher darzuthun, sei ein Beispiel im Anschlusse an das vorhinbehandelte eingeschaltet.

Beispiel II. In der im Beispiel I (S. 154) vorausgesetzten Hallenkirche (Fig. 394) sollen die Mittelpfeiler aus Sandstein mit 20 kg zulässigem Drucke auf das qcm bei kreisrundem Grundrisse so dünn als möglich angelegt werden, damit sie den Raum möglichst wenig beengen. Um die Gewölbeschübe auszugleichen, sollen die Gurte der Seitenschiffe übermauert werden, es ist zu bestimmen, wie schwer die Gurtübermauerung zu wählen und welcher Querschnitt den Pfeilern zu geben ist.

Zunächst sei das Gewicht V_3 gesucht, welches auf einer Gurthälfte aufzumauern ist. Es sei vorausgesetzt, dass die Übermauerung so verteilt wird, dass sie auf den Pfeiler ausser der gesuchten senkrechten Widerlagsbelastung V_3 einen Schub $H_3 = \frac{1}{3} V_3$ ausübt, der in einer Höhe von 1,20 m über Kapitäl also 13,20 m über Grundfläche des Pfeilers angreift. Am dünnsten wird etwa der Pfeiler, wenn der resultierende Druck gerade durch den Mittelpunkt der Grundfläche geht, ist solches der Fall, so wird für diesen Mittelpunkt die Momentengleichung aufzustellen sein.

$$V_1 \cdot 0,35 + H_2 \cdot 13,00 + H_3 \cdot 13,20 = V_2 \cdot 0,35 + V_3 \cdot 0,35 + H_1 \cdot 13,50.$$

Darin ist nach vorigem Beispiele einzusetzen:

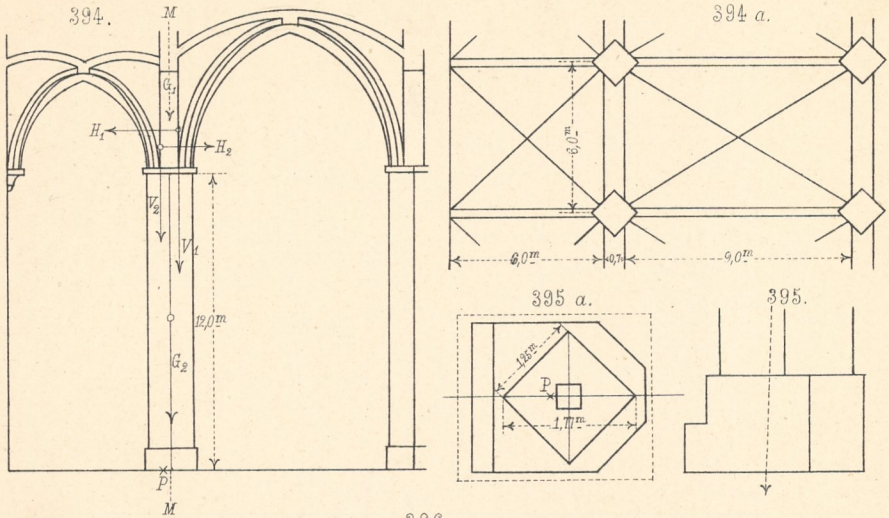
$$V_1 = 10260, V_2 = 6840, H_1 = 3240, H_2 = 2160 \text{ und ausserdem } H_3 = \frac{1}{3} V_3.$$

$$10260 \cdot 0,35 + 2160 \cdot 13,00 + \frac{1}{3} 13,20 \cdot V_3 = 6840 \cdot 0,35 + 3240 \cdot 13,50 + V_3 \cdot 0,35$$

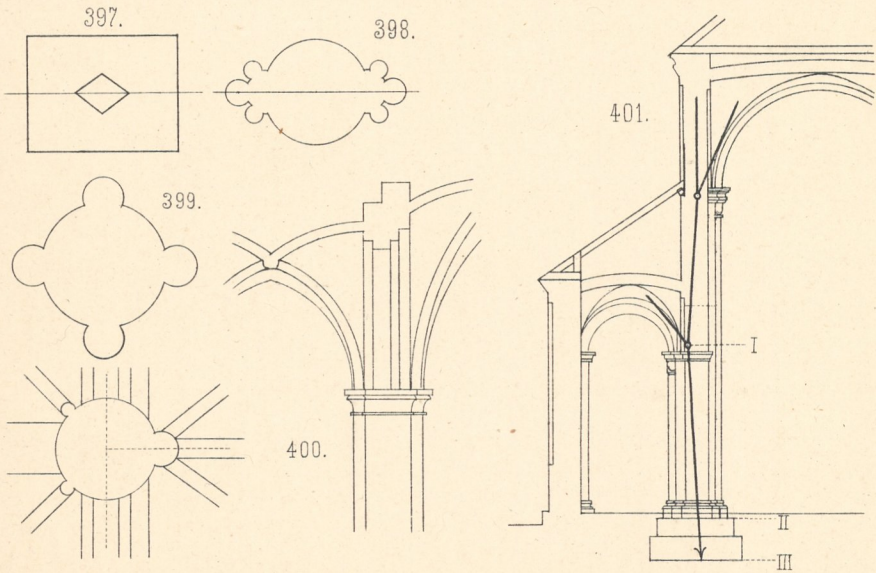
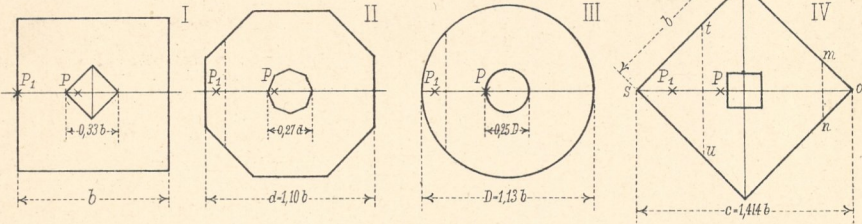
Daraus berechnet sich die Unbekannte $V_3 = 3559$ kg.

Wird die Übermauerung aus Sandbruchstein von dem Einheitsgewichte 2300 kg aufgeführt, so sind zur Erzielung dieser Last erforderlich $3559:2300 = 1,55$ cbm. Der ganze Gurt wird doppelt soviel, also 3,16 cbm Bruchsteinübermauerung erfordern. Es soll nun noch die Pfeiler-

Stärke der Mittelpfeiler.



396. Vergleich von Pfeilern gleicher Grundfläche.



grundfläche gesucht werden. Bei der Drucklage in der Mitte findet gleichmässige Druckverteilung statt, soll auf jedes qcm 20 kg kommen, so muss das Gesamtgewicht geteilt durch Grundfläche gleich 20 sein:

Das Gesamtgewicht setzt sich zusammen aus Belastung und Eigengewicht, die Belastung ist $G_1 + V_1 + V_2 + V_3 = 11500 + 10260 + 6840 + 3559 = 32159$, das noch unbekannte Eigengewicht $\frac{D^2}{2} \cdot \pi \cdot 12,00 \cdot 2300$.

Die gleichfalls noch nicht bekannte Grundfläche ist $\frac{D^2}{4} \cdot \pi$ qm oder: $\frac{D^2}{4} \cdot \pi \cdot 10000$ qcm

$$\text{also: } (32185 + \frac{D^2}{4} \cdot \pi \cdot 12,00 \cdot 2300) : \frac{D^2}{4} \cdot \pi \cdot 10000 = 20$$

$$\text{oder: } \frac{D^2}{4} \cdot 3,14 \cdot 10000 \cdot 20 - \frac{D^2}{4} \cdot 3,14 \cdot 12,00 \cdot 2300 = 32185$$

$D = 0,49$. Das heisst der Pfeiler erfordert nur 0,49 m unteren Durchmesser. Im oberen Teil des Pfeilers liegt der Druck nicht genau zentrisch, so dass hier trotz der geringeren Belastung eine kleine Stärkenzugabe nötig sein könnte, worüber man sich durch die Aufsuchung des Durchgangspunktes in Kapitälhöhe Rechenschaft geben kann. Es treten aber noch andere Rücksichten hinzu.

Bei Pfeilern dieser Schlankheit (Durchmesser kaum $\frac{1}{24}$ der Höhe) muss schon mit der Gefahr des Ausbauchens bzw. Zerknickens gerechnet werden, ausserdem wird man im Hinblick auf zufällige Lastschwankungen und schliesslich schon des architektonischen Ausdruckes wegen eine grössere Stärke für wünschenswert halten, so dass man den Durchmesser mindestens auf 70 cm vergrössern wird.

Dabei würde unten jedes qcm bei zentralem Drucke eine Pressung von 11 kg bekommen. Das Fundament würde bedeutend gegen den Pfeiler zu erbreitern sein, denn es hat mit seiner Sohle einschliesslich des Eigengewichtes gegen 50000 kg zu übertragen. Kann man dem Erdboden mit Sicherheit 2,5 kg auf ein qcm zumuten, so würde eine Grundfläche von $50000 : 2,5 = 20000$ qcm oder 2 qm erforderlich sein, die man aber bei nicht ganz zuverlässigem Boden lieber noch etwas vergrössert. Gerade dort, wo man über der Erde kühn konstruiert, soll man eine gute Gründung nicht verabsäumen, da durch deren Vernachlässigung die meisten Schäden entstehen.

Interessant ist ein Vergleich zwischen der jetzt abgeleiteten Pfeilerstärke gegenüber der im ersten Beispiele für die gleiche Kirche angenommenen. Während die Beanspruchung bei beiden etwa gleich ist, erforderte der quadratische Pfeiler mit 1,25 m Seite 18,7 cbm Mauerwerk, während der 70 cm dicke Rundpfeiler nur einen Inhalt von 4,7 cbm hat, es tritt also eine Ersparnis von rund 14 cbm Werkstein bei jedem Pfeiler ein. Dem steht allerdings ein Aufwand von 3 cbm Bruchsteingemäuer zur Belastung des Gurtges gegenüber, ausserdem muss der äussere Strebepfeiler etwas stärker werden, da die Gurtübermauerung den Schub vergrössert. Das alles ist aber geringfügig gegenüber der Massenersparnis gerade an der Stelle, wo sie so dringend erwünscht ist.

Man erkennt aus diesem Beispiele, wie berechtigt das Streben des Mittelalters war, alle Kräfte möglichst vorteilhaft auszuwägen, man wird ferner einsehen, wie wertvoll für die Ausführung eine wenn auch nur angenäherte (dabei aber genügend umsichtige) Ausmittlung der statischen Verhältnisse der Konstruktionen ist.

Basilika ohne Strebeseystem.

Der Gang der anzustellenden Untersuchung ist derselbe, wie der soeben für die Pfeiler der Hallenkirche gezeigte, nur hat man hier ausser dem Pfeiler auch das

hinaufgeführte Stück der Mittelwand in Betracht zu ziehen. Man wird zunächst auf das Dachwerk und den Winddruck keine Rücksicht nehmen und ohne diese die Kraftausmittelung vornehmen, sodann wird man diese besonderen Beanspruchungen hinzuziehen und das Verfahren wiederholen (vergl. über Dachlast und Wind das folgende Kapitel).

Am besten setzt man auf graphischem Wege die Kräfte von oben bis unten zusammen, um zunächst ein anschauliches Bild von dem ganzen Verlaufe der Spannungen zu erhalten, sodann greift man die am meisten gefährdeten Querschnitte zu näherer Prüfung heraus, wobei man der Genauigkeit wegen eine Berechnung mit hinzuziehen kann (vergl. Beispiele auf S. 155 und 157, sowie die Erläuterungen auf S. 140).

In der Regel kommen in Frage: der Querschnitt in Höhe des Anfanges vom Seitenschiffgewölbe (I in Fig. 401), sodann die Sohle des Pfeilers (II) und schliesslich die Sohle des Fundamentes (III).

Durch ein geschicktes Auswägen der Massen in der Oberhand, dem Pfeiler und den Gewölben, wofür das graphische Verfahren in sprechender Weise die Fingerzeige liefert, hat man es in weiten Grenzen in der Hand, die Drucklinie so zu lenken, wie es in jedem Falle wünschenswert ist. Durch Übermauerung der Seitenschiffgurte und das Aufführen verstreibender Mauerkörper unter den Seitendächern kann man besonders günstige Erfolge erzielen. Alle die zahlreichen feinfühlenden und lehrreichen Versuche, die das Mittelalter in diesem Sinne gemacht hat, können wir auf graphischem Wege nachempfinden und dabei unser weniger geschultes konstruktives Gefühl kräftigen und selbst auf gleiche Höhe mit demjenigen der alten Meister erheben.

Wenn das Mittelschiff nicht gar zu hoch hinausragt, so lassen sich auch ohne das zwar vollkommenste aber immerhin auch kostspielige System der Strebebogen statisch sehr befriedigende Lösungen ermöglichen.

Basilika mit Strebebogen.

Endkräfte
der
Strebe-
bogen.

Der Strebebogen übt wie jeder andere gemauerte Bogen an beiden Enden Widerlagskräfte aus, deren Grösse von der gegenseitigen Höhenlage der Stützpunkte, sowie von dem Gewichte, der Spannweite und der Form des Bogens abhängt (vergl. Fig. 402 bis 405). Will man die Stützlinie des Bogens aufsuchen, um zu prüfen, ob die Bogenform geeignet ist, so teilt man den Bogen durch senkrechte Schnitte in Teilstücke (siehe Fig. 402) und setzt mit deren Gewichten in der üblichen Weise die Drucklinie fest (vergl. vorn S. 52). Die Drucklinie liefert zugleich die Endkräfte, um die es sich vorzugsweise handelt. Sonst findet man angenähert auch die Widerlagskräfte durch das vielbesprochene vereinfachte rechnerische oder zeichnerische Verfahren (S. 130). Letzteres, bei dem die Richtung der Endkräfte nach Schätzung angenommen und ihre Grösse nach dem Parallelogramme der Kräfte aus dem Bogengewichte ermittelt wird, ist zur Veranschaulichung in den Figuren 403 bis 405 eingetragen.

Die Figuren 403 bis 405 zeigen, wie mannigfach verschieden die Wirkung des Strebebogens nach der gewählten Form sich gestaltet. Der obere Druck B_1 hat

die Aufgabe, den Wölbschub ganz oder teilweise aufzuheben. Der untere Widerlagsdruck B_2 ist von Bedeutung für die Stärke des Strebepfeilers.

Beim Bogen 403 (St. Ouen zu Rouen) ist der Druck B_1 schräg nach unten gerichtet, das Auflager bekommt also neben dem Horizontalschube H_1 einen Teil des Bogengewichtes V_1 zugewiesen.

Der am häufigsten vorkommende Bogen 404 fällt oben nahezu oder ganz horizontal an und übt demgemäss auch eine horizontale Druckkraft B_1 aus.

Der flachgekrümmte steil anfallende Bogen 405 (Halberstadt) übt eine ziemlich beträchtliche, schräg aufwärts gerichtete Endkraft B_1 aus, d. h. er belastet das obere Auflager nicht, sondern sucht es sogar in die Höhe zu heben. Infolgedessen ist dieser Bogen geeignet, einen Teil des Gewichtes der oberen Mittelschiffmauer aufzunehmen und dem äusseren Strebepfeiler zuzuführen, somit also den Mittelpfeiler zu entlasten.

Für alle diese und noch weiter variierte Bogenformen bietet das Mittelalter mannigfaltige Beispiele. Welche Form zu wählen ist, hängt in jedem Falle von der wünschenswerten Wirkung ab. Gewöhnlich will man am oberen Ende weder eine belastende noch hochtreibende, sondern nur eine horizontale Schubkraft erzielen, die dem Gewölbeschub sich entgegensetzt. In diesem Falle ist unter anderem ein Viertelkreis geeignet. (Bogen 404.)

Den Viertelkreis ersetzte man schon in der früheren Gotik mit Vorliebe durch die Hälfte eines Spitzbogens, dadurch bekommt man eine statisch vorteilhaftere Bogenlinie. Meist setzte man den Mittelpunkt für den Spitzbogen nur wenig neben die Mittellinie (Punkt a_1 in Fig. 404), infolgedessen fällt oben der Bogen fast horizontal an und äussert auch eine ganz oder nahezu horizontale Kraft. Wollte man aber einen Teil der Last abfangen und die Stärke des abstützenden Strebepfeilers einschränken, so wandte man auch sehr steile Bogen an (z. B. bei Halberstadt, Regensburg und Notre Dame zu Semur). Handelt es sich darum, einen Strebebogen zu entwerfen, der einen ganz bestimmten Gegendruck ausübt, so muss man von der oberen Endkraft ausgehen, die gewünschte Drucklinie ungefähr skizzieren und nun die Gewichte des Bogens so verteilen, dass sich bei der graphischen Konstruktion die geforderte Drucklinie ergibt. Dabei setzt man voraus, dass die gewöhnlich vorhandene Drucklinie bei ruhiger Belastung ebenso oder etwas flacher verläuft als die mittlere Bogenlinie.

Eine wichtige Forderung für einen jeden Strebebogen ist ein genügender Grad von Steifigkeit. D. h. der Bogen muss nicht nur im stande sein, den gewöhnlichen seiner Form entsprechenden Gegendruck zu liefern, sondern er muss bei Lastschwankungen auch andere und zwar besonders „grössere“ Kräfte übertragen können, ohne zu zerbrechen. Derartige Schwankungen kann in erster Linie der bei hohen Mittelschiffen ganz beträchtliche Winddruck herbeiführen.

In Fig. 402 sind zwei Stützlinien eingezeichnet, die stärker gekrümmte liefert ziemlich geringe Widerlagskräfte (O M bzw. O N im beigefügten Kräfteplan 402a), dagegen ist der Druck der flachen Linie bei ein und demselben Bogengewichte viel bedeutender (vergl. $O^1 M$ und $O^1 N$ in 402a). Je flacher die Drucklinie, um so grösser werden die Endkräfte, um so grösser natürlich auch die Druckkräfte, welche der Bogen abzufangen vermag. Daraus geht hervor, dass sich im Bogen, je nachdem ihm eine kleine oder grosse Kraft zugeführt wird, eine mehr gekrümmte oder flach gestreckte Druckübertragung bildet. Die Bogenform muss so beschaffen sein,

Steifigkeit.
der
Strebe-
bogen.

dass sie alle für die vorkommenden Belastungen möglichen Drucklinien sicher herbergen kann.

Die Hauptforderungen an einen guten Strebebogen kann man dahin zusammenfassen, dass er nicht zu schwer ist, für gewöhnlich nur einen mässigen Schub ausübt, in besonderen Fällen aber einen bedeutenden Gegenschub leisten kann.

Verfolgt man unter diesen Gesichtspunkten die Konstruktionen der Alten, so kann man nicht genug staunen über die feinfühlende Art, mit der sie allen Forderungen gerecht zu werden verstanden. Es seien einige Typen von Bogen herausgegriffen.

Fig. 402 und 404 zeigt die gebräuchlichste Gestaltung, bestehend aus einem Bogen mit voller Übermauerung, letztere ist zur Aufnahme der flachen Drucklinien geeignet. Die Übermauerung muss deshalb gut gefügt sein; man kam bald dazu, besonderen Wert auf die zuverlässige Herstellung ihrer Abdeckung zu legen, welche vorzugsweise zur Druckübertragung herangezogen wurde. Das Zwischengemäuer konnte dann leichter gemacht und selbst masswerkartig aufgelöst werden.

Fig. 406 (Amiens) zeigt eine Auflösung des Bogens in eine untere gekrümmte und eine obere gerade Gurtung. Der unteren gebogenen Gurtung fällt die Übertragung der gewöhnlich wirkenden Schübe zu, die obere gerade Gurtung dagegen hat die Aufgabe, die etwaigen variablen Kräfte aufzunehmen. Da jedes ihrer Werkstücke von unten her gestützt wird, befindet sich die Abdeckung immer im Gleichgewichtszustande, gleichviel ob eine grosse oder kleine Längskraft in ihr wirkt. Man kann sie vergleichen mit einer Spreize, deren Beanspruchung von dem Werte Null bis zur Grenze des Zerknickens wechseln kann. Wird die Beanspruchung zu gross, so würde ein Ausbauchen eintreten, dasselbe ist nach unten verhindert und nach der Seite erschwert, aber nach oben möglich, wo ihm jedoch wieder das Gewicht der Werkstücke entgegenwirkt.

Vereinzelt suchte man auch das Ausbauchen nach oben bei der oberen Gurtung zu verhindern, indem man sie nach unten etwas gekrümmt machte und sie gleichsam als Gegenbogen direkt oder durch Vermittelung von Masswerk mit dem unteren Bogen in Verbindung brachte. Fig. 407. Die mannigfaltigen Bildungen der Strebebogen sind also nicht allein einer architektonischen Wirkung oder einer besseren Wasserleitung zu liebe erfunden, sie dienen vielmehr in erster Linie wichtigen konstruktiven Zwecken.

Bei hohen Mittelschiffen ging man zu zwei übereinander befindlichen Strebebogen über, zum Teil, wie VIOLLET-LE-DUC meint, um den auf eine grössere Fläche sich verteilenden Wölbdruck mit grösserer Basis zu fassen, zum überwiegenden Teil, um der hohen Mauer mehr Steifigkeit gegen die bedeutende Windwirkung zu verleihen. (Über die architektonische Gestaltung der Strebebogen siehe weiter hinten unter der Aufrissbildung der Kirche.)

Sollen die statischen Verhältnisse des Mittelpfeilers einer Basilika mit Strebebogen untersucht werden, so sieht man zunächst von Dachlast und Winddruck ab und führt nur für den Mauerkörper mit seinen Gewölben die Ermittlung in der beschriebenen Weise auf graphischem oder rechnerischem Wege durch. Am günstigsten wird die Kräftführung sein, wenn die Mittellinie sich immer möglichst dicht an der Mittelaxe der Wand bzw. des Pfeilers hält. Ein geschicktes Auswägen der Pfeiler- und Wandmassen, sowie der Wölbshübe, besonders aber das Einsetzen eines richtig bemessenen Strebebogenschubes an geeigneter Stelle führen zum Ziel. Fig. 408 stellt eine unter den gewöhnlichen Verhältnissen günstige Kräftführung dar. Der Schub des Strebebogens ist etwas geringer als der des Mittelschiffgewölbes und gelangt etwas höher als dieser zum Eingriff.

Der Gegendruck des Strebebogens B_1 setzt sich im Punkte 1 mit dem Gewichte P_1 des oberen Wandstückes zusammen zu der resultierenden Kraft R_1 , die sich nach der Innenseite der

Drucklinie
im Mittel-
pfeiler unter
Einfluss des
Strebe-
bogens.

Wirkung des Strebebogens.

