

KIRCHE UNSERER LIEBEN FRAU ZU FRIEDBERG

Die Querschnitte der Pfeilerschäfte

Dieter Schäfer

Die Pfeiler der gotischen Stadtkirche Unserer Lieben Frau zu Friedberg besitzen über dem profilierten Sockel einen hohen geradlinigen Schaft bis zum Kapitell aus Blatt-Dekorationen. Im Gegensatz zu den reicher ausgestalteten Sockeln haben die Schäfte eine überschaubare Geometrie. Sie sind von rundem oder achteckigem Querschnitt und besitzen vier oder acht Dienste¹.

Zwischen den Sockeln und den Kapitellen messen die Pfeilerschäfte mehr als zehn Meter. Pro Pfeiler ist für diese Abschnitte mit einem halben Hundert und mehr an exakt behauenen Werksteinen zu rechnen. Dies setzt die Arbeit mit Schablonen voraus.

Bei einem Durchmesser der schmalsten Dienste von nur 0,13 m war durchgehend und von Beginn an hohe Maßgenauigkeit erforderlich. Sicher hatten diese Schablonen nur eine begrenzte Einsatzzeit und sie mussten mehrfach nachgefertigt werden. Auch war für eine Kontinuität der Gestaltung zu sorgen, falls die Bauleitung wechselte. Es müssen daher knappe, aber präzise Anweisungen vorgelegen haben, um jeden Pfeiler zu vollenden.

Ausgehend vom Fußmaß muss das Befolgen weniger Ausführungsvorschriften zum Ziel der Anfertigung maßgenauer Schablonen führen. **Es wird deshalb nach der einfachsten Weise gesucht, wie maßgenaue Schablonen für die Querschnitte der Pfeilerschäfte gezeichnet werden konnten.**

BELZ gibt das Schuh- bzw. Fuß-Maß mit $\frac{1}{12}$ Rute an.² Dieses Maß führte nicht weiter.

Mit Zehnteln der Friedberger Rute waren überzeugendere Ergebnisse zu erzielen.

$1 \text{ Rute} \triangleq 3,505 \text{ m}$ $\frac{1}{10} \text{ Rute} = 1 \text{ Fuß}$ $1 \text{ Fuß} \triangleq 0,3505 \text{ m}$.

Vier Pfeilerarten kommen vor. Von Osten nach Westen sind es nacheinander: die beiden westlichen Vierungspfeiler V, die schmaleren Rundpfeiler R, die schmaleren Achteckpfeiler A sowie die beiden mächtigen achteckigen Turmpfeiler T. (Abb. 1)

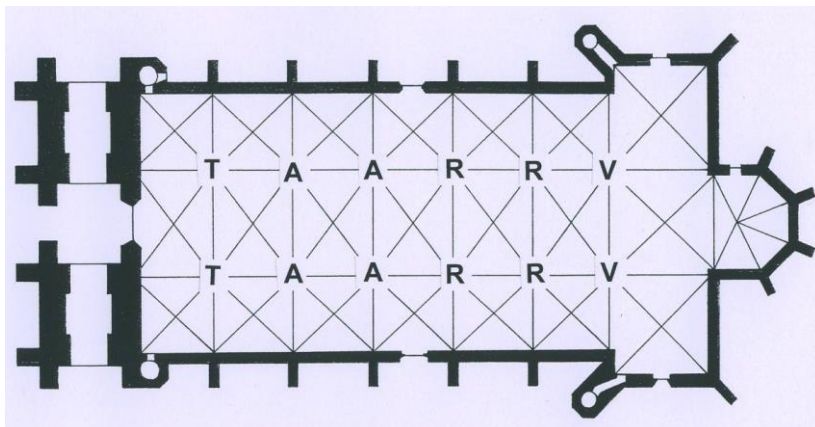


Abb. 1 Position der Pfeiler

Westliche Vierungspfeiler (Abb. 2)

Maße aus der Literatur³:

$$d_1 = 1,56 \text{ m}$$

$$d_2 = 0,24 \text{ m}$$

Eigene Messung 2015:

$$d_2 = 0,235 \text{ m}$$

Ermittelte Konstruktion:

Rechteck $1 f \times 2 f$

Diagonale im Rechteck = $\sqrt{5} f = r_1 = 0,784 \text{ m}$

$$d_1 = 2r_1 = 1,568 \text{ m}$$

Kreis mit r_1

$$d_2 = \frac{2}{3} f \quad d_2 = 0,234 \text{ m}$$

Vier Dienste mit $r_2 = 0,117 \text{ m}$

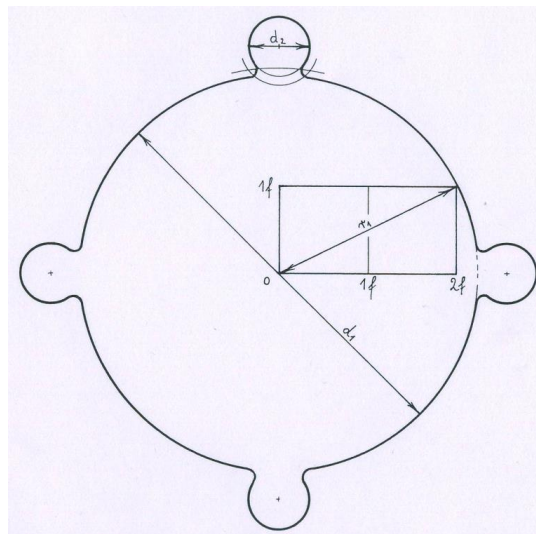


Abb. 2 Westliche Vierungspfeiler

Schmalere Rundpfeiler (Abb. 3)

Maße aus der Literatur⁴:

Durchmesser des Pfeilerschaftes 1,35 m

Durchmesser der älteren Dienste 0,26 m

Durchmesser der jüngeren Dienste 0,13 m

Eigene Messung 2015:

Durchmesser des Pfeilerschaftes 1,28 m (Mittelwert aus 8 Messungen)

Durchmesser der älteren Dienste 0,255 m

Durchmesser der jüngeren Dienste 0,127 m

In der Festschrift von 1901⁵ ist der Durchmesser des Pfeilerschaftes mit 1,35 m falsch angegeben. Richtig ist 1,28 m.

Ermittelte Konstruktion:

Kreis mit $r_1 = \frac{11}{6} f$

$r_1 = 0,643 \text{ m}$

$d_1 = \frac{11}{3} f \cong 1,285 \text{ m}$

$d_2 = \frac{11}{15} f \cong 0,257 \text{ m}$ (d_2 ist ein Fünftel von d_1)

$d_3 = \frac{11}{30} f \cong 0,1285 \text{ m}$ (d_3 ist ein Zehntel von d_1)

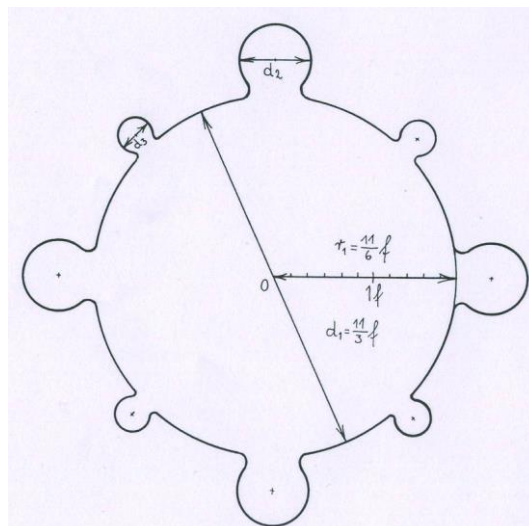


Abb. 3 Schmalere Rundpfeiler

Schmalere Achteckpfeiler (Abb. 4)

Maße aus der Literatur⁶:

Durchmesser des Pfeilerkerns: 1,23 m

Durchmesser der älteren Dienste: 0,255 m

Durchmesser der jüngeren Dienste: 0,13 m

Eigene Messung 2015:

Durchmesser des Pfeilerkerns: 1,22 bis 1,23 m

Durchmesser der älteren Dienste: 0,255 m

Durchmesser der jüngeren Dienste: 0,123 m

a = 0,54 m

b = 0,47 m

Ermittelte Konstruktion:

Quadrat mit Seitenlänge = $3 \frac{1}{2} f$

Darin regelmäßiges Achteck

Proportionierung der Strecke $a_0 + b_0$ im Verhältnis 9 : 8

$a_1 = 0,54$ m

$b_1 = 0,48$ m

$a_1 + b_1 = 1,02$ m

Ergebnis ist ein unregelmäßiges Achteck mit alternierenden Seitenlängen im Verhältnis 9 : 8.

(In der Praxis wird wohl unter Anwendung des Strahlensatzes⁷ auf geometrische Weise proportioniert worden sein.)

d_2 : Umkreis um das Quadrat

Die Höhe im Kreisabschnitt ist d_2

d_3 ist die Hälfte von d_2

Durch zeichnerische Konstruktion erzielte Maße:

Durchmesser des Kerns: 1,227 m

Durchmesser der älteren Dienste: 0,26 m

Durchmesser der jüngeren Dienste: 0,125 m

a = 0,54 m

b = 0,48 m

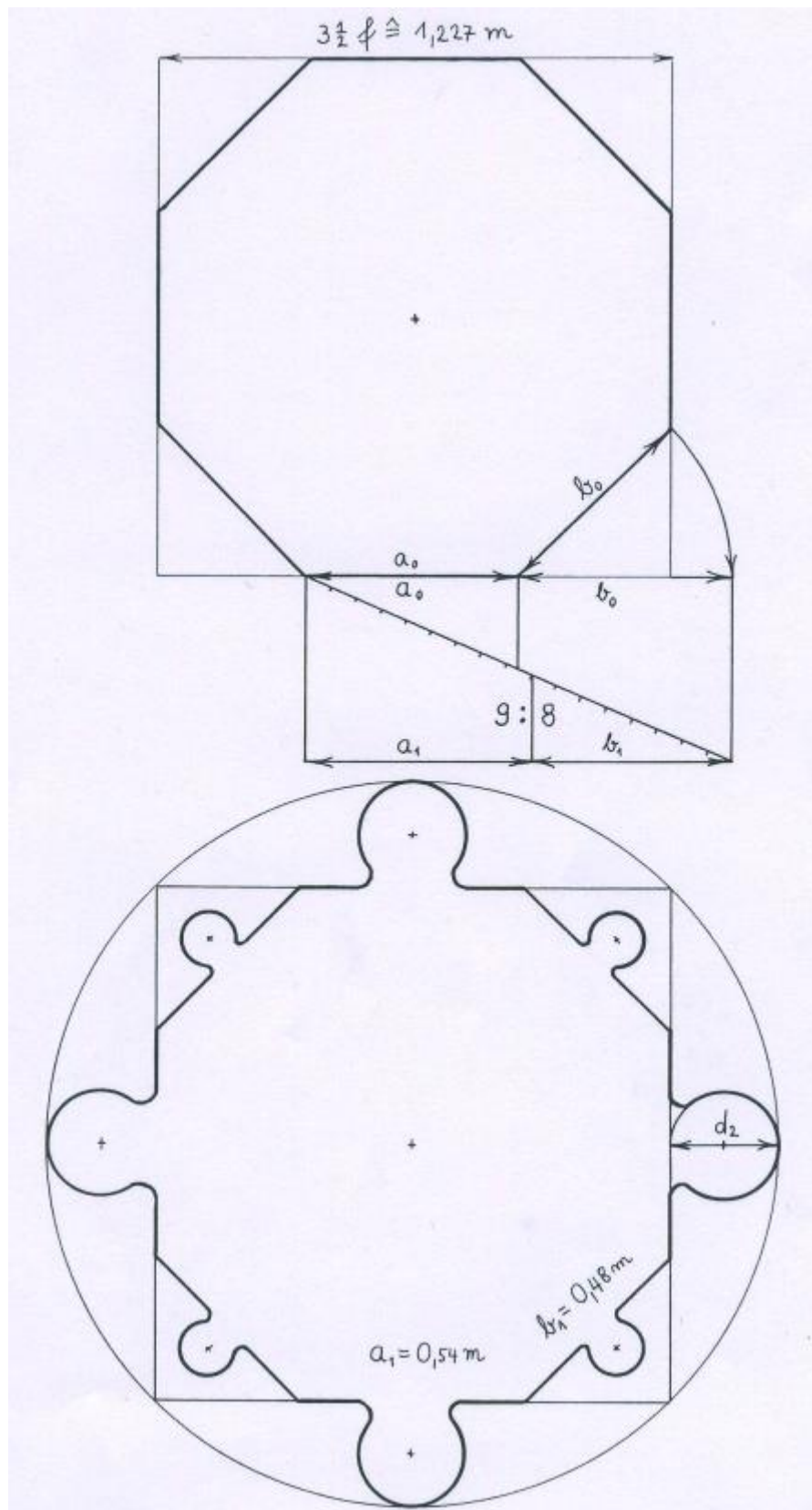


Abb. 4 Schmalere Achteckpfeiler

Turmpfeiler (Abb. 5)

Maße aus der Literatur⁸:

Durchmesser des Pfeilerkerns: 2,18 m

Durchmesser der älteren Dienste: 0,32 m

Durchmesser der jüngeren Dienste: 0,19 m

Eigene Messung 2015:

Seitenlänge des Achtecks $a = 0,89$ m

$d_1 = 2,174$ m (wurde aus a errechnet)

$d_2 = 0,314$ m

$d_3 = 0,185$ m

Ermittelte Konstruktion:

Quadrat mit Seitenlänge $6^{1/5} f$. Darin regelmäßiges Achteck.

Durchmesser der älteren Dienste: Zwischen Achteck und Um-Quadrat entstehen Dreiecke.

Jedes dieser Dreiecke wird von Diagonalen in zwei Dreiecke halber Fläche geteilt. Deren

Höhe = Durchmesser der älteren Dienste d_2

$r_3 =$ Höhe des Kreisabschnitts. $2 r_3 = d_3$

Durch zeichnerische Konstruktion erzielte Maße:

Durchmesser des Kerns: 2,175 m

Durchmesser der älteren Dienste: 0,32 m

Durchmesser der jüngeren Dienste: 0,18 m

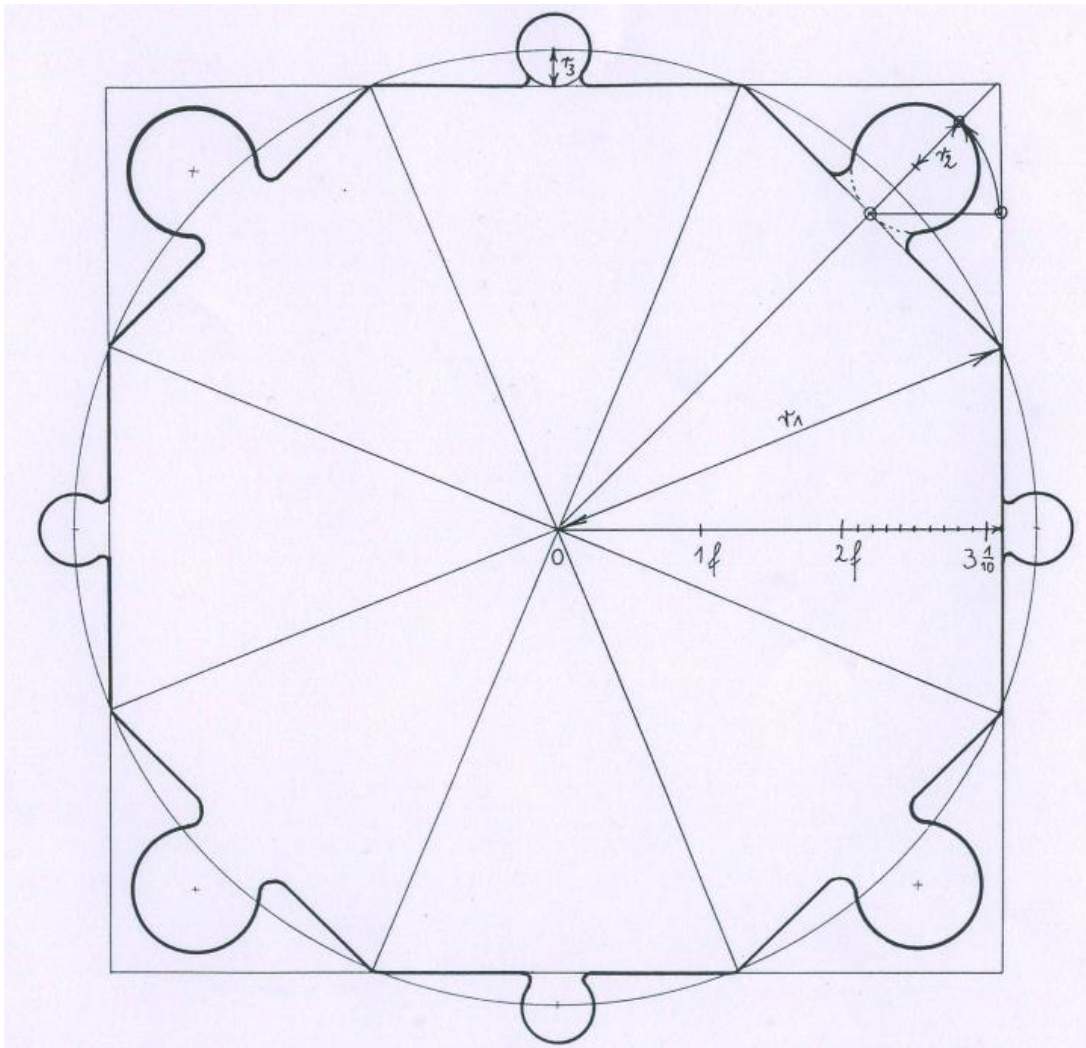


Abb. 5 Turmpfeiler

Zeichnerische Konstruktion der Pfeilerschaftquerschnitte

(tabellarisch zusammengefasst)

Pfeiler	Konstruktion des Schaftquerschnitts	Maße der Dienste
Vierungspfeiler	Rechteck $1 f \times 2 f$ Diagonale im Rechteck = r_1 Kreis mit r_1	$d_2 = \frac{2}{3} f$
schmalere Rundpfeiler	Kreis mit $d_1 = \frac{11}{3} f$	$d_2 = \frac{11}{15} f$ $d_3 = \frac{11}{30} f$
schmalere Achteckpfeiler	Quadrat mit den Seiten $3 \frac{1}{2} f$ Darin regelmäßiges 8-Eck Anschließend Achteckseiten alternierend $9 : 8$ proportioniert	Umkreis des Quadrates, $d_2 = h$ des Kreisbogens, $d_3 = \frac{1}{2} d_2$
Turmpfeiler	Quadrat mit den Seiten $6 \frac{1}{5} f$ Darin regelmäßiges 8-Eck	d_2 wird in den Ecken des Umquadrates konstruiert. $r_3 = h$ des Kreisabschnitts zwischen Umkreis und 8-Eck

Ältere Publikationen gingen davon aus, den Konstruktionen lägen Proportionsfiguren zugrunde (vgl. BELZ⁹). Die hier vorliegende Untersuchung weist aber in eine andere Richtung: Kreis oder Quadrat mit klaren Fuß-Abmessungen bilden die Grundlage. Auch die Dienste haben entweder Fuß-Bruchteile als Maß oder sie sind aus der geometrischen Konstruktion des Schaftquerschnittes hergeleitet.

Alle Konstruktionen sind auf dem Reißboden¹⁰ mit hoher Genauigkeit ausführbar. Schablonen für den Steinmetz können nach den ermittelten Maßen hergestellt werden. Auf der Schablone ist auch der Schwerpunkt leicht ermittelbar, der angibt, wo das Loch für den Wolf¹¹ geschlagen werden muss – als Voraussetzung für Setzen des fertigen Werksteines, ohne ihn zu verkanten und ohne sichtbare Zangenlöcher.

Wie ermittelte man die notwendige Pfeilerdicke?

Die Sockel der Pfeiler sind in ihrer untersten Lage in Ost-West-Richtung und auch in Nord-Süd-Richtung spitz ausgezogen. (Abb. 6) Jeder Pfeiler kann deshalb auf einem Achsenkreuz, welches auf dem zugehörigen Pfeilerfundament eingemessen wurde, exakt positioniert werden.¹²

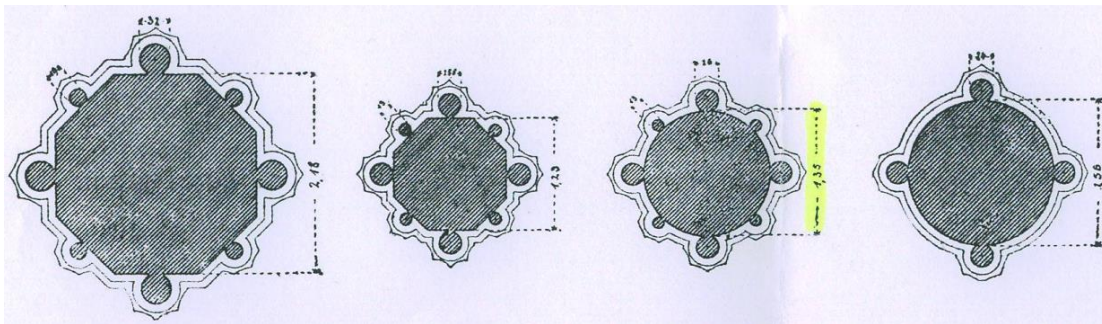


Abb. 6 Pfeilerquerschnitte im Sockelbereich

Den mittelalterlichen Baumeistern muss ein Rechenverfahren zur Verfügung gestanden haben, welches die Querschnittsflächen der Pfeilerschäfte in eine Beziehung setzt zu den Gewölbeflächen, deren Kräfte von den jeweiligen Pfeilern aufgenommen werden müssen. Untersucht werden hier die Vierungspfeiler, sowie die schmalere Rundpfeiler und die schmalere Achteckpfeiler. Über die mächtig dimensionierten Turmpfeiler kann keine Aussage getroffen werden, da nicht bekannt ist, welche Kräfte sie über die Auflast und den Schub der Gewölbe hinaus aushalten sollten.

Die Fläche der Pfeilerquerschnitte einschließlich der Dienste konnte aus den Messwerten ermittelt werden

- Vierungspfeiler: 15,9 f²
- Schmalere Rundpfeiler: 12,54 f²
- Schmalere Achteckpfeiler: 12,4 f²

Als Auflast für jeden Pfeiler werden diejenigen Viertel der Gewölbeflächen betrachtet, die sich mit einer Ecke in der Pfeilermitte treffen. (Abb. 7)

Die Gewölbeflächen sind in den Fußmaßen der Anfangs-Planungsstufe bemaßt. Zur Anfangs-Planungsstufe gehören die drei Flächen 28 f x 28 f, 28 f x 21 f und 20 f x 21 f.

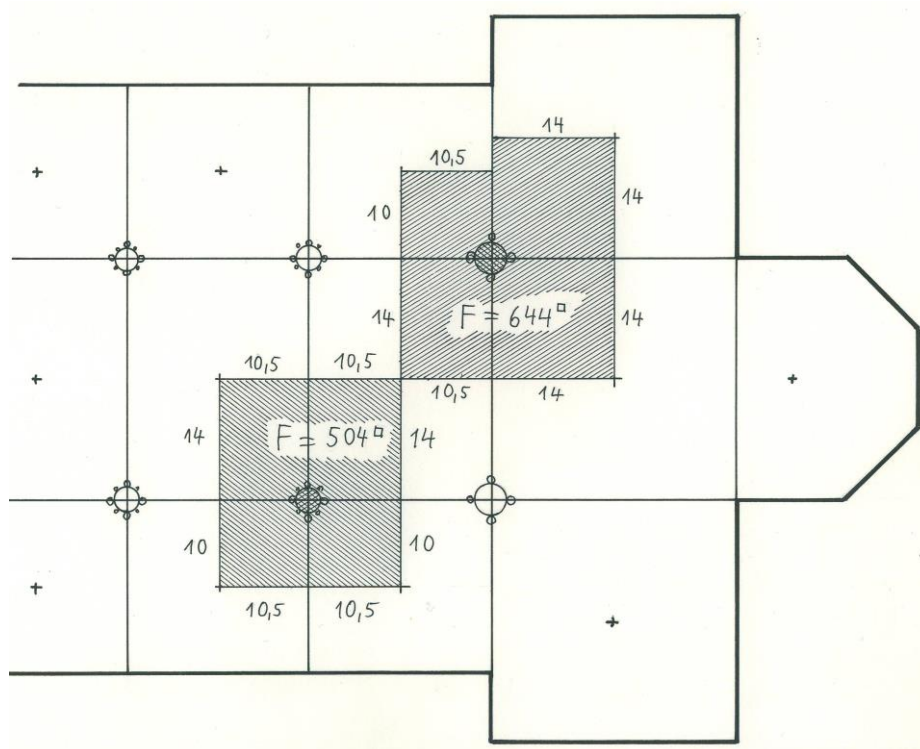


Abb. 7 Gewölbeflächen die einem Vierungspfeiler bzw. einem schmaleren Rundpfeiler zugeordnet sind.

Folgende Flächen werden in Beziehung gesetzt:

$$\begin{aligned}
 \text{Fläche}_{\text{DES VIERUNGSPFEILERSCHAFTS}} &: \text{Fläche}_{\text{DER VIER ZUGEHÖRIGEN GEWÖLBEBIERTEL}} \\
 15,9 \text{ f}^2 &: 632 \text{ f}^2 \\
 1 &: 40,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Fläche}_{\text{DES SCHMALEREN RUNDPFEILERSCHAFTS}} &: \text{Fläche}_{\text{DER VIER ZUGEHÖRIGEN GEWÖLBEBIERTEL}} \\
 12,54 \text{ f}^2 &: 504 \text{ f}^2 \\
 1 &: 40,19
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Fläche}_{\text{DES SCHMALEREN ACHTECKPFEILERSCHAFTS}} &: \text{Fläche}_{\text{DER VIER ZUGEHÖRIGEN GEWÖLBEBIERTEL}} \\
 12,4 \text{ f}^2 &: 504 \text{ f}^2 \\
 1 &: 40,64
 \end{aligned}$$

Die Pfeilerquerschnitte haben bei der Friedberger Stadtkirche etwa die Fläche von einem Vierzigstel der zugeordneten Gewölbefläche.¹³ Es ist gut möglich, dass es sich hier um eine Faustregel handelt, die Pfeilerquerschnitte in Abhängigkeit von der Gewölbefläche zu dimensionieren.

Anmerkungen

¹ An einen Pfeiler angesetzte schmalere Pfeiler bezeichnet man als Dienste. Dickere werden ältere Dienste, dünnere werden jüngere Dienste genannt.

² BELZ, Wilhelm: Der Friedberger Fuß (Schuh) als Maßeinheit beim Bau der Liebfrauenkirche in: Wetterauer Geschichtsblätter, Bd. 17, Friedberg 1968, S. 21,
1 Friedberger Rute = 3,505 m

³ KRATZ, Hubert: Die Stadtkirche in Friedberg, Oberhessen, Festschrift zu deren Wiederherstellung und zu ihrer Neueinweihung am 26. Juni 1901, Friedberg 1901, S. 36

⁴ KRATZ, ebenda

⁵ KRATZ, ebenda

⁶ KRATZ, ebenda

⁷ Der Strahlensatz befasst sich mit Streckenverhältnissen. Im vorliegenden Fall handelt es sich um die Anwendung des 1. Strahlensatzes.

⁸ KRATZ, a.a.O.

⁹ BELZ, Wilhelm, a.a.O., S. 21 bis 27

¹⁰ Reißboden: Aus Brettern zusammengesetzte Fläche, die mit einer Kreide-Leim-Grundierung versehen ist oder ebener Steinboden. Auf dem Reißboden werden Bauteile zeichnerisch konstruiert (= aufgerissen).

¹¹ Wolf: Bezeichnung für ein Hebewerkzeug, welches in eine konische Öffnung des Werksteines geklemmt wird.

¹² KRATZ, ebenda

¹³ Es wird ein Risiko deutlich. Pfeilerquerschnitte und Gewölbeflächen wurden zur Bauzeit einander linear im Verhältnis 1 : 40 zugeordnet. Da aber die Gewölbe nicht nur Auflast sondern auch Schubkräfte verursachen und die Schubkräfte mit zunehmender Spannweite nicht linear sondern exponentiell steigen, konnte hier *eine* Ursache für Gewölbeinstabilität liegen.