

Zeitschrift: Der Münsterausbau in Bern : Jahresbericht
Herausgeber: Münsterbauverein
Band: 2 (1889)

Artikel: Erläuterungsbericht zum Plan über die aus Anlass des beabsichtigten Ausbaues nothwendigen Verstärkungsarbeiten
Autor: Beyer
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-403107>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

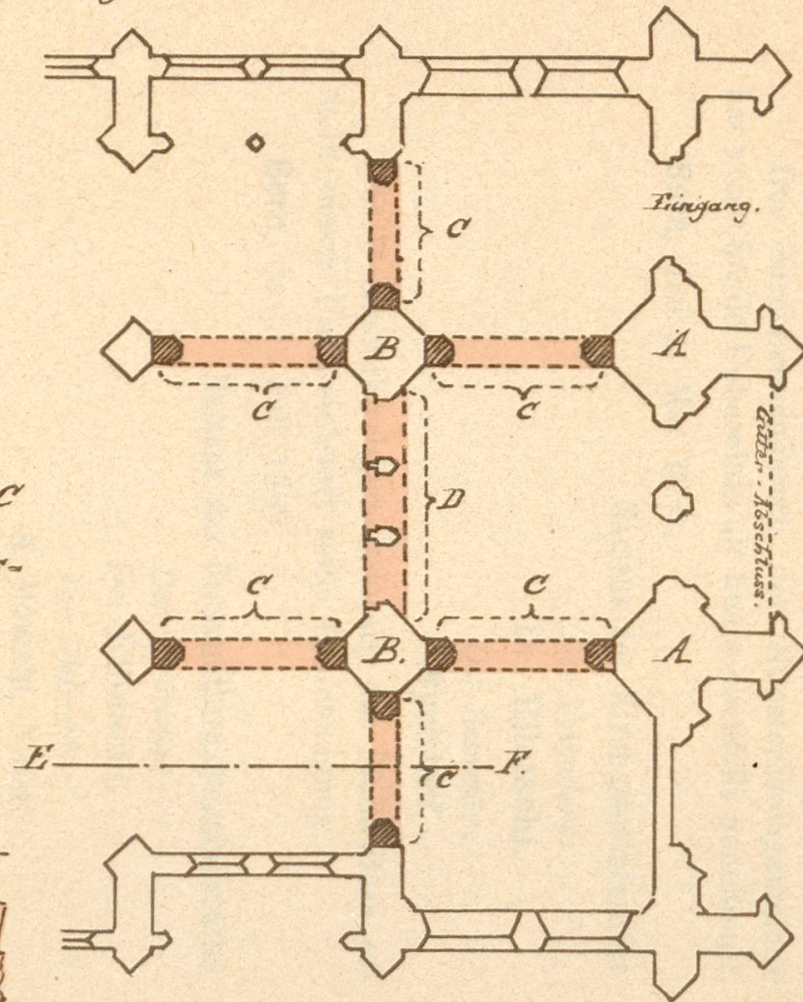
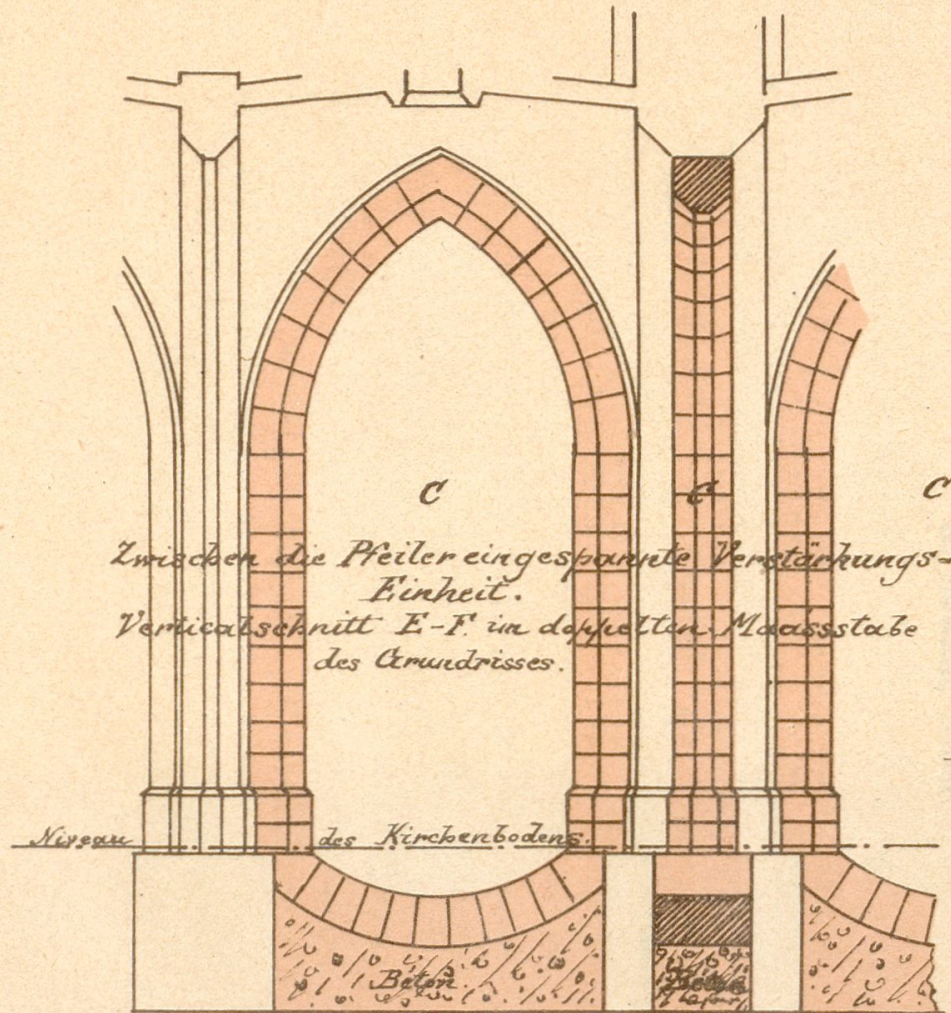
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Anordnung der Verstärkungen des Thurmes.

A. Genügend tragfähige Pfeiler des Thurmes. — B. Zu verstärkende Pfeiler des Thurmes, die Verstärkung wird erreicht durch einbauen von Verstärkungseinheiten C, welche die Last des Thurmes auch auf die zwischen den bestehenden Pfeilerfundamenten befindlichen Bodenflächen übertragen, mit andern Worten, die tragende Grundfläche vergrössern. — C. Zwischen die Pfeiler eingespannte



te Verstärkungseinheiten. — D. Zwischen den Pfeilern B besteht die Verstärkung nur aus einem umgekehrten Bogen zwischen den Fundamenten mit starker Betonlage darunter. —

Erläuterungsbericht

zum

Plan über die aus Anlass des beabsichtigten Ausbaues nothwendigen Verstärkungsarbeiten.

Ein Nachweis an dieser Stelle über die Nothwendigkeit von Verstärkungen am Fundament des Thurms vor dem beabsichtigten Ausbau darf nach den vielen hierüber stattgefundenen Erörterungen als überflüssig erscheinen. Es wird genügen, wenn das Ergebniss dieser vorausgegangenen Verhandlungen, beziehungsweise Verständigungen, in Folgendem in Kürze zusammengefasst und vorangestellt wird:

1) Verstärkungsarbeiten *vor* dem Ausbau des Thurms sind nothwendig.

2) Diese Verstärkungen sollen vorgenommen werden: An der Ost-, Süd- und Nordseite des Thurms, ferner an den an den Thurm anstossenden Bogenöffnungen des Mittelschiffs und der Seitenschiffe. An der Westseite, welche kleinere Oeffnungen und stärkere Pfeiler hat, können sie entbehrt werden.

3) Mit diesen Verstärkungen wird vornehmlich eine Vergrösserung der Bodenfläche der Fundamente, sodann eine Verstärkung der Pfeiler und Bögen an den betreffenden Stellen bezweckt.

4) Die durch den Ausbau des Thurms entstehende Mehrbelastung der Fundamentsohle ist, nach einer auf Grund der vorliegenden, mehrfach und unabhängig von einander angestellten Berechnungen von Herrn Stadtbaumeister Streit und dem Unterzeichneten gemeinsam ermittelten, eher zu hoch als zu niedrig gegriffenen Durchschnittszahl, einschliesslich des Winddrucks, für

jeden der beiden östlichen *Thurmpfeiler* zu 345,000 Kilogramm anzunehmen.

Den nachfolgenden Berechnungen ist diese Zahl zu Grunde gelegt.

Wie oben bemerkt wurde, liegt die Aufgabe vor, vor Allem die *Fundamente* zu verstärken. Die jetzige Belastung des Baugrundes unter den östlichen Thurmpfeilern ist von verschiedenen Seiten übereinstimmend ermittelt worden zu ca. 12 Kilogramm für 1 Quadratcentimeter, bei einer Fläche der Fundamentsohle von 18,9 Quadratmetern. Würde der Ausbau ohne Verstärkungen unternommen, so würde diese Grundbelastung von 12 Kilogramm pro Quadratcentimeter sich erhöhen um $\frac{345000}{184900} = 1,87$ Kilogramm, also um mehr als $\frac{1}{7}$. Da die gegenwärtige Belastung des Baugrundes das als zulässig anzusehende Mass *weit übersteigt*, so ist eine Verstärkung durch Vergrößerung der Fundamentsohle geboten, wodurch eine Verminderung des Druckes auf die Flächeneinheit erreicht werden kann.

In wirksamer Weise lässt sich nun diese Vergrößerung erzielen durch die Konstruktionen, welche in Folgendem näher beschrieben und in Hinsicht auf die darin zur Wirkung kommenden Kräfte untersucht werden sollen.

I. Die Verstärkung der Ostseite (unter dem Orgelbogen), besteht in Herstellung eines zwischen den Fundamentpfeilern des Thurms eingespannten umgekehrten unter dem Fussboden liegenden Bogens — Contrebogens — für welchen an den Fundamentpfeilern Widerlager anzuarbeiten sind.

Um diese Arbeit ausführen zu können, ist es nöthig, einen Theil des steinernen Orgelunterbaus von unten herauf abzubrechen, was nach entsprechender Abspriesung des obern an seiner Stelle bleibenden Theils geschehen kann.

Wenn in den von jedem der östlichen Thurmpfeiler ausgehenden vier Bogenöffnungen die Verstärkungen ausgeführt sind, so ergibt sich für *einen* Pfeiler — weil beide in Abmessungen und Belastung gleich sind, so kann die Untersuchung auf einen sich beschränken — eine Vergrößerung der gedrückten Bodenfläche von $6,12 + 4,32 + 2,48 + 4,72 = 17,64$ Quadratmeter. Mit Einrechnung dieser Vergrößerung misst die Fundamentsohle des Pfeilers $18,49 + 17,64 = 36,13$ Quadratmeter.

Nach erfolgtem Ausbau wird die Belastung des Grundes über diese Fläche von 36,13 Quadratmetern sich erstrecken. Die auf 1 Quadratcentimeter entfallende *Mehrbelastung* berechnet sich hienach zu $\frac{345000}{361300} = 0,95$ Kilogramm. Sie wird daher für das vorhandene Pfeilerfundament nur die Hälfte von den auf Seite 3 berechneten 1,87 Kilogramm betragen.

In Wirklichkeit wird sich die Sache allerdings so gestalten, dass das alte Fundament von 18,5 Quadratmeter zunächst die ganze Last aufnehmen muss und wenn in Folge davon eine weitere Zusammenpressung und Senkung des Grundes eintreten will, werden erst die Verstärkungen in Mitwirkung gezogen.

Es ist möglich, dass der Baugrund die ganze Mehrbelastung aushält und dass die Verstärkungen gar nicht zur Mitwirkung kommen. Am Ulmer Münster scheint dies der Fall zu sein; es ist dort bis jetzt nicht die geringste Spur einer Setzung wahrzunehmen, obwohl von der Mehrbelastung durch den Ausbau wohl mehr als $\frac{9}{10}$ bereits in Wirkung sind. Mit diesem günstigen Fall darf aber, wenn nicht alle Vorsicht ausser Acht gelassen werden soll, nicht gerechnet werden. Wenn aber in Folge des Ausbaues des Berner Thurmes auch weitere Setzungen vorkommen sollten, so können diese nur ganz unbedeutend sein und müssen, sobald die Verstärkungen in Anspruch genommen, alsbald ein Ende nehmen. Auf keinen Fall kann damit irgend eine Ge-

fährdung des Baues im Ganzen oder Einzelnen verbunden sein.

Die Untersuchung des geplanten Contrebogens der Ostseite in Hinsicht auf Inanspruchnahme des Materials ergibt Folgendes:

Der hier auftretende Vertikaldruck setzt sich zusammen:

1. Aus dem Druck, der für die betreffende Stelle durch die Belastung in Folge des Ausbaues entsteht; dieser Druck ist für die Rückenfläche der Bogenhälfte mit $7,2 \text{ m}^2$ oder 72000 cm^2 à $0,95 \text{ kg} = 68400 \text{ kg}$.
2. Aus dem Eigengewicht des Bogens;
dasselbe beträgt $4,2 \times 1,8 \times 0,6 \times 2300 = \dots\dots\dots 10432,8 \text{ „}$
zusammen $\dots\dots\dots 78832,8 \text{ kg}$.
in abgerundeter Zahl $\dots\dots\dots 80000 \text{ kg}$.

Dieser Vertikaldruck von 80000 kg ergibt nach der Mitteldrucklinie für den Contrebogen eine grösste Pressung von 150000 kg und für den kleinsten Querschnitt von $0,96 \text{ m}^2$ desselben pro Quadratcentimeter $150000/9600 = 15,6 \text{ kg}$.

II. Die Verstärkungen der Süd- und Nordseite bestehen in ringförmig geschlossenen Einbauten in die vorhandenen Bogenöffnungen. Da für beide Seiten die Verhältnisse genau gleich liegen, so soll nur die Verstärkung der Südseite, die auf Blatt 3 dargestellt ist, besprochen werden. Der in dieser Konstruktion auftretende Vertikaldruck besteht:

- 1) Wie oben, aus der durch den Ausbau auf diese Stelle entfallenden Belastung. Bei einer Rückenfläche der Contrebogenhälfte von $4,64 \text{ m}^2$ entspricht dies $46400 \times 0,95 = \dots\dots\dots 44080 \text{ kg}$
- 2) Dem Eigengewicht der Bogenhälfte mit
 $3,0 \times 1,6 \times 0,6 \times 2300 = \dots\dots\dots 6624 \text{ „}$
 $\dots\dots\dots 50704 \text{ kg}$

	Uebertrag	50704 kg
3) Dem Eigengewicht des darüber befindlichen Theils des Einbaues, mit $9,6 \times 0,94 \times 0,6 \times 2300 =$		12452 „
	zusammen	63156 kg
in abgerundeter Zahl		64000 kg

Dieser Vertikaldruck von 64,000 kg ergibt für den Contrebogen nach der dargestellten Mitteldrucklinie eine grösste Pressung von 84000 kg und bei einem kleinsten Querschnitt desselben von $0,84 \text{ m}^2$ pro Quadratcentimeter $84000/8400 = 10,0 \text{ kg}$.

Im senkrechten Theil des auf dem Contrebogen ruhenden Einbaues wirkt der zu 64000 kg berechnete Vertikaldruck. Bei einem Querschnitt von $0,564 \text{ m}^2$ ergibt sich pro Quadratcentimeter $64000/5640 = 11,3 \text{ kg}$.

Für den Bogen darüber wurde derselbe ermittelt zu 12,2 kg.

Bei Ausführung dieser Verstärkungen müssen die gegen das südliche und nördliche Seitenschiff gerichteten Seiten des Orgelunterbaues abgetragen und später wieder eingebaut werden.

III. Die Verstärkungen der an den Thurm anstossenden Bögen des Mittelschiffs auf der Süd- und Nordseite bestehen in gleicher Weise, wie die eben besprochenen, aus ringförmig geschlossenen Einbauten. Aus dem vorhin angegebenen Grunde wird nur diejenige der Südseite besprochen.

Der gesammte Vertikaldruck ist hier ermittelt worden zu rund 72000 kg; die grösste Pressung im Contrebogen zu 104000 kg.

Die Inanspruchnahme des Materials: für den Contrebogen pro Quadratcentimeter zu 12,4 kg; für den Pfeiler darüber pro Quadratcentimeter zu 12,5 kg; für den Bogen pro Quadratcentimeter zu 15,3 kg.

IV. Die Verstärkungen in den an den Thurm anstossenden Bögen der Seitenschiffe. Auch bei diesen soll der ringförmig geschlossene Einbau, für den Bogen im südlichen Seitenschiff, dargestellt auf Blatt 2, zur Anwendung kommen.

Der ermittelte Vertikaldruck beträgt . . . 46000 kg.

Die grösste Pressung im Contrebogen . . . 59000 „

Bei 0,7 m² Querschnitt pro Quadratcentimeter

$\frac{59000}{7000} =$ 8,4 „

Für den Pfeiler darüber pro Quadratcentimeter 9,6 „

und für den Bogen pro Quadratcentimeter 10,9 „

Nach diesen Untersuchungen wäre der grösste in den geplanten Verstärkungsstrukturen auftretende Druck etwa 16 Kilogramm pro Quadratcentimeter, für welchen die besseren der am Thurm bisher verwendeten Sandsteine vollkommen genügen würden. Es muss nun aber gleich bemerkt werden, dass die berechneten Zahlen, wie sie aus der zur Anwendung gekommenen Art der Untersuchung sich ergeben, keineswegs als absolut zuverlässige und der Wirklichkeit ganz entsprechende angesehen werden dürfen. Es ist möglich, darf aber nicht ohne Weiteres als für alle Fälle zutreffend angenommen werden, dass die Mehrbelastung in so gleichmässiger Vertheilung auf die vergrösserte Fundamentfläche wirkt, wie dies bei unserer Berechnung vorausgesetzt worden ist. Man wird gut daran thun, den sehr wahrscheinlichen Fall in's Auge zu fassen, dass der Druck auf die Verstärkungsstrukturen nicht durchaus gleichmässig erfolgt, dass einzelne Theile derselben viel stärker, andere dagegen wieder weniger in Anspruch genommen werden, als nach der Rechnung der Fall sein sollte. Allein selbst wenn der nach meiner Ansicht ungünstigste Fall einträte, dass der berechnete grösste Druck nahezu auf das Doppelte, auf ca. 30 kg pro Quadratcentimeter gesteigert würde, so wäre die Sache noch in keiner Weise bedenklich, wenn das verwendete Material hinreichende Druck-

festigkeit besitzt. Die Steine von St. Margarethen zum Beispiel, welche eine mittlere Druckfestigkeit von 450 Kilogramm per Quadratcentimeter haben, würden hiebei noch eine etwa 15fache, also eine mehr als ausreichende Sicherheit bieten. Für alle Fälle jedoch wird es sich empfehlen, einen Stein, der diese Druckfestigkeit hat, zu verwenden.

Immerhin darf, was die angestellten Untersuchungen und Rechnungen betrifft, gesagt werden, dass sie gestatten, einigermaßen sichere Anhaltspunkte zur Beurtheilung der geplanten Konstruktionen zu gewinnen und dass sie geeignet sind, auch den erfahrenen mit sicherem Blick und Gefühl für Konstruktionen begabten Meister darin zu unterstützen.

Der Werth und Nutzen der fraglichen Verstärkungen ist sodann in hohem Masse abhängig von ihrer Ausführung. Letztere muss unter Anwendung grösster Sorgfalt und Pünktlichkeit geschehen. Es muss besonders darauf geachtet werden, dass der Anschluss der Verstärkungen an die alten Theile des Baues durchaus *möglichst dicht* erfolgt, so dass bei der geringsten weiteren Setzung die neuen Theile sofort mit den alten in Anspruch genommen werden müssen. Ein dichter Anschluss des Contrebogens der Ostseite an die Fundamentmauern der Thurmpfeiler und der grösste später auftretende Druck im Bogen selbst kann durch Verkeilung der beiden Kämpferfugen erreicht werden. Ebenso sind die Schlusssteine der oberen Bögen der ringförmig geschlossenen neuen Einbauten gegen die Schlusssteine der alten Bögen zu verkeilen.

Die zu verwendenden kräftigen Keile wären hienach je 60 cm lang, an einem Ende 2,5 cm, am andern etwa 1,5 cm dick, so dass sie nach der Eintreibung zusammen die Dicke von 4 cm hätten. Die betreffenden Steinfugenflächen müssen in durchaus parallelem Abstände genau eben bearbeitet sein. Damit aber die Keile den nicht

ganz zu vermeidenden Ungenauigkeiten der Steinfugenflächen sich möglichst anpassen können, so sind zwischen Stein und Keil Bleiplatten einzulegen. Aus dem gleichen Grunde empfiehlt es sich, die Keile selbst nicht zu breit zu nehmen; in Ulm hat sich hiefür eine Breite von circa 10 cm bewährt. Diese Keile sind aus Schmiedeisen mit genau gehobelten Fugenflächen hergestellt und vor der Verwendung gut gefettet worden. Um das Schräglaufen beim Eintreiben zu verhüten, ist an den einander zugekehrten Flächen der Keile je eine kleine Vertiefung ausgehobelt und in diese ein Draht eingelegt worden.

Da bei dem unter dem Fussboden liegenden Contrebogen der Ostseite ein Rosten des Eisens zu befürchten ist, so wird es sich empfehlen, hier ein dem Roste weniger unterworfenen Metall, also etwa Kupfer, zu verwenden. Die über dem Boden befindliche Verkeilung kann aus Eisen hergestellt werden.

Durch die Einbauten in die Bogenöffnungen des Mittelschiffs und der Seitenschiffe wird sodann eine wesentliche und an diesen Stellen besonders nothwendige Verstärkung der durch die frühern Senkungen des Thurms beschädigten Pfeiler und Bögen auf eine sichere und zuverlässige Weise erreicht.

Was die Reihenfolge betrifft, in welcher die Verstärkungsarbeiten zur Ausführung kommen sollen, so ist hiebei hauptsächlich in Betracht zu ziehen :

- 1) Die Rücksicht auf die grösstmögliche Sicherung des bestehenden Thurms über die Zeit der Ausführung;
- 2) Die Rücksicht darauf, dass die Benützung der Kirche während dieser Zeit möglichst wenig gehindert wird.

Von diesen beiden Gesichtspunkten ausgehend, wird der auf der Beilage zur Anschauung gebrachte Arbeitsplan aufgestellt.

Die Ausführung soll in vier Abtheilungen erfolgen:

Erste Abtheilung.

„Beginn der Arbeiten mit der Ausführung der Verstärkungen auf der Süd- und Nordseite des Thurms.“

Dabei müsste die Thurmhalle auf der Süd-, Ost- und Nordseite mit circa 10 Meter hohen Bretterwänden gegen den übrigen Kirchenraum abgeschlossen werden. Der Zugang zur Baustelle geschieht durch das Hauptportal.

Zweite Abtheilung.

„Ausführung der Verstärkungen im südlichen Seitenschiff und am Bogen des Mittelschiffs auf der Südseite.“

Der Zugang der mit Bretterwänden abzuschliessenden Baustelle erfolgt durch das südliche Seitenportal.

Dritte Abtheilung.

„Ausführung der gleichen Verstärkungen auf der Nordseite.“

Die abzuschliessende Baustelle ist durch das dort befindliche Seitenportal zugänglich.

Vierte Abtheilung.

„Ausführung der Verstärkung der Ostseite.“

Mit Rücksicht darauf, dass bei Ausführung dieser Verstärkung wegen des Anarbeitens der Kämpferfugen ein Eingriff in die Thurmpfeiler und damit eine vorübergehende Schwächung derselben nicht zu vermeiden ist, wird dieser Theil der Arbeiten zweckmässiger Weise zuletzt vorgenommen. Dabei ist mit ganz besonderer Vorsicht vorzugehen, was dadurch geschehen kann, dass der Anschluss des Bogens nicht gleich in der ganzen Breite, sondern zunächst am mittleren Drittel erfolgt. Ist die Verkeilung dieses ersten Drittels vorgenommen, so kann in gleicher Weise mit dem zweiten Drittel verfahren werden und zuletzt das dritte an die Reihe kommen.

Der für die Vollendung der Verstärkungen nöthige Aufwand an Zeit lässt sich der Natur solcher Arbeiten gemäss nicht genau vorausbestimmen, doch wird angenommen werden dürfen, dass die Vollendung, wenn alsbald begonnen wird, gegen die Mitte des Jahres 1890 erfolgen kann.

Ulm, im Februar 1889.

Beyer, Münsterbaumeister.