

Das Münster in Bern: zum 500-jährigen Gedenktage seiner Grundsteinlegung

Autor(en): **Indermühle, Karl**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **77/78 (1921)**

Heft 2

PDF erstellt am: **18.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-37291>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

liegen (Querkraftebene, Lastebene). Zweitens aber ist die Behauptung auch unter dieser so berechtigten Voraussetzung falsch, indem bei Belastung im Schwerpunkt des $\perp$ -Eisens Verdrehung ebenfalls stattfinden muss, da der Schubmittelpunkt etwa im Schnittpunkt der Innenflächen der Schenkel, somit in einer anderen Vertikalen liegt als der Schwerpunkt.

*

Beide genannten Autoren betonen die *Notwendigkeit der Ausführung von Versuchen* und es ist zu hoffen, dass solche bald ausgeführt werden, nachdem diese Fragen nun schon seit einem Dutzend von Jahren aufgeworfen sind. Denn es geht nicht an, solche Unklarheiten über eine Grundfrage der Statik fortbestehen zu lassen. Die Versuche dürften bestätigen:

1. *Dass alle Querschnittformen dem klassischen Biegesetze gehorchen, sofern Biegemomente allein auftreten.*

2a. *Dass beim Hinzutreten einer Querkraft ein bestimmtes normales Spannungsdiagramm sich bei jeder Querschnittsform zeigen wird, wenn die zur Stabaxe parallele Querkraftebene parallel ist zur Verbindungslinie von Zug- und Druckmittelpunkt des Diagrammes und durch dessen Schubmittelpunkt geht.*

2b. *Dass bei paralleler Verschiebung dieser Querkraftebene für jede Querschnittsform partielle Ausbiegungen und Verdrehungen stattfinden proportional zum Mass der Verschiebung.*

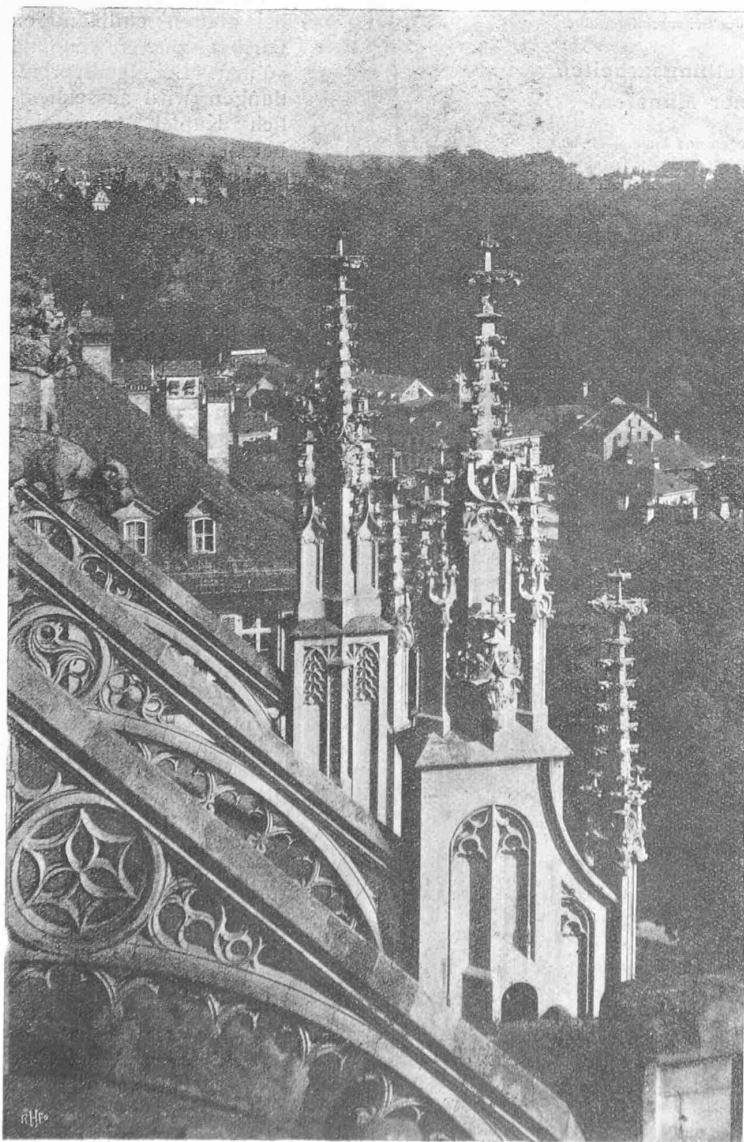


Abb. 6. Neues Strebenwerk und Fialen an der Südseite des Berner Münsters.

Für Fall 2b, dessen rechnerische Behandlung in exakter Weise bis jetzt nicht gelungen ist, werden die Versuche die Koeffizienten zur Spannungsermittlung liefern können.

Es wäre wünschenswert, die der Biegung zu unterwerfenden Stäbe auch auf reine Drehung zu untersuchen, um die der Ausbiegung allein eigenen Deformationen aus den Biegeversuchen ableiten zu können.

Genf, den 24. Juni 1921.

R. Maillart, Ing.

Das Münster in Bern.

Zum 500-jährigen Gedenktage seiner Grundsteinlegung.

Von Münsterbaumeister Karl Indermühle, Architekt in Bern.

(Fortsetzung von Seite 8.)

Mehr als Bauwerke anderswo hat das Berner Münster unter der unverhältnismässig starken Verwitterung des zu seinem Baue verwendeten Steinmaterials gelitten. Für die glatten Teile kam ein gelb-grauer und für die profilierten Teile ein feinkörniger blauer Bernersandstein zu Verwendung. Beide Arten weisen aber, wie der Bernersandstein überhaupt, einen starken Lehmgehalt auf, der die Absandung und Abblätterung leicht ermöglicht. So litten besonders alle freistehenden, feinen Einzelteile. Ein weiterer Uebelstand, der dem Bauwerk zusetzte, zeigte sich bei den Metallverbindungen, für die in Form von Dübeln, Klammern und Schlaudern Eisen verwendet wurde. Durch die leichte Wasseraufnahme des Steines wurden diese Eisenteile feucht, gelangten zum Rosten und durch die mit dem Rosten verbundenen Volumenvergrößerung wurden die Steine zersprengt.

So kam es, dass nach der Vollendung des Turmes der Münsterbauhütte noch reichlich Arbeit harrete, die rasch zur Ausführung kommen musste, wenn nicht die bestehenden Mängel dem Bauwerk zum wachsenden Schaden werden sollten. Während bei andern Baudenkmälern aus jener Zeit bei Restaurationen in der Regel die Originalarbeit zu ersetzen ist, befanden wir uns beim Berner Münster in der unangenehmen Lage, in den meisten Fällen erste und zweite Wiederholungen ersetzen zu müssen (Abb. 5, S. 21). So sind die Strebebogen nun die dritte Neuherstellung, ebenso die Treppentürmchen und Strebepfeiler am Turmviereck. Bei den Dachgalerien fanden wir die dritte Erstellung vor, sodass unsere Arbeit die vierte darstellt. Die mehrfache Erneuerung hätte für uns wenig zu bedeuten, wenn bei jeder Erneuerung die ursprüngliche Form gewissenhaft festgehalten worden wäre. Die Meister des XVII. und XVIII. Jahrhunderts gefielen sich aber darin, ihr eigenes Formgefühl in die vorhandenen gotischen Formen zu mischen, und durch veränderte Profilierung, Zeichnung und Plastik dem neuen Werkteil auch einen neuen Ausdruck zu geben. Dies ergab verschiedentlich recht interessante Formbildungen, die die gotischen Grundformen deutlich erkennen liessen, in den Einzelheiten aber barockisiert waren. Bei unsern Arbeiten trachteten wir darnach, die ursprünglichen Formen wieder aufleben zu lassen (Abb. 6 bis 8). In den meisten Fällen gelang es, wenn auch heute dies und das nicht das volle Eindringen in den Geist der Erstellungszeit verrät.

Um dem Verwitterungsschaden besser entgegen zu wirken, werden seit dem Bestehen der neuen Bauhütte alle exponierten Teile, wie Fialen, Masswerke usw. aus Obernkirchner-Sandstein hergestellt. Dieser Stein wird in den Bückeburger-Bergen gebrochen und darf wohl als der dauerhafteste Sandstein angesehen werden. Leider wirkt er in der Farbe etwas hart und erreicht

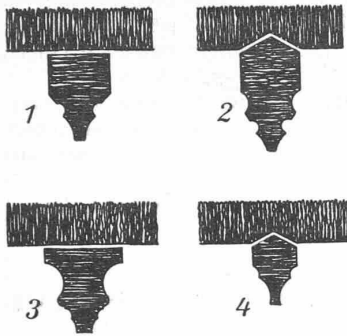


Abb. 9. Rippenausbildung: 1. Seitenschiffe, 2. Mittelschiff, 3. Chor, 4. Kapellen.



Abb. 11. Detail der Seitenschiffgewölbe.

Wiederherstellungsarbeiten am Berner Münster.

Abb. 8. Strebebogen und Fiale. — 1:60.

Nach einer Originalzeichnung
Karl Indermühle,
Münsterbaumeister.

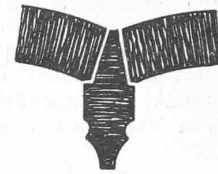


Abb. 10. Normale
Rippen-Ausbildung.

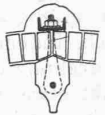


Abb. 13. Führung
der kleinen Profile.
Masstab 1:30.

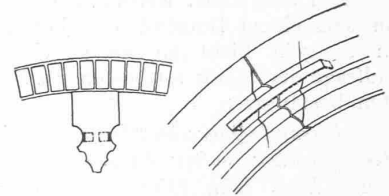
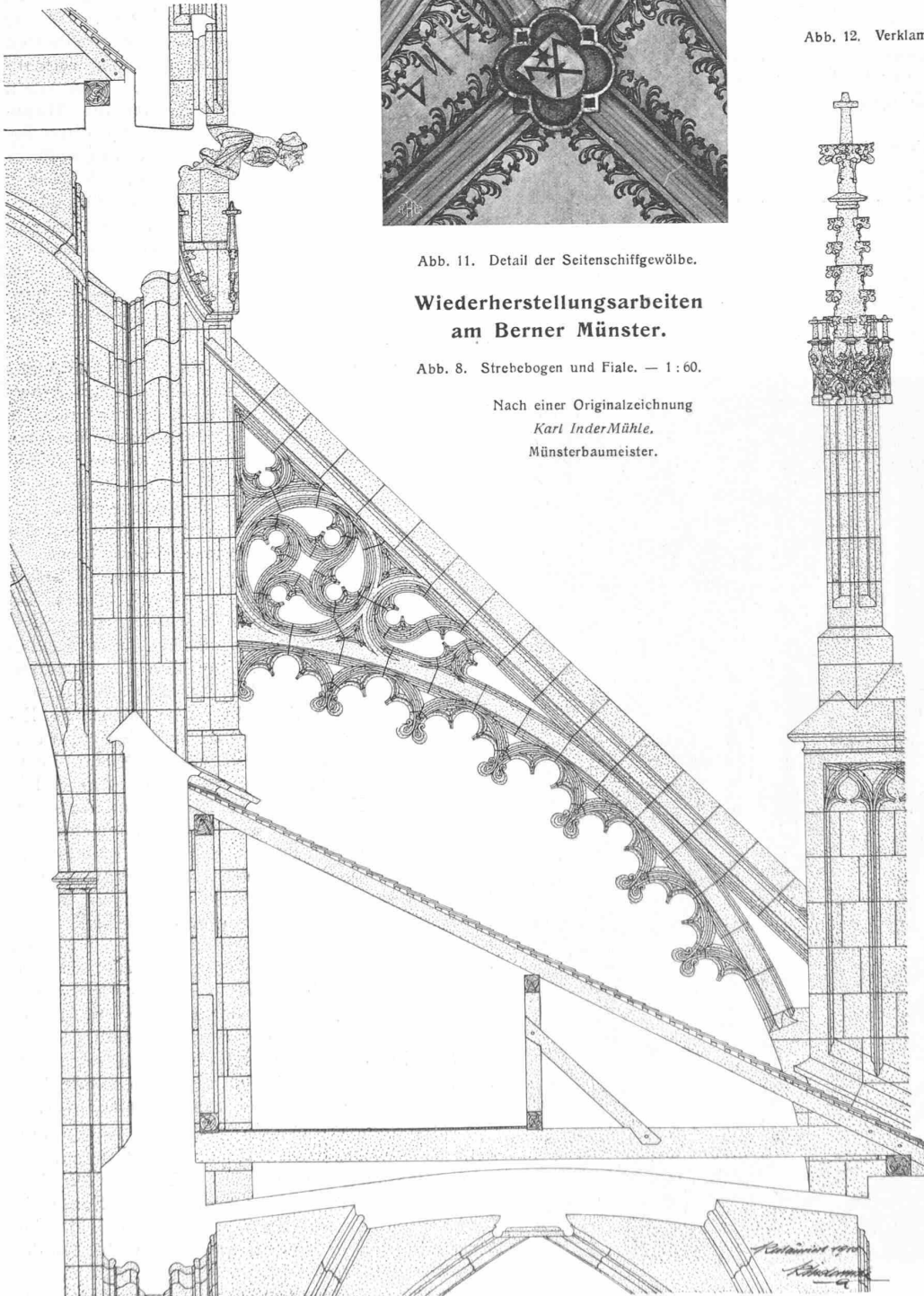


Abb. 12. Verklammerung der grossen Profile, 1:30.



auch bei guter Patinierung den weichen Ton des Bernersandsteins nicht. Für glatte Gesimsteile wird der Sandstein von Aegeri verwendet, während der Bernerstein nur bei glatten einhäutigen Partien zur Anwendung kommt. Bei Metallverbindungen wird ausschliesslich Kupfer verwendet, bei dem man die Sprengwirkung des Eisens nie beobachtet hat.

Bei unsern bisherigen Wiederherstellungsarbeiten trachteten wir darnach, alle Abdeckungen zu sichern und das Eindringen von Wasser zu verhindern. Deshalb wurden nach und nach alle Galerien, ein Teil der Fensterbänke, die Mauerabdeckungen und Ueberschlagsgesimse in bestem Material, wo nötig mit übersetzten Fugen, erneuert. Ferner bedingte die Sicherheit des Bauwerkes die Erneuerung schadhafter und baufälliger Teile. Aus diesem Grunde wurden sämtliche Chorfenster, ein Teil der Hochschiffenster, sämtliche Galerien, ein grosser Teil der Fialen, Einfassungen und Skulpturen neuerstellt, nachdem am Viereck die Treppentürmchen und Strebepfeiler schon mit dem Turmbau ausgewechselt worden sind.

Eine andere in sich geschlossene Arbeit stellt die Sicherung der Gewölbe und ihrer Strebe-
werke dar. Bei einer gründlichen Untersuchung

Von der Wiederherstellung des Berner Münsters.

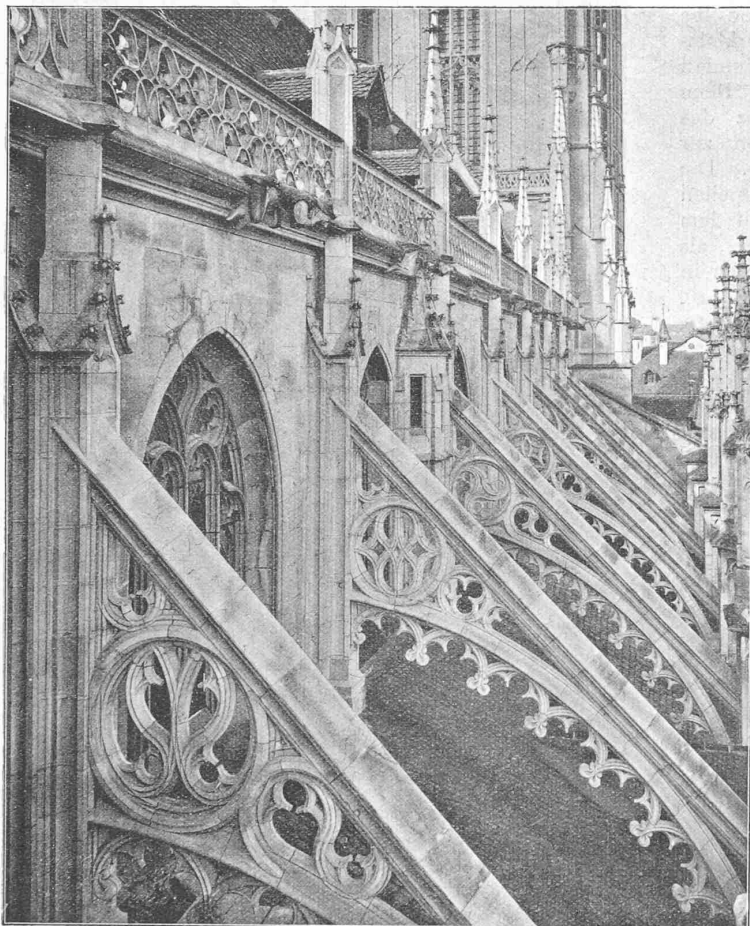


Abb. 7. Neue Strebebogen an der Nordseite des Münsters in Bern.
Münsterbaumeister Karl Indermühle, Architekt in Bern.

und Masskontrolle entdeckten wir, dass in diesen heiklen Bauteilen bedenkliche Schäden bestanden, die zu einer Katastrophe hätten führen können, wie sie ähnlich von französischen Kirchen gemeldet worden sind. Infolge des ungenügenden Materials versagten die Strebebogen über den Seitenschiffen. Sie bogen sich unter dem starken Schube des schweren Gewölbes aus, die Hochschiff- und Chormauern wichen gleichzeitig nach aussen und die Gewölbe selbst sackten ein. Die grösste Ausweichung betrug in beiden Mauern gemessen 18 cm. Durch die Deformierung des Hochschiffes ergaben sich auch Veränderungen in den Seitenschiff-Gewölben. Eine weitere Ursache der Schädigungen der Gewölbe entdeckten wir in der Art der neuen Heizung des Münsters, der 1897 eingebauten Feuerluftheizung mit Rückluftkanälen. Diese Heizung ermöglicht nur eine natürliche Luftbewegung, was zur Folge hat, dass in den Gewölben Temperaturen

von 40 bis 45° abgelesen werden können, wenn in Sitzhöhe über dem Fussboden erst etwa 8° erreicht werden. Durch diese starke Erwärmung der Gewölbe wurden die Rippen spröde und nahmen an Volumen ab.

Damit alle ungünstigen Momente sich vereinen, stellte sich noch heraus, dass sämtliche Gewölbe mit sporenlosen Rippen konstruiert waren (Abb. 9). Im mittelalterlichen Gewölbebau mit Steinrippen und Backsteinkappen war es sonst üblich, durchgehende Sporen stehen zu lassen, die den Gewölbekappen als Widerlager dienten (Abb. 10). Die grossen Gewölbe des Berner Münsters dagegen bestehen aus zwei besonderen Gewölben. Einmal bilden die steinernen Rippen eine eigene Konstruktion, und dann wieder das Backsteinmauerwerk eine eigene, von Mauer zu Mauer gespannte Schale, die beide nur durch einen Fugenguss verbunden sind. Die kleinen Gewölbe zeigen ähnliche Konstruktion, nur sind sie je nach der Grundform in Kreuze oder Netze zerlegt (Abb. 11). In sämtlichen Gewölben der Rippen fanden wir auch weder Dübel Schlaudern.

Die Backsteingewölbe nun senkten sich verhältnismässig elastisch mit wenig Rissbildungen, während die Rippen, infolge der Volumenverminderung eine erheblich grössere Senkung aufwiesen, sodass sie sich von den Backsteinen lösten. In den Gewölbescheiteln waren Fugen zwischen Rippe und Backstein bis zu 6 cm zu beobachten. Durch die veränderte und nun ungleichmässige Pressung, namentlich in den Fugen, entstanden Risse, die vielerorts durch das ganze Rippenprofil gingen. Besonders gefährlich sah die Sache aus bei den grossen Wappen-Schlusssteinen im Mittelschiff, die ein Gewicht von 1500 bis 2000 kg aufweisen.

Wir sanierten die Verhältnisse durch die Neuerstellung der Strebebogen von Joch zu Joch und die gleichzeitige Festigung der dazwischen-

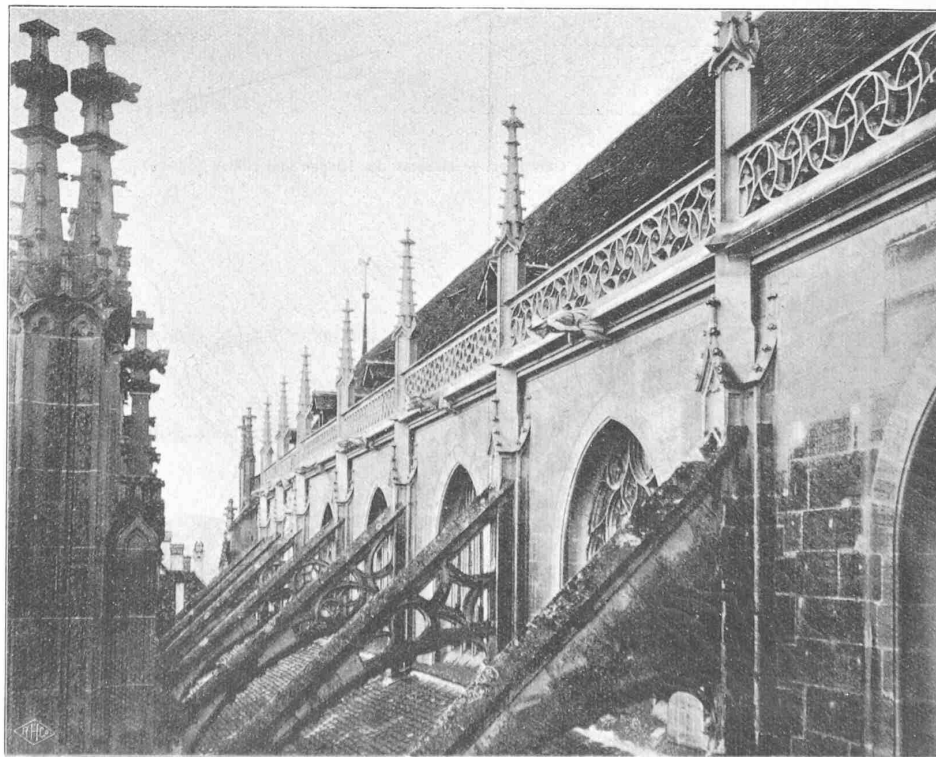


Abb. 5. Altes Strebenwerk und neue Galerien auf der Nordseite des Münsters in Bern.

liegenden Gewölbefelder. Diese Arbeit dauerte während mehrerer Jahre bis 1914 und erfasste sämtliche Strebebogen und alle Gewölbe. Die Sicherung der Gewölbe geschah bei den grossen Rippenprofilen durch Verklammerung der Fugen, nachdem Stücke mit durchgehenden Rissen vorher ersetzt worden waren (Abb. 12). Beim grossen und besonders gewichtigen Schallockkranz des Chorgewölbes kamen Träger aus armiertem Beton zur Ausführung, an die der Kranz aufgehängt wurde. Die kleinen Rippenprofile der Seitenschiffe und der Kapellen vertrugen eine Verklammerung nicht. Hier wurde auf dem Backsteingewölberücken die Rippenfigur mit $\square$ -Eisen, als neues tragendes Element nachgebildet und die Rippen in den Fugen mit Bolzeisen aufgehängt (Abb. 13, S. 20). Alle Fugen wurden sorgfältig ausgekratzt und neu vergossen. Gleichzeitig restaurierten wir die Schlusssteine und die Gewölbemalereien (Abb. 14).

Neben diesen Arbeiten, die mehr die Aufgabe erfüllten zu sichern und zu erhalten, kamen eine Reihe von Restaurationen zur Ausführung aus Freude und Interesse an der Sache. So wurde die Kanzeltreppe wieder hergestellt, das Hauptportal in seiner Bemalung und in den beschädigten Teilen der feinen Architektur und Plastik erneuert und restauriert. Erneuert wurden ferner eine Reihe von kleinen Architekturstücken, wie die Schultheissen-Pforte, der Wapenfeiler, die Kinderbeterinnen-Pforte usw., um die Formen zu erhalten, ehe sie unkenntlich geworden wären.

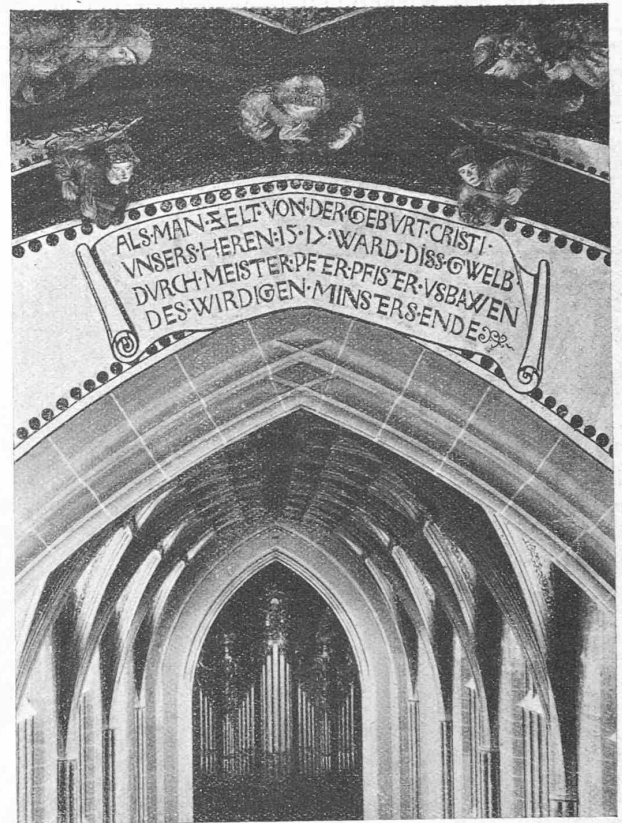


Abb. 14. Blick vom Chor ins Mittelschiff des Berner Münsters.

Restauriert wurden auch das Innere der Sakristei, die Glasmalereien, das Zähringerdenkmal und andere kleine Teile des Bauwerks. (Schluss folgt.)

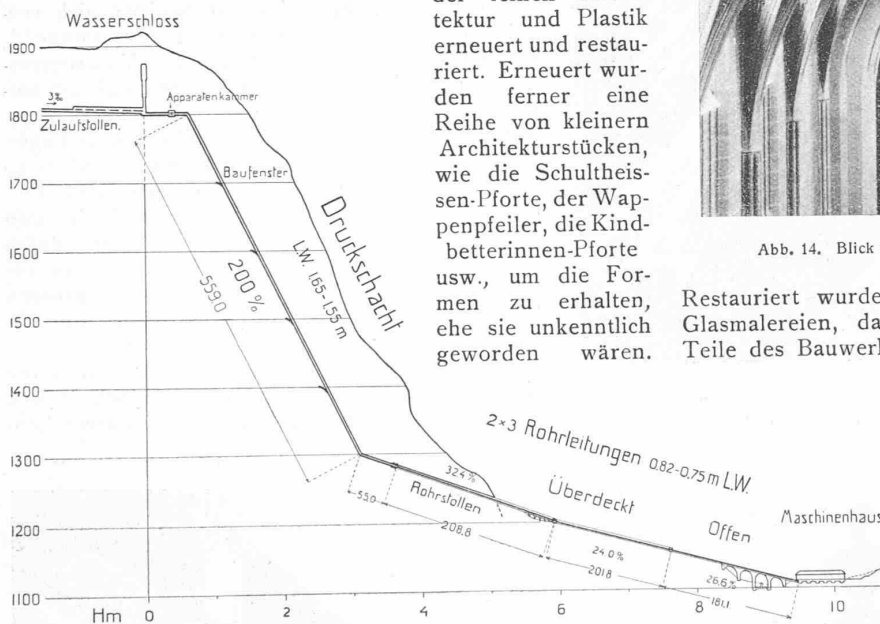


Abb. 13. Längenprofil des Kraftwerkes Gutannen. — Masstab der Längen und Höhen 1:10 000.

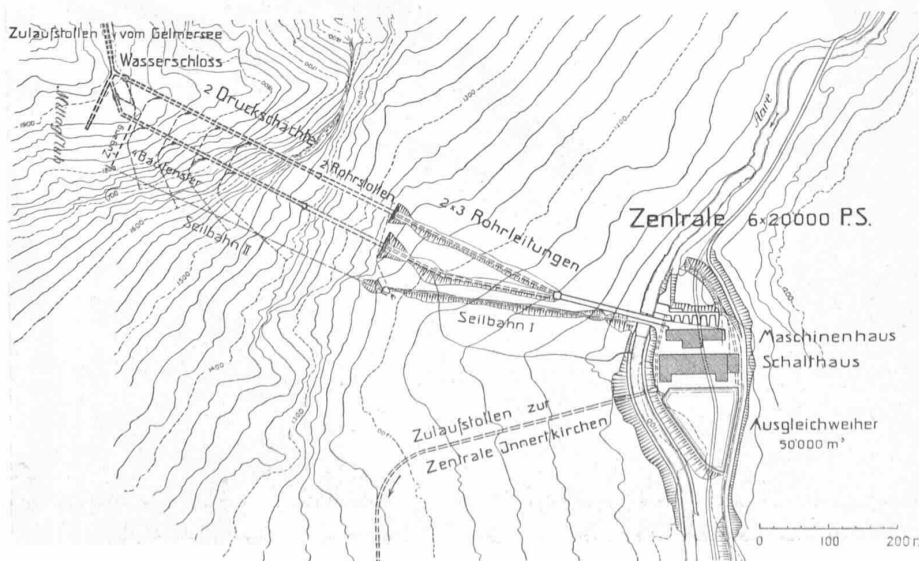


Abb. 12. Situationsplan des Kraftwerkes Gutannen. — Masstab 1:10 000.

Die Kraftwerke Oberhasle gemäss den Projekten der B. K. W.

(Schluss von Seite 6)

Das Kraftwerk Guttannen.

Der Zulaufstollen zum Wasserschloss dieses Kraftwerkes erhält in seiner Fassung im Felsinnern nächst dem Gelmersee Doppelrechen und Abschlusschütze eingebaut. Er ist 3890 m lang, hat einen Querschnitt von 5,19 m² und soll maximal 15,5 m³/sek fördern können (Abbildung 9 auf Seite 5).

Das Wasserschloss liegt in der Mittagsfluh, etwa 700 m über dem Talboden des Grünwaldes. Es hat eine dem Ende des Zulaufstollens überlagerte Ausgleichkammer von 1200 m³ Inhalt, einen Vertikal-schacht von 5 bis 7 m Durchmesser und 75 m Höhe, mit oberer horizontaler Wasserkammer, auf dem Niveau des Gelmersee-Stauspiegels mit insgesamt rund 1500 m³ Nutzvolumen (Abbildungen 12 u. 13).

Vom Wasserschloss zweigen zwei Druckschächte ab, die mit 200% Neigung im Felsen talwärts gehen und mit Blechröhren von 1650 bis 1550 mm Durchmesser ausgefüllt werden. Für den Bau sind in

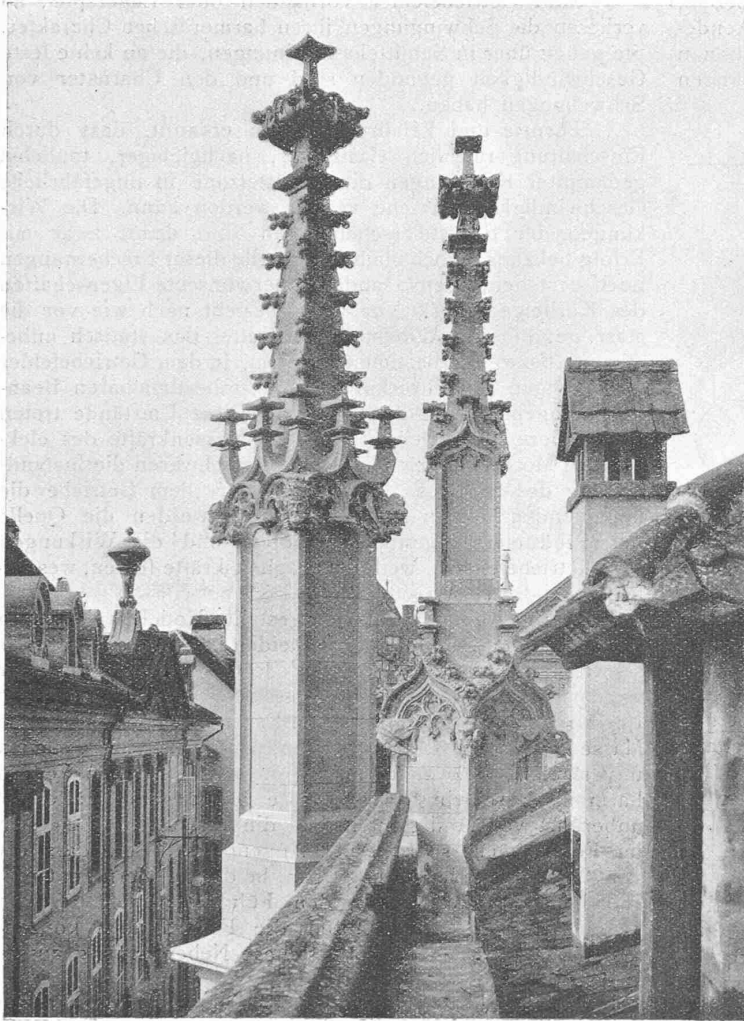


Abb. 4. Neue Fialen an der Südwestecke des Berner Münsters.

Die Störungswirkungen von Lagerspielen können durch ein Dreifedersystem mit drei um je 120° verschobenen Exzentern gemildert werden, indem in diesem Fall stets mindestens zwei Federn tragen. Ein Vier- oder Sechshephasensystem verbessert sinngemäss noch weiter die Gleichmässigkeit der Eingriffsverhältnisse und damit die Mittelkraft des Systems.

Die Gleichwertigkeit dieses Ersatzmodells mit dem Kurbelgetriebe besteht noch in weiterem Belange. Sind zwei Federn vorhanden, so ist jede für die volle Massenkraft zu bemessen. Im Dreiphasensystem ist eine Feder mit $\frac{2}{3} P$ und im Vierphasensystem mit $\frac{1}{2} P$ beansprucht. (Schluss folgt.)

Bemerkungen zur Frage der Biegung.

Im „Bauingenieur“ erschien am 30. April d. J. eine Abhandlung von Wirkl. Geh. Oberbaurat a. D. Dr. Ing. Dr. Zimmermann über das gleiche Thema, dass meine Ausführungen vom selben Tage in der „S. B. Z.“ (Bd. LXXVII, Seite 195) betraf. Der Versuch, die Spannungen unter Einwirkung der Ausbiegung und des Drehwiderstandes zu bestimmen, wird nicht gemacht, da er beim gegenwärtigen Stand der Theorie aussichtslos sei. Deshalb begnügt sich Zimmermann mit der Behandlung der Grenzwerte, gegeben durch die Annahmen, der Drehwiderstand sei Null oder unendlich gross.

Auch Zimmermann findet, zwar auf etwas weniger direktem Wege, dass normale Durchbiegung (ohne Ausbiegung) des $\square$ -Eisens eintritt, wenn die Belastung in einem gewissen Abstand vom Steg stattfindet. Der von ihm dafür

gefundene Wert stimmt mit dem von mir angegebenen überein, sofern man die Vertikalkomponenten der Schubspannungen in den Flanschen vernachlässigt.

Zimmermann kommt indes nicht dazu, die heute zu Unrecht zur Geltung gekommene Anschauung über das prinzipiell verschiedene Verhalten symmetrischer und unsymmetrischer Querschnitte fallen zu lassen. Auch ist für die ganze Auffassung der Sache bemerkenswert, dass er die wichtige Voraussetzung über die Stelle der Ebene, in der der $\square$ -Balken belastet gedacht wird, nicht ausspricht. Man kann nur aus den Weiterungen schliessen, dass stegrechte Belastung angenommen ist. Dies von vornherein als selbstverständlich anzunehmen, geht aber nicht an, da die Meinung herrscht, der Schwerpunkt spiele hier eine Hauptrolle.

Alle bekannten Lehrbücher der Statik leisten nämlich dieser Meinung Vorschub, sofern sie auf diesen Punkt näher eintreten. W. Ritter in seiner „Graphischen Statik I“, nachdem er die Gesetze der Verteilung der Schubspannungen auf dem notwendigen „Umweg“ des Biegeprinzips (S. 62) ermittelt, bietet schliesslich eine Darstellung des Verlaufes der Schubspannungen (S. 69). Dass aber die in seiner Figur durch den Schwerpunkt gehende Kraft Q nicht nur der Grösse und Richtung, sondern auch dem Angriffspunkte nach die Resultierende der Spannungen ist, wird nicht nachgewiesen und kann auch nicht nachgewiesen werden, da es eben nicht allgemein zutrifft. Es ist indes anzunehmen, dass Ritter, der für seine Ausführungen „keinen Anspruch auf absolute Richtigkeit macht“ (S. 51), nicht an ganz unregelmässige Querschnitte dachte, unter welcher Einschränkung diese Unstimmigkeit nicht allzugrosse praktische Bedeutung erlangt. Dass ein feststehender Irrtum entstand, fällt also weniger zu Ritters, als zu unseren Lasten, die wir nur zu leicht geneigt sind, das von Geistesgrössen Gebotene kritik- und vorbehaltlos anzunehmen und übertrieben zu verallgemeinern. —

Inzwischen habe ich auch von den von Bach erwähnten Ausführungen von Regierungsbaumeister Sonntag („Biegung, Schub und Scherung“, Berlin 1909) Kenntnis genommen. Er behandelt einen unregelmässigen Querschnitt (Wange aus Stahlguss) und dann $\square$ - und $\square$ -Profile auf Grund der beim Anschluss des Steges an die Flanschen auftretenden Schubspannungen. Diese Methode führt bei stegrechter Belastung von $\square$ -Eisen zu richtigen Ergebnissen, die aber lediglich die bekannten Theorien bestätigen. Hier bieten sich ja auch keine Schwierigkeiten, da die Belastung durch den Schubmittelpunkt geht, somit keine Verdrehung stattfindet. Im übrigen macht sich auch Sonntag von der Anschauung nicht frei, dass die Frage, ob Verdrehung auftritt oder nicht, von der Profilform abhängt. So sagt er (S. 21) dass bei $\square$ -Eisen und $\square$ -Eisen eine Verdrehung, beim $\square$ -Eisen dagegen keine solche stattfindet. Der Einfluss seitlicher Verschiebungen der Belastung wird nicht in Betracht gezogen und in den Voraussetzungen im allgemeinen keine Angabe gemacht, in welcher Ebene wirkend man sie sich zu denken hat. Einzig, und damit obiger Aussage widersprechend, wird späterhin (S. 96) bezüglich des (parallel zum einen Schenkel belasteten) $\square$ -Eisens gesagt, wenn „das Moment nicht durch den Schwerpunkt des Querschnittes geht, so ergibt sich neben den Biegemomenten noch ein Drehmoment“.

Hierzu ist erstens zu sagen, dass der Ausdruck „das Moment geht durch einen Punkt“ zum mindestens unklar ist, da ein Moment nie durch einen bestimmten Punkt geht, indem es in allen zu einander parallelen Ebenen wirkend gedacht werden kann. Gemeint ist hier offenbar die Ebene, in welcher die das Moment erzeugenden Lasten