Die Konstruktionssysteme der vier Kirchen dieses Heftes

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: **Das Werk : Architektur und Kunst = L'oeuvre : architecture et art**

Band (Jahr): **38 (1951)**

Heft 8: **Kirchliche Architektur und Kunst**

PDF erstellt am: **28.05.2024**

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

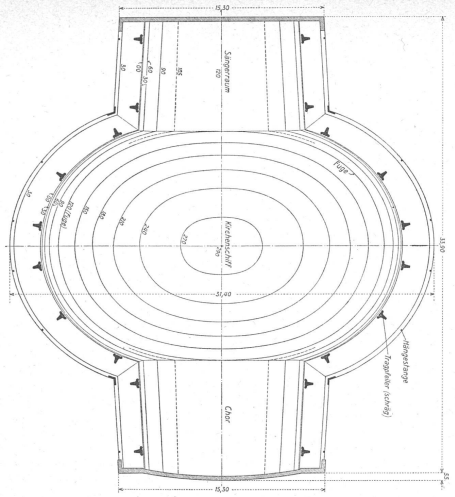


Abb. 1. Felix-und-Regula-Kirche, Zürich. Fritz Metzger, Arch. BSA. Untersicht der Deckenschale 1:300, Niveaukurven mit 30 cm Aequidistanz | Le plafond à voile mince vu d'en bas, équidistance des courbes de niveau: 30 cm | The ceiling in shell construction seen from below

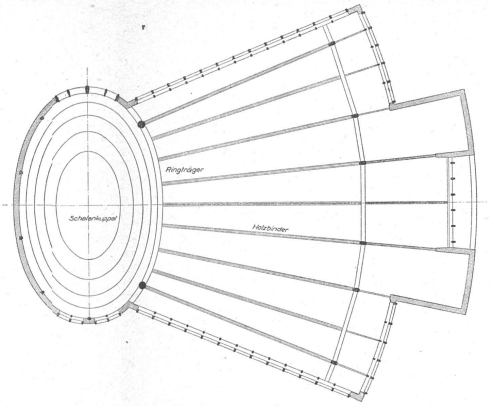


Abb. 4. St.-Franziskus-Kirche in Riehen. Fritz Metzger, Arch. BSA. Untersicht der Kirchendecke 1:300. Schale über Chor durch Niveaukurven angedeutet, radial angeordnete hölzerne Dachbinder | Le plafond vu d'en bas; coupole à voile mince sur le chœur, sommiers en bois au-dessus la nef | The ceiling seen from below; shell dome over altar space, wooden girders over nave

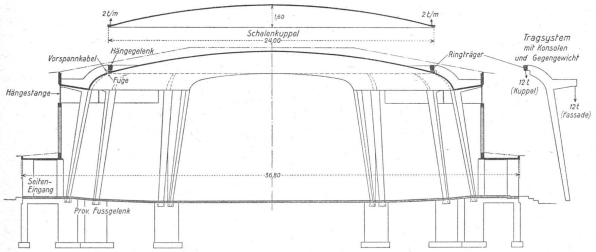


Abb. 2. Querschnitt durch die Kirche 1:300, Spannweite der Schale 24 m, Scheitelhöhe 1,6 m | Coupe transversale; portée de la coupole à voile mince 24 m, hauteur au sommet 1.60 m. | Cross section, the span of the shell dome is of 72 feet and its height 5 feet 4"

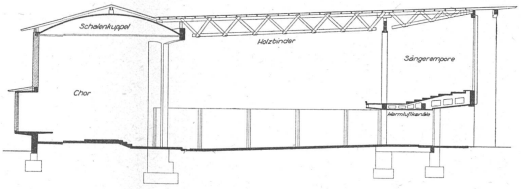


Abb. 5. Längsschnitt 1:300 durch Gebäudeachse | Coupe longitudinale dans l'axe du bâtiment | Longitudinal section

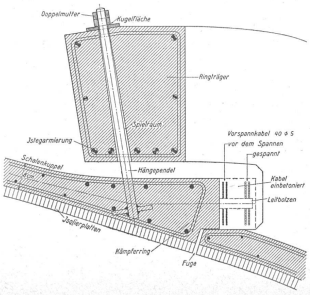


Abb. 3. Detail 1:10 des Aufhängependels der Schalenkuppel | Détail de la suspension de la coupole | Detail of suspension of the shell dome

Die Konstruktionssysteme der vier Kirchen dieses Heftes

Von Emil Schubiger*

Trotz der architektonischen Mannigfaltigkeit der dargestellten Bauwerke erkennt man bei näherem Studium der innern Struktur eine gewisse Einheitlichkeit der konstruktiven Konzeption. Statische Form der Tragwerke und Abmessungen der Querschnitte treten überall sichtbar in Erscheinung, die Holzbinder als lineare Struktur und die Betondecken als flächige Hülle. Der übliche Skelettbau als Raster von vertikalen Stützen, horizontalen Längsträgern und Querrippen weicht hier neuen statischen Elementen, wie Platten, Schalen, Faltwerken und «Möven» (Durchdringung zweier Tonnen). Auch der altbewährte Baustoff Holz erscheint in neuem Gewande. Als Eigentümlichkeiten aller vier Gebäude sind zu nennen: Verzicht auf die Tragfunktion der Seitenmauern und auf belastete Fassadenrippen, Auflösung der Einzelfenster in Glasflächen oder horizontale, durchlaufende Bänder, Sicherung der Windstabilität durch Verankerungen und – Abtrennung der Glockentürme. Während bei älteren Hallenkirchen die Umfassungswände durch ihr Eigengewicht dem seitlichen Winde standhalten und entsprechend massiv dimensioniert sind, beruht neuerdings die Standsicherheit auf horizontalen Verbänden, welche die Windkräfte auf wenige quer gestellte Wandteile übertragen, die in den Fundamenten wurzeln.

Das technisch interessanteste und fortschrittlichste Bauwerk ist zweifelsohne die *Felix-und-Regula-Kirche in Zürich* (Fritz Metzger, Architekt BSA) mit ihrer vorgespannten Schalenkuppel. Im Wettbewerbsprojekt des Architekten waren zwei wuchtige Säulen vorgesehen, rechts und links vom Chor, wie wenn sich dort die Auflagerkräfte mehrerer unsichtbarer Dachbinder konzentrierten. Die Weiterbearbeitung des Entwurfes erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Ingenieur, und ein wechselseitiger Ideenaustausch befruchtete die Entwicklung zum einheitlichen Werk. (Das Verhältnis zwischen Architekt und Ingenieur ließe sich an diesem Beispiel eingehend erläutern und bis zum akademischen Studium verfolgen.) Ausgeführt wurden überhaupt keine Dachbinder, weder sichtbare noch unsichtbare, indem die gewölbte Schale wie eine Membran selbstragend gespannt ist und auch das Dach trägt. Sie verteilt ihre Auflagerkräfte auf den ganzen Umfang der Trommel, was einen Kranz von Säulen bedingt (s. Abb. 1). Die niedrige Stichhöhe der Wölbung erzeugt einen gewaltigen Horizontalschub, der zum Teil durch die konzentrische Schrägstellung der Stützen aufgenommen wird, hauptsächlichst aber durch ein ringförmiges Kabel (s. Detail, Abb. 3). Dieses wurde nach dem Erhärten des Betons hydraulisch auf neunzig Tonnen angespannt, wobei sich die Schale unter dem Gegendruck automatisch vom Gerüst ablöste und frei zu schweben begann. Unter Sonnenbestrahlung wölbte sich der Scheitel gemäß physikalischem Gesetz und senkte sich jeweils gegen Abend wieder. Noch heute herrscht unter der Elastizität des Kabels die Tendenz zur Aufwärtsbewegung vor. Zugspannungen treten nirgends auf, das heißt in der Berech-

* Emil Schubiger SIA, Zürich/Solothurn, wirkte als Ingenieur beim Bau der vier Kirchen mit.

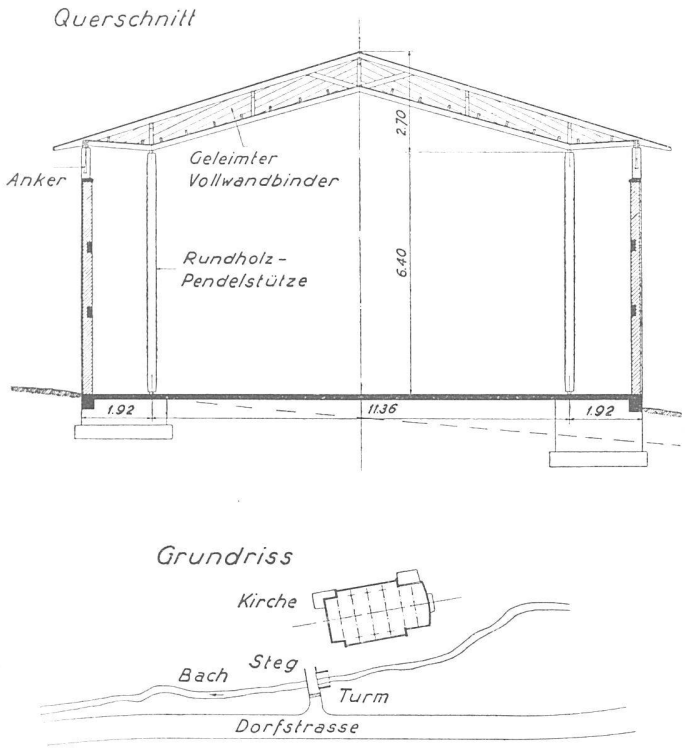
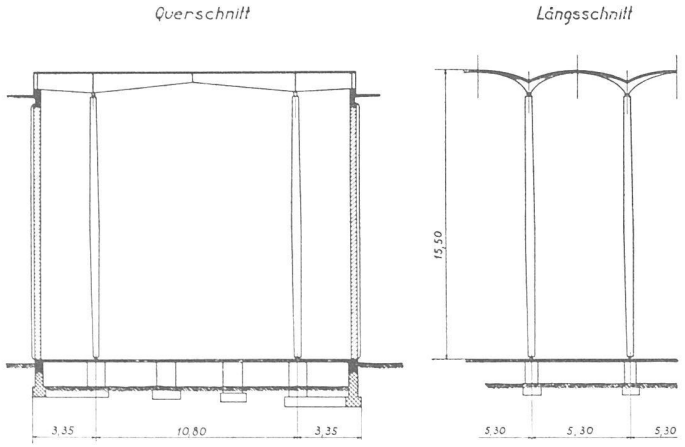


Abb. 6. Kirche in Stüßlingen. Hermann Baur, Arch. BSA, Basel. Querschnitt 1:200. Verleimte Vollwandbinder und runde Holzstützen. Außenwände nicht tragend, durch Eisenbetonriegelwerk mit Dachbinder verbunden (Windübertragung) / Coupe transversale. Sommiers en bois collé, piliers en bois rond. Murs extérieurs non portants, rattachés à la ferme par des montants en béton armé (contreventement) / Cross section. Girders and circular columns made of wood. Non-bearing exterior walls with reinforced skeleton, tied together with the girders (wind braking)

Abb. 7. Allerheiligen-Kirche in Basel (im Bau). Hermann Baur, Arch. BSA, Basel. Quer- und Teilslängsschnitt 1:400. Außenwände nicht tragend, runde Eisenbeton-Pendelstützen, Tonnenschalen mit verdickten Kehlen (sog. Mövenkonstruktion) / Coupes transversale et longitudinale (en partie). Murs extérieurs non portant, colonnes rondes en béton armé, plafond avec voûtes en construction à voile mince (construction «mouette») / Cross and longitudinal section (part). Exterior walls non bearing, cilindrical vaults in shell construction



nung sind keine Querschnittsverluste infolge von Haarrissen abzuziehen. Im Gegensatz zum Eisenbeton wirkt überall Druck, und die gefürchtete Bruchfuge der nicht vorgespannten Schalenkuppeln ist ausgeschaltet.

Zur Ermöglichung der freien Kontraktion ist die Schale an einzelnen Punkten pendelartig aufgehängt (s. Abb. 2), und zwar in der Fortsetzung jeder Kirchenstütze. In der entgegengesetzten Richtung, radial nach außen, kragt ein Hebelarm bis zur Fassade vor, mit einer Hängestange für 12 Tonnen Mauergewicht (s. Abb. 2). Das durchgehende runde Fensterband veranschaulicht die Ausschaltung der Fassadenwand als Tragglied. An einem Modell im Maßstab 1:10 wurden statische Untersuchungen und Belastungsproben im Laboratorium vorgenommen. Diese empirische Ergänzung und Nachkontrolle von mathematischen Berechnungen verbreitet sich mehr und mehr und bildet eine willkommene Ausweitung des Rüstzeuges des Ingenieurs. Sie befreit von der Enge des Schulwissens und ermöglicht souveränes, von Theorie und Fachliteratur losgelöstes Gestalten!*

Das konstruktive Prinzip der *Kirche in Riehen* (Fritz Metzger, Architekt BSA) geht ohne Erläuterung aus dem Längsschnitt (Abb. 5) hervor. Die hölzernen Fachwerke in Ringdübelbauweise sind an Hängestreben aufgelagert, und der Untergurt hört vor den Stützpunkten auf. Die Dachbinder sind in der Längsrichtung des Schiffes gespannt und verlaufen – ohne die Seitenwände zu belasten – konzentrisch zum Chor. Dort ruhen sie auf einem im Grundriß gekrümmten Kragträger, der sich balkonartig in den Schiffraum hinausschwingt. Seine rückwärtige Verankerung findet er in einem geschlossenen armierten Ring, der die Mauerkrone des Chores bildet. Darüber wölbt sich wiederum eine dünne Betonkuppel, die als flexible Haut keine Biegung erleidet, sondern kraft ihrer doppelt gekrümmten Form wie eine Eierschale stabil ist. In Abbildung 4 ist diese Form durch Niveaulinien wie ein runder Hügel auf der geographischen Karte dargestellt. Die Chorwand bildet einen Tambour mit Tragfunktion und ist vertikal betont. Die Seitenwände des Schiffes hingegen sind horizontal armiert zur Übertragung der Windkräfte auf die Giebelfassade und die stabile Chorpartie. Sie werden nach unten bei den Bildernischen dünner und besitzen oben einen durchgehenden waagrechten Lichtschlitz, wodurch ihre nichttragende reine Abschlußfunktion veranschaulicht wird.

Bei der *Kirche in Stüßlingen* (Hermann Baur, Architekt BSA) wirkt die Fassadenmauer als Gegengewicht zur Dachlast und hängt an konsolartigen Verlängerungen der Binder. Die ganze Schneelast wird auf die innern Säulen übertragen, mit Kopf- und Fußgelenken. Diese Pendelkonstruktion, ebenfalls in Holz ausgeführt, geht aus der Abbildung 6 deutlich hervor. Die gebrochene Fläche des Satteldaches kommt im Innern der Kirche zur Geltung, und die Firstlinie markiert die einspringenden Winkel der vollwandigen Dachbinder. In normaler verleimter Hetzerbauweise, wo die Holzlamellen schichtenweise aufeinander liegen, wäre dies undenkbar. Ähnlich wie bei den Nagelkonstruktionen stehen die Bretter hier hochkant und sind miteinander verleimt

* Ausführliche Beschreibung der vorgespannten Schale in der Schweizerischen Bauzeitung vom 29. April 1950.

(Bauart Kämpf). Auch die runden Holzstützen wurden zur Vermeidung von Längsrissen aufgetrennt, mit sternförmigen Sägeschnitten versehen und wieder zusammengeleimt. In der Dachebene sind Andreaskreuze eingebaut, welche den seitlichen Winddruck wiederum auf die emporenversteifte Eingangspartie und auf die massiven Bruchsteinmauern des Chores übertragen.

Bei der *St.-Michaels-Kirche in Basel* (Hermann Baur, Architekt BSA) wird die Funktion der eben genannten gekreuzten Windverbände durch armierte Flachdächer über den Seitenschiffen erfüllt. Zudem ist die Seitenstabilität durch biegungsfeste Verbindung der Betonstützen mit den Bindern erhöht. Dadurch entsteht ein Zweigelenkrahmen mit seitlichen Auskragungen, an denen die Fassade aufgehängt ist. Nach der strengen Elastizitätstheorie berechnet, braucht es am Übergang zwischen Stützen und Dachbindern schräge Vouten, wie sie im herkömmlichen Eisenbeton bei Deckenträgern üblich sind. Durch Anwendung neuerer Theorien, welche die Plastizität des Betons und dessen Kriechen berücksichtigt, wurde die Form der Rahmen viel harmonischer. Dabei wird statt der Spannungen die Bruchsicherheit nachgewiesen nach der sogenannten n-freien Methode.

Besonders charakteristisch im heutigen Kirchenbau sind die isoliert stehenden *Glockentürme*. Sie geben dem Ingenieur heikle Stabilitätsprobleme zu lösen. Noch vor 60 Jahren baute man mit enormen Mauerstärken, z. B. 1,70 m am Fuße des Turmes (Liebfrauenkirche Zürich). Das heutige Maß beträgt 18–20 cm. Beim Läuten der Glocken darf keine Resonanz, das heißt keine Übereinstimmung zwischen der Schwingungszahl des Turmes und derjenigen der Glocken auftreten, was die Mauerschwingungen gefährlich verstärken und die Kraft des Klöppelschlages lähmen würde. Wenn der Untergrund nicht sehr tragfähig ist, braucht es breite Fußplatten, um den seitlichen Ausschlag der Turmspitze beim Läuten während Windbelastung in engen Grenzen zu halten. Das Terrain schwingt in einem gewissen Umkreis mit. Bei der Felix-und-Regula-Kirche in Zürich wurden Messungen über die Fortpflanzung der Wellen im Erdreich vorgenommen. Akustisch bietet die Entfernung des Turmes vom Gemeinderaum große Vorteile, indem der Mauerschall nicht übertragen wird und isolierende Glockengestelle und Lager vermieden werden können. Es ist daher bautechnisch logisch, den Turm als schwingendes Bauglied vom statischen Kirchenkörper zu trennen, um dadurch Vibrationen und dynamische Risseerscheinungen zu vermeiden.

Beim Entwurf der im Bau begriffenen, hier nur mit zwei Schnitten (Abb. 7) wiedergegebenen *Allerheiligenkirche in Basel* (Hermann Baur, Architekt BSA), einer hohen Halle mit geschlossenen Fassadenflächen, stellte der Architekt dem Ingenieur u. a. die Frage nach dem zulässigen Schlankheitsgrad der Säulen und deren Anordnung im Grundriß bezüglich Spannweite und Entfernung der Dachbinder. Er erwartete von der exakten Wissenschaft eine zwingende Antwort. Im einfachen Zweckbau geht tatsächlich die Raumhöhe aus klar definierten Betriebsbedingungen, Beleuchtungs- und Temperaturerfordernissen hervor; man findet unter gegebenen Belastungen, Materialpreisen und Löhnen die wirtschaftlichste Abmessung aller Bauteile und den geeignetsten Baustoff durch Anwendung mathematischer Formeln. Auch der Standort des Baues, die Windrichtung, Schneemenge und die mehr oder weniger strenge Anwendung behördlicher Vorschriften über zulässige Beanspruchung spielen eine Rolle. Bei der genannten Kirche ergab nun die Lösung dieser Gleichung das Resultat Null, sowohl für die Anzahl Stützen als auch für deren Höhe. Das erste bedeutet, daß die Heranziehung der Fassaden zum Tragen der Dachlast billiger zu stehen käme als Säulen, und das zweite, daß es am billigsten wäre, überhaupt kein Gotteshaus zu errichten. Dies allerdings stünde im schroffen Widerspruch zur erfreulich regen Baulust der kirchlichen Kreise. Die gewählte Lösung mit Säulen gibt in diesem Falle dank der erzielten starken sakralen Raumwirkung dem Architekten Recht, weniger jedoch dem Ingenieur.

Die Objektivität der exakten Wissenschaft und das rein rationale Denken finden beim sakralen Bau ihre Grenzen. Der Ingenieur hat daher hier, ganz ähnlich wie der Architekt, die alltägliche Prosa durch die beschwingte Sprache des Konstruktiven, durch Kühnheit der Konzeption und persönliche Verantwortungsfreude zu ersetzen. Anerkennung und Dank gebührt der Bauherrschaft, die solches Streben unterstützt und zu schätzen weiß.