

Statische Sicherung historischer Bauten

Autor(en): **Schubiger, Emil**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 37

PDF erstellt am: **16.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85525>

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.

Statische Sicherung historischer Bauten

Von E. Schubiger, Zürich

Die wirtschaftliche Rezession der siebziger Jahre bewirkte den Rückgang von Investitionen in Neubauten zugunsten von Restaurierungen. Gleichzeitig stieg die Besinnung auf den Unterhalt historischer Denkmäler. Vorgängig jeglicher architektonischer Renovation sind die statische Sicherheit zu gewährleisten, Deformationen zu bekämpfen und neue Risse zu verhindern. An drei Beispielen wird gezeigt, wie vielfältig die Ursachen der Schäden und wie problematisch die Arten ihrer Behebung sind.

Kartause Ittingen

Dem Bauingenieur stellen sich hauptsächlich folgende vier Aufgaben: Nachrechnung der Fundationen, Zustand und Tragfähigkeit der hölzernen Dach- und Deckenkonstruktionen, Kippsicherheit der teilweise umgestürzten Umfassungsmauer (Bild 1) und vor allem die Sicherung des Gewölbes über dem Chor der Klosterkirche. Wir beschränken uns auf die Darstellung des letzten Punktes und schicken ihr eine kurze Entwicklungsgeschichte voraus. Das Langhaus wurde im Jahre 1553 als schmales Schiff mit schlichter Flachdecke gebaut. Obschon die steilen Dachbinder dank ihren Streckbalken theoretisch keinen Horizontalschub auf die Längsmauern ausüben, sind letztere

durch acht ursprüngliche, hölzerne Zugbänder miteinander verbunden. Bild 2 zeigt deren originelle Verkeilung vor den Seitenfassaden, die sich der damalige Architekt nicht scheute, als technische Massnahme zu zeigen. Als Sehenswürdigkeit bleibt sie heute sichtbar bestehen. Nach 150 Jahren wurde eine flache Stukktonne ohne Bedenken am Deckengebälk des Langhauses aufgehängt, wie dies damals üblich war. Gleichzeitig wurde 1703 dem Schiff ein breiter Chor angebaut (Bild 3). Dieser ist jedoch durch ein massiv gemauertes Kreuzgewölbe überdeckt, welches zwischen vier flankierende Bögen gespannt ist. Der Horizontalschub erzeugt eine unzulässige Exzentrizität der Mauerlast mit entsprechenden Randspannungen im Mauerwerk und Kantenpressungen der Fundamente auf den Baugrund. Ein

zweiter Beweis für die Sorglosigkeit des späten Barockbaumeisters zeigt sich beim Betreten des weiten Estrichraumes. Vermutlich wurde das Kreuzgewölbe unter dem vorgängig aufgerichteten, liegenden Dachstuhl gemauert. Da der Scheitel höher wurde und die Streckbalken zweier Binder tangierte, sägte man aus letzteren kurzerhand ein Mittelstück heraus. Der Seitendruck auf die Tragmauern wurde um den Binder-schub erhöht.

Der Chorbogen vor dem Altar hat den Anbau von 1703 handbreit vom Altbau

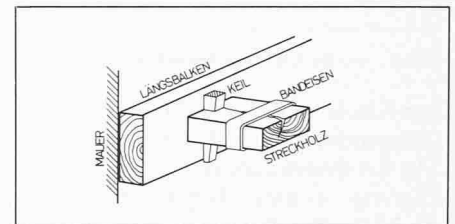


Bild 2. Verkeilung der Streckbalken durch das Kirchenschiff

weggedrückt (Bild 6). Auf Bild 4 sind die schrägen Rissebilder im Bogen sichtbar und deuten auf die Auseinanderbewegung der Kämpferpunkte und die entsprechende Senkung des Scheitels hin. Der Bogen hinter dem Altar hat zudem den Westgiebel der Kirche in zwei Hälften getrennt. Der Spalt verläuft oben klaffend vom Estrichfenster



Bild 1. Kartause von Warth aus gesehen

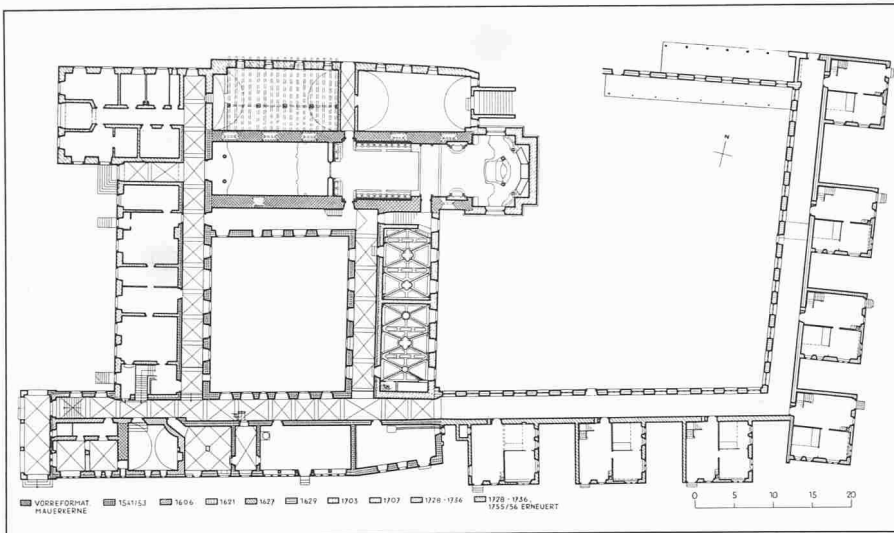


Bild 3. Innere Klausur, Choranbau 1703

zur Nische und wurde früher unten unsachgemäss geflickt. (Bild 5). Mit der Projektierung der statischen Sicherung konnte begonnen werden, nachdem der Bau massstäblich genau aufgenommen, die Risse und Deformationen eingetragen und die Ursache der

Schäden erkannt waren. Früher hätte man klaffende Mauern und Gewölbe durch Eisenstangen oder Armierungseisen zusammengehalten. Die Bewegungen wären jedoch um das Mass der elastischen Verlängerung der Bänder noch weiter gegangen. Analog einem Korsett



Bild 4. Chorbogen mit Schrägissen

wird heute die Umschnürung hydraulisch vorgespannt, d. h. zum voraus um die zu erwartende Verlängerung gestreckt.

Bild 6 stellt den Grundriss des Kirchenchores dar als Untersicht des Kreuzgewölbes. Der Seitendruck auf die vier Mauerecken resultiert aus den Horizontalschüben der diagonalen Kanten und der flankierenden Bögen. Die Spanglieder umfassen das Rechteck an allen vier Seiten. Ihre Höhenlage ist bestimmt durch den Schnittpunkt des Kämpferdruckes mit dem Auflagerlot (Bild 6). Auf Wunsch der Denkmalpflege wurde die architektonische Wirkung der sichtbaren Zugbänder durch aufgeheftete Probestangen geprüft und als tragbar empfunden. Eine versteckte Lösung wie bei der Kathedrale St. Gallen kam sowohl aus technischen wie finanziellen Gründen nicht in Frage.

Die Ausführung des Projektes stiess auf die üblichen Schwierigkeiten bei Bohrarbeiten durch heterogenes, schlecht vermörteltes Bruchsteinmauerwerk aus Tuff, Gneis, Sandstein und Kalk. Besondere Sorgfalt erfordert die Einleitung des konzentrierten Druckes und seine allmähliche Ausbreitung auf den Mauerkörper.

Bild 7 zeigt den umschnürten Ankerkopf des Zugbandes mit besonderen Sicherungen gegen Absprengen der Gebäudekante durch Perfoanker. Zur Überwindung von Kriechverlusten geschah die Vorspannung in zwei Etappen mit 3 Wochen Pause (vom 28. Juni bis 9. Juli 1979):

- Die erste Etappe hebt den Horizontalschub der Gewölbe auf und führt den exzentrischen Angriffspunkt der Mauerlast in den Schwerpunkt der Fundamente zurück. Die Drucklinie der Bögen ändert sich während der ersten Etappe kaum. Während der stufenweisen Betätigung der hydraulischen Presse wird die Verlängerung der Ankerstangen wiederholt gemessen. Die Übereinstimmung mit dem vorausberechneten elastischen Wert bestätigt, dass keine Bewegung im Bogen eingetreten ist.
- Die zweite Etappe korrigiert die verschobene Drucklinie der Bögen, setzt den Injektionsmörtel der Risse unter Druck und bekämpft weitere Scheitelsenkungen. Sie verschiebt die Resultante aus Ankerkraft und Schwerkraft der Mauer weiter nach innen und bewirkt eine rückläufige Tendenz der Fassadenneigungen. Während den 3 Wochen zwischen der ersten und zweiten Etappe verringerte sich die Zugkraft entsprechend der gewünschten Kriechbewegung des Mauerwerkes und Korrektur der Fundamentpressung. Ein weiterer Spannungsverlust nach dem Errei-

chen des Endwertes konnte während einer kurzen Beobachtungszeit nicht festgestellt werden. Die beiden Längskabel pressen den 1703 lose angebauten Chor an das ältere Langhaus. Hier wurden keinerlei Spannungsverluste gemessen.

Klosterkirche Kappel a. A.

Der Chor stammt aus dem Ende des zwölften, das dreischiffige Langhaus aus dem dreizehnten Jahrhunderts. Letzteres leidet unter zwei Schwächen:

- Wie in Ittingen deformieren sich die Längsmauern und Pfeiler unter dem Horizontalschub der massiven Gewölbe.
- Die Fundamente der vorspringenden Seitenschiffisolen sind exzentrisch belastet mit übermässigen Kantenpressungen auf den schlechten Baugrund.

a) Verformung des Langhauses:

Bild 8 stellt die Westansicht der Kirche dar. Das hohe Mittelschiff besitzt ein steiles Dach und magere Wandlisenen,

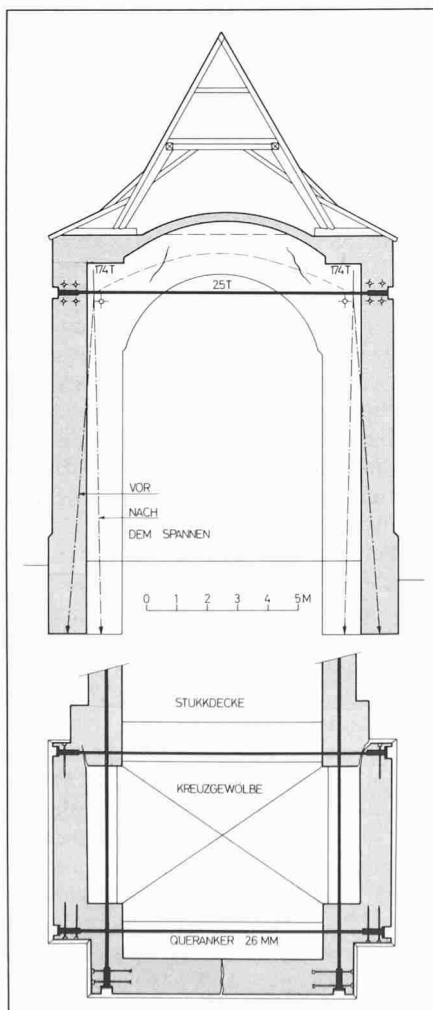


Bild 6. Spannglieder und Kräftespiel vor und nach dem Spannen



Bild 5. Gespaltener Ostgiebel der Kirche

das Seitenschiff dagegen ein flach geneigtes Dach und stark vorspringende Lisenen. Um die Statik des Baues zu erfassen muss man den Querschnitt (Bild 9) betrachten. Unter den Seitendächern sind gemauerte Strebebögen versteckt. Sie stemmen sich oben gegen die hohe Mauer, aber leider nicht auf Kämpferhöhe des Gewölbes, sondern 2 bis 3 m tiefer. Der Horizontalschub erzeugt somit eine Exzentrizität der Mauerlast mit Randspannungen von 3,5 kg pro cm² aussen und null innen. Diese Pressung ist zwar für Quadermauerwerk zulässig, vermag aber dasselbe langfristig zu verformen. So ist Mauerwerk ein plastisches Material, der Fachmann sagt: «Es kriecht». Dieses Phänomen mit dem Namen «Kriechen» war für Mauerwerk lange Zeit unbekannt. Noch beim Sitterviadukt der Appenzellerbahn traten deshalb Schäden auf.

Beim Eintritt in die Kirche (Bild 10) bemerkt das geübte Auge, dass sich die Wände und Pfeiler des Mittelschiffes merklich nach aussen neigen. Auf dem Niveau der Fenstersimsen in 10 m Höhe beträgt die Abweichung vom Lot im Norden durchschnittlich 5, im Süden 2 cm.

b) Fundamente:

Unwillkürlich fragt man sich, woher dieser auffallende Unterschied herrührt. Sondiergrabungen haben gezeigt, dass die nördlichen, oberflächlich gesunden Quaderlisenen im Boden zerbröckeln und kaum unter der Frostgrenze fundiert sind. Stellenweise fand man Gebeine darunter. Der Baugrund besteht einheitlich aus einer mächtigen

Schicht von Schlemmsand. Anlässlich einer nachbarlichen Absenkung des Grundwasserspiegels beobachtete man Risse am Anschluss der Seitenschiffgewölbe an die Aussenwand, was einer Bewegung der Lisenen nach aussen entspricht. Darauf wurden die Risse zur

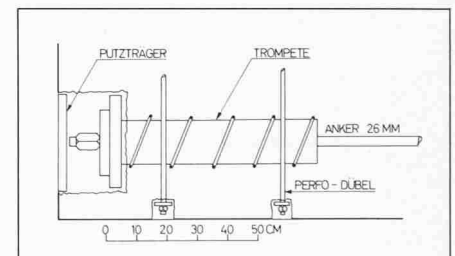


Bild 7. Detail des Ankerkopfes

Beobachtung versiegelt und die Fundamente so verstärkt und verbreitert, dass sich die Bodenpressung gleichmässig verteilt und in zulässigen Grenzen bewegt. Der zerbröckelnde Sockel wurde mit chemischen Injektionen verfestigt und schubfest an den umschliessenden «Betonkragen» angeschlossen. Das bisher versickernde Dachwasser leitete man in die Kanalisation. Anders verhielt sich die Südflanke des Langhauses. Sie stemmte sich ursprünglich gegen einen im Jahre 1791 abgebrochenen Kreuzgang und stützt sich heute noch auf dessen unterirdische Fundamente, die tiefer liegen als die nördlichen. Falls die erwähnten, jetzt noch intakten Siegel in Zukunft bedrohlich reissen, sind auch südliche Sicherungen fällig. Die eben begonnene Periode der Aussenrenovation erlaubt die Vornahme solcher und ergänzender Beobachtungen.



Bild 8. Westansicht der Klosterkirche Kappel



Bild 10 Mittelschiff gegen Rückwand gesehen

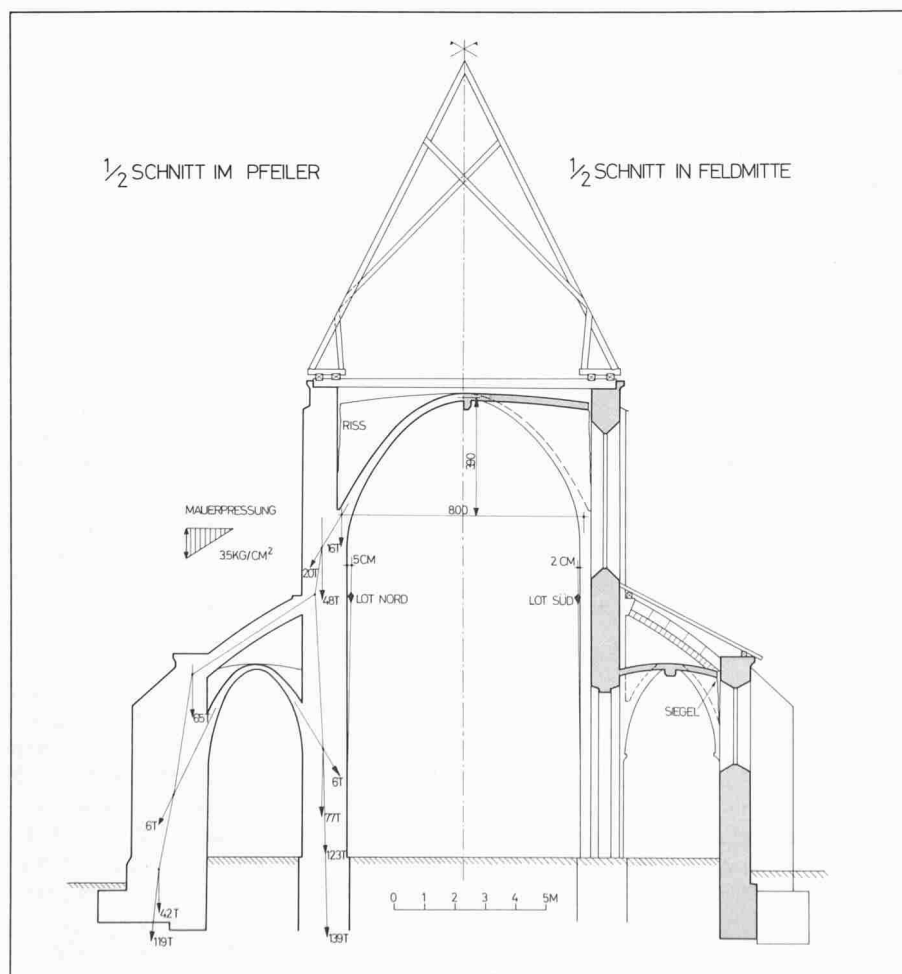


Bild 9. Langhausquerschnitt der Kirche Kappel

Reformierte Kirche Meilen

Bild 11 zeigt die Westansicht der 1978 renovierten Kirche mit dem neuen Vorzeichen. Die damit verbundenen statischen Sicherungsarbeiten an den Längswänden treten nirgends in Erscheinung.

Das Kirchenschiff war ursprünglich flach mit einem bemalten Täfer gedeckt. Dieses hing an einer Balkenlage, welche den Horizontalschub der Dachbinder aufnahm. Gegen Ende des 18. Jahrhunderts wurde die flache Holzdecke nicht mehr als zeitgemäss empfunden und im Jahre 1786 durch ein Tonnengewölbe aus Gips ersetzt. Statt die Streckbalken der Dachbinder als sichtbare Zugbänder bestehen zu lassen, sägte man sie kurzerhand weg. Der Dachstuhl war zum Glück von seinem Erbauer Grubenmann durch Verbände und Kehlgebälk so versteift, dass der Einsturz vermieden wurde. Durch Aufnageln von Stegbrettern entstand 1946 ein biegesteifer Rahmenträger mit nahezu aufgehobenem Horizontalschub. Ganz lässt sich dieser mit einer noch so guten Nagelkonstruktion nicht vermeiden. Die meterdicken Seitenmauern hatten sich in 160 Jahren langsam kriechend gekrümmt und nach aussen geneigt, maximal 22 cm auf halber Schiffslänge (Bild 12). Bezogen auf das Fundament wirkt die Mauerlast 11 cm



Bild 11. Westansicht der Kirche Meilen nach der Renovation 1978

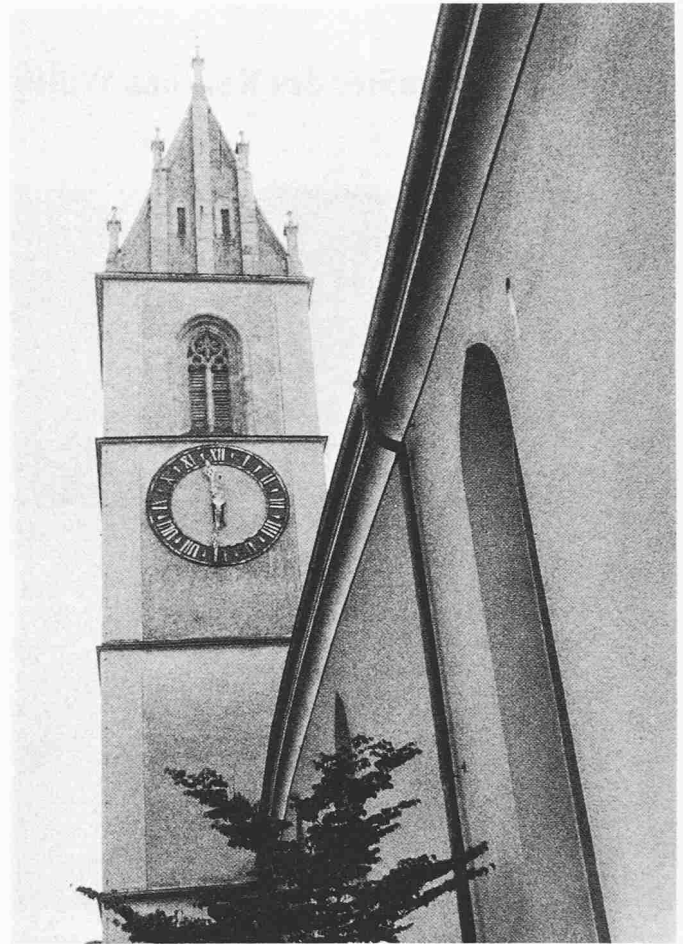


Bild 12. Ausgebaute Nordfassade des Kirchenschiffes

exzentrisch. Dazu kommen der verbleibende Rest des Dachsches und der Sog des Windes. Um die Resultante im Schwerpunkt des Fundaments zu halten, wurde dieses unterfangen. Fassadenrisse deuteten auf die Loslösung der 1946 angebauten Kirchenverlängerung vom alten Schiff. Auch wiesen alle Fensterbögen Risse auf. Die Sanierung besteht aus vorgespannten Ankerstangen unter der Traufhöhe. Bild 13 stellt den Verlauf der Spannglieder im verzerrten Massstab dar. Auf halber Länge verlaufen sie ausserkant und an den Enden innerkant Mauer. Die Krümmung erzeugt die nötigen Umlenkkräfte zur Korrektur des Dachsches. Gleichzeitig setzt die Ankerkraft das Mauerwerk unter Druck und bekämpft die Rissebildung über den Fensterbögen, welche durch Temperaturschwankung und Verkehrerschütterung gerne entstehen.

Der Rückblick auf die behandelten drei und frühere statische Sicherungen historischer Bauwerke lässt erkennen, dass diese keine erstarrten Denkmäler, sondern atmende Körper darstellen. Entsprechend verlangt deren Behandlung fast ärztliches Einfühlungsvermögen. Oft treten versteckte Bausünden des Erstellers oder eines späteren Umgestalters zu Tage. Nicht immer lassen sich solche ohne sichtbare Eingriffe des

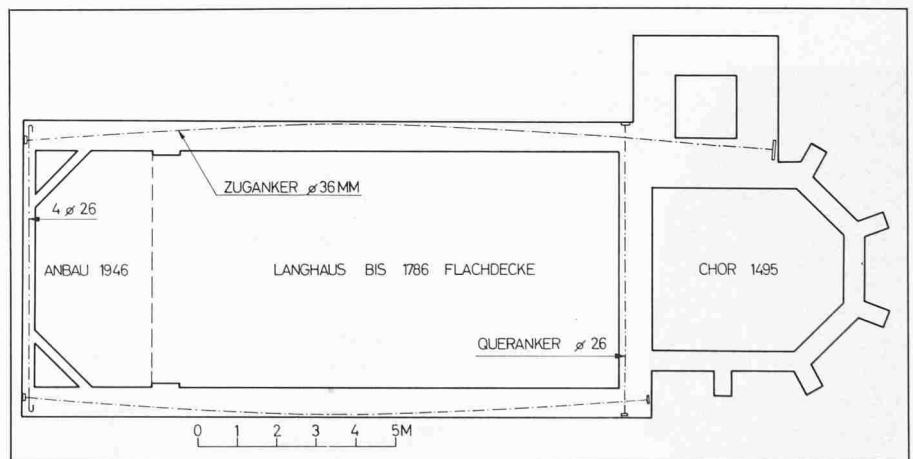


Bild 13. Verlauf der Spannglieder unter dem Gesimse

Statikers korrigieren. Bei Diskussionen mit der Denkmalpflege stellt sich die Frage der Verantwortung für Stabilität und Dauerhaftigkeit. Mit gutem Willen lässt sich immer ein tragbarer Kompromiss finden.

Adresse des Verfassers: *Emil Schubiger*, dipl. Ing. ETH/SIA/ASIC, Kleinstrasse 16, 8008 Zürich

Beteiligte

Projekt und Statik
Schubiger AG, Bauingenieure, Zürich
Bauleitung in Ittingen
Scherrer und Hartung, Architekten,
Zürich/Schaffhausen
Bauleitung in Kappel
Kantonales Hochbauamt, Zürich
Bauleitung in Meilen
H. R. Bolliger, Architekt, Meilen
Spezialunternehmer
Stump Bohr AG in Ittingen und Meilen
Greuter AG in Kappel
Photographen
Keller, Frauenfeld und Hausammann, Heiden,
für Ittingen
Zbinden, Stäfa, für Meilen
Kant. Denkmalpflege für Kappel