

Peter Schmidt-Thomé/Günter Eckstein/Artur Burkard:

Die Kapellenkirche in Rottweil

Baugeschichtliche Untersuchung und statische Sanierung im Schiff und Chor

Nach dreieinhalbjährigen Renovierungs- und Restaurierungsarbeiten wird am 23. Oktober 1983 die Kapellenkirche in Rottweil wiedereröffnet. Während der Turm mit seinen gotischen Skulpturen weit über die Grenzen des Landes hinaus Beachtung findet und mit wissenschaftlicher Akribie untersucht wurde, fanden Schiff und Chor bisher weniger Beachtung. Im Zuge der Baumaßnahmen war es jetzt möglich, in diesen Bereichen neue Erkenntnisse über die Baugeschichte und über die statischen Zusammenhänge zu gewinnen.

Peter Schmidt-Thomé: Neue Befunde zur Baugeschichte und zur frühen Stadtentwicklung

Vom Frühjahr 1980 bis Frühjahr 1982 wurden in mehreren Abschnitten in der Kapellenkirche in Rottweil archäologische Untersuchungen durchgeführt. Veranlaßt wurden sie durch die Notwendigkeit, im Zuge der Innenrestaurierung anstelle einer technisch veralteten Warmluftheizung eine Fußbodenheizung zu installieren. Diese ist zur künftigen Erhaltung der barocken Ausstattung unumgänglich geworden. Mit Rücksicht auf die statische Sicherheit des Kirchenschiffes und des Kapellenturmes mußten die Grabungsarbeiten in einigen Teilbereichen sich ausschließlich auf die vom Heizungsbau berührten Schichten beschränken, so daß insbesondere die frühesten Befunde keine sichere Klärung finden konnten.

1. Geschichte der Kapellenkirche

Die Anfänge der Kapellenkirche gehen wohl noch in das 13. Jahrhundert zurück. Baunachrichten fehlen zunächst jedoch vollständig. Die erste Erwähnung von „unser Frauen capellen pflegern“ datiert 1313. Weitere Nennungen folgen seit 1331. Der Marienaltar wird 1335 als bestehend erwähnt, der Leonhardaltar bereits 1333. Weitere Altäre werden genannt, teils anlässlich ihrer Stiftung bis 1408. Für eine regere Bautätigkeit sprechen auch Aufrufe zu Stiftungen „an unser lieben Frauen Capellen baw“ 1354 und umfangreiche Geldtransaktionen der Pflugschaft 1356.

Fertigstellung des Turmes durch Aberlin Jörg und der ebenfalls von ihm nach Akkord von 1478 ausgeführte Erweiterungsbau des Chores sind anhand von Archivalien eindeutig nachvollziehbar.

Umfassende bauliche Veränderungen brachte nach wechselvollem Schicksal die Niederlassung der Jesuiten 1692 in Rottweil, denen die Kapellenkirche als Kollegkirche zugewiesen wurde. Nach Erbauung von Gymnasium und Kolleg nehmen im November 1726 die barocken Pläne zur Neugestaltung des Inneren Gestalt an. Nach dem Einsturz der Chorgewölbe im Frühjahr 1727 erfolgte ein weitgehender Neubau nach Plänen des Pa-

ters Josef Guldemann. Die Weihe fand im Oktober 1733 statt.

Die nachfolgenden 250 Jahre widmeten sich – außer einigen Renovierungen des Kircheninneren, die meist nur den Bestand übergingen – überwiegend der Sicherung und Erhaltung des Turmes. So insbesondere in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts. Einzige Eingriffe in den Boden brachte der Einbau der Heizung im Chor.

2. Ergebnisse zur Baugeschichte

Die Ausgrabungen erbrachten für die Baugeschichte folgenden mutmaßlichen Ablauf:

a) Der älteste kirchliche Vorgängerbau unter der heutigen Barockkirche war ein rechteckiger Saal, dessen Seitenwände in der Linie der heutigen Freipfeiler verliefen. Im Osten war er glatt geschlossen in der Flucht des heutigen Chorbogens. Der Chorraum war offenbar nicht besonders abgegrenzt. Das Fußbodenniveau der Kapelle lag beträchtlich tiefer und hatte ein starkes Gefälle nach Osten: ca. 50 cm bis 90 cm. Dicht vor der Ostwand, vor dem heutigen Chorbogen, fand sich das Fundament des Hochaltars. Die Längswände waren gegliedert durch je 4 halbrunde Gewölbvorlagen. In den Winkeln zur Ostwand und zur Turmwand sind teilweise noch Überreste von $\frac{1}{4}$ runden Vorlagen erhalten. Diese Vorlagen sitzen auf polygonalen Sockeln mit einer schmalen, profilierten Basis. Demnach war der Kirchenraum mit Gewölben versehen oder sie waren zumindest geplant. In den Quellen ist davon nirgends die Rede, im Gegensatz zum späteren Chor. Rippenfragmente wurden nicht gefunden. Die gefundenen Maßwerkfragmente sind noch nicht so weitgehend analysiert, daß man eine Fensterform erschließen könnte.

Die Höhe der Seitenwände läßt sich am Übergang zum Chor noch ablesen. Hier reicht Quadermauerwerk, das weder zum Chor noch zum Barockbau gehört, bis in die barocke Traufhöhe. Es handelt sich um die östlichen Ecken des ursprünglichen Kirchenschiffes.



1 DIE STADT ROTTWEIL im Spätmittelalter auf der Pürschgerichtskarte des David Rötlin aus dem Jahr 1564. Die Kapellenkirche bildet den Mittelpunkt der Darstellung.

Die ungefähre Höhe des Dachfirstes kann man an der Ostseite des Turmes an einer giebelförmigen Steinreihe ablesen. Offenbar war hier entweder ein Wasserschlaggesims, das später verwittert und daher ausgewechselt wurde, oder hier war die glatte Steinfront nachträglich für den Anschluß der Dachdeckung ausgespitzt und diese Fuge später wieder durch Steine geschlossen worden. Die drei Außenseiten umzog ein schlichter Sockel, einfach aus einem abgeschrägten Wasserschlag gebildet, der gelegentlich entsprechend den Geländeverhältnissen abgetrepppt war. Die bisher aus den barocken Plänen rekonstruierten Strebepfeiler fehlen in Wahrheit. Aufgrund der älteren Pläne erschloß man früher, daß auch das gotische Kirchenschiff vier Joche hatte, wie der heutige Barockbau. Tatsächlich nachgewiesen haben wir fünf von etwas mehr als vier Meter Tiefe. Ausgehend von der Mauerhöhe, dem Dachansatz am Turm und der im Westen noch erhaltenen Höhe der Gewölbedienste muß man für das gotische Kirchengebäude auffallend schlanke Proportionen annehmen. Hinter der Orgel scheint sich eine Turmkapelle als Empore über der Eingangshalle befunden zu haben, etwa in Höhe der Fensterrosette über dem Westportal. Die neu gefundenen Architekturdetails lassen sich anhand kunstgeschichtlicher Vergleiche in das beginnende 14. Jahrhundert datieren.

b) Der Chor Neubau, unter Aberlin Jörg seit 1478, ist in allen Bauabschnitten deutlich ablesbar. Der Erweiterungsbau wurde, geringfügig gegen die Seitenwände eingerückt, an der Ostflucht angefügt. Zunächst führte man seine Fundamente zu einer gewissen Höhe auf dem abschüssigen Gelände frei auf, um sie dann mit „Staddreck“ aufzufüllen. Die durchschnittlich 1,5 m mächtige Auffüllschicht war außerordentlich reich an Keramik des 15. Jahrhunderts. Daß die Auffüllung einheitlich war, erwies sich ganz schlagend, indem Bruchstücke von Ofenkacheln aus ganz unterschiedlicher Tiefe zu einem Stück zusammengefügt werden konnten. Entsprechend dem Akkord mit dem Baumeister wurden in großem Umfang die Baumaterialien der niedergelegten Chorostwand zum Neubau verwendet.

Deutlich waren auch die Fundamente für den neu errichteten Lettner und die damit verbundene Veränderung des ehemaligen Hauptaltarfundamentes erkennbar.

Der Kirchenraum wurde auf der ganzen Fläche um bis zu 50 cm aufgefüllt und dabei das Gefälle etwas ausgeglichen. Die polygonalen Basen der Gewölbevorlagen im Kirchenschiff verschwanden weitgehend in der Bodenauffüllung. Die bei der Grabung festgestellten Fundamente der Seitenaltäre nehmen erst auf das neue Bo-

2 DIE KAPELLENKIRCHE von Nordosten mit den Spuren der baulichen Veränderungen des 15. Jh. und 18. Jh. am Turm, am Choransatz und am Chor.



denniveau Bezug. Es ist möglich, daß die Fundamentkerne einfach ummantelt wurden, wie dies bei dem ehemaligen Hochaltar geschah. Jedenfalls waren sie alle ohne Rücksicht gegen die Vorlagen gemauert. Spätestens zu diesem Zeitpunkt wurde auch eine Seitentür im Süden etwas versetzt gegenüber der Badgasse eingebrochen.

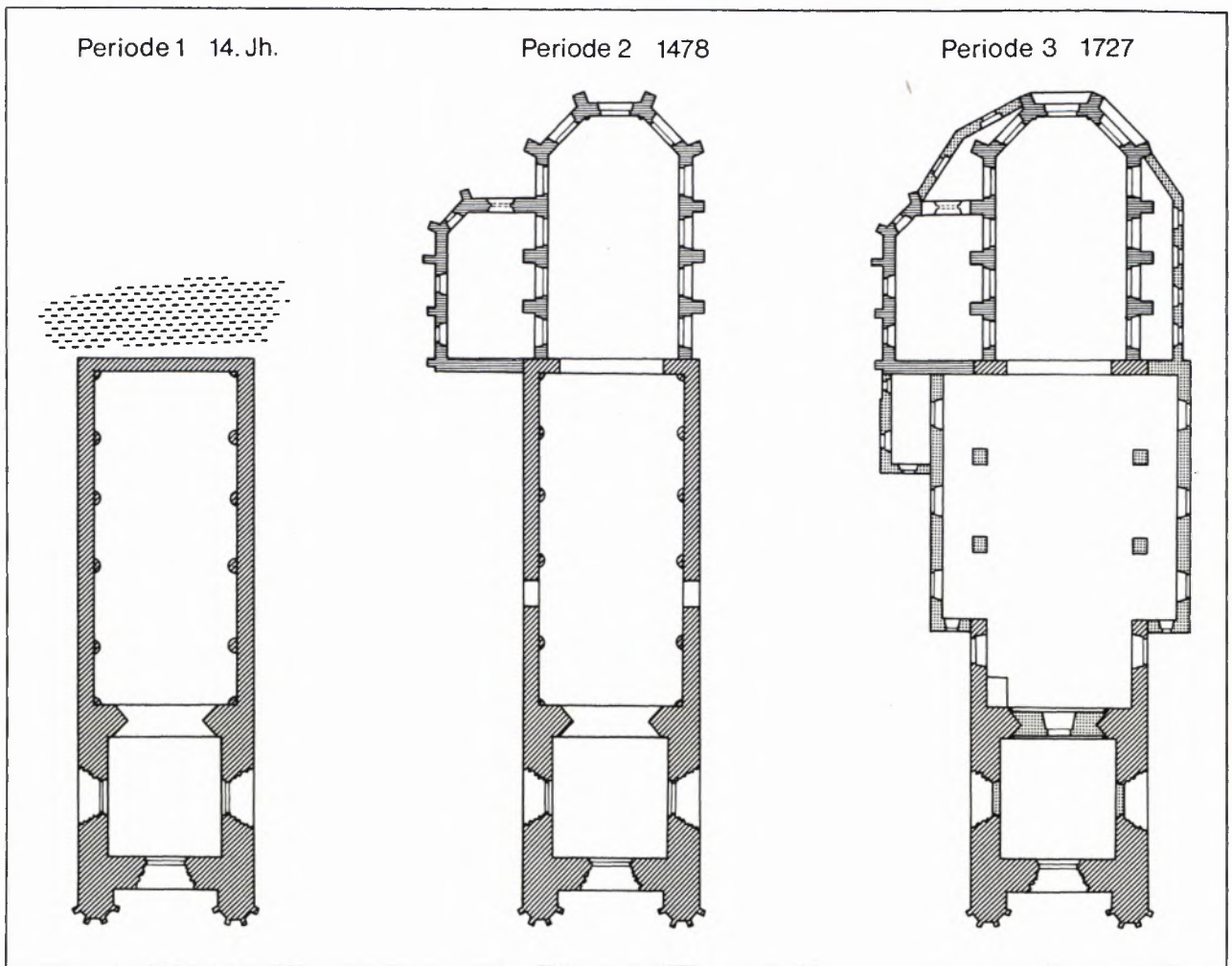
Ebenfalls auf das spätmittelalterliche Bodenniveau nimmt der Einbau einer kleinen Gruft an der Nordseite Bezug. Eindeutig auf die spätgotische Kapellenkirche bezogen sind die Reste einer bürgersteigartigen Terrasse, die sich in beiden Seitenschiffen unter dem Boden des Barockbaus, also außerhalb der Seitenwände der gotischen Kirche, befand. Diese Terrasse oder Rampe seitlich der Längswand wird auf der Pürschgerichtskarte von 1564 deutlich dargestellt.

Der hier wiedergegebene Bauzustand hat sich wohl im wesentlichen bis ins beginnende 18. Jahrhundert erhalten.

c) Mehrere Planzeichnungen, die anlässlich der Niederlassung der Jesuiten entstanden – wohl alle erst nach 1692 –, geben mehr oder minder schematisch den Bauzustand des späten Mittelalters wieder.

Besonders deutlich ablesbar waren die stufenweisen Bemühungen einer Erneuerung der Kirche durch die

Jesuiten. Der erste Schritt ist durch die Pläne von 1727 eindeutig belegt: am eingreifendsten sollten die Veränderungen in die Raumgestaltung wirken. Dies beginnt bereits mit einer größeren Jocheinteilung, die mit Hilfe von Wandpilastern erreicht werden sollte. Strebepfeiler sollten die offenbar bereits erkannte Schwäche der Seitenwände auffangen. Die querschiffartigen Annexe waren bereits im Bau und wurden unter dem Fußbodenniveau festgestellt. Sie lassen sich auch an Baunähten im Sockelbereich außen ablesen. Unter dem Nordseitenschiff fand sich in dem einen Nebenraum die Grabgruft der Jesuiten. Sie erstreckte sich ursprünglich noch außerhalb der Kirche in den heutigen Straßenraum, wurde jedoch im 19. Jahrhundert abgerissen. Der Einsturz der Chorgewölbe war dann Anlaß für den Neubau des Kirchenschiffes. Man behielt weitgehend den Wandaufriß und das Gliederungsschema der ersten Planung bei. Das Schiff wurde jedoch als dreischiffige Halle ausgeführt, deren Pfeiler auf den Fundamenten der gotischen Seitenwände stehen. Die Seitenschiffe nehmen etwa die Breite der spätmittelalterlichen Terrassen ein und entsprechen der Ausladung der ursprünglich geplanten Querarme. Die barocke Halle schließt jedoch nicht direkt an den Turm an: Hier blieb ein Zwischenjoch des gotischen Kirchenschiffes stehen. Durch den Einbau der Orgelempore und die seitlichen Eingänge



3 KAPELLENKIRCHE. Die Bauperioden auf der Grundlage der Ausgrabungen.

4 DAS INNERE der Kapellenkirche gegen Ende der Ausgrabungen. Die barocken Pfeiler stehen auf den gotischen Seitenwänden. Sie erhielten dadurch eine stabile Fundamentierung. An den Seitenwänden sind jeweils 3 der halbrunden Gewölbevorlagen sichtbar. Dicht vor der ehemaligen Ostwand, dem heutigen Chorbogen, befindet sich das Fundament des Hochaltars. Etwa in der Mitte verläuft ein Mauerzug der Wohnbebauung des 13. Jh.

5 KERAMIK DES 13. JH.; einige Beispiele aus den Abfallgruben der Wohnbebauung vor der Errichtung der Kapellenkirche.



6 STADTGRUNDRISS von Rottweil mit Rekonstruktion der mittelalterlichen Baustruktur (nach C. Meckseper). Im Bereich der Kapellenkirche wurden Korrekturen nach den neuen Grabungsbefunden vorgenommen.

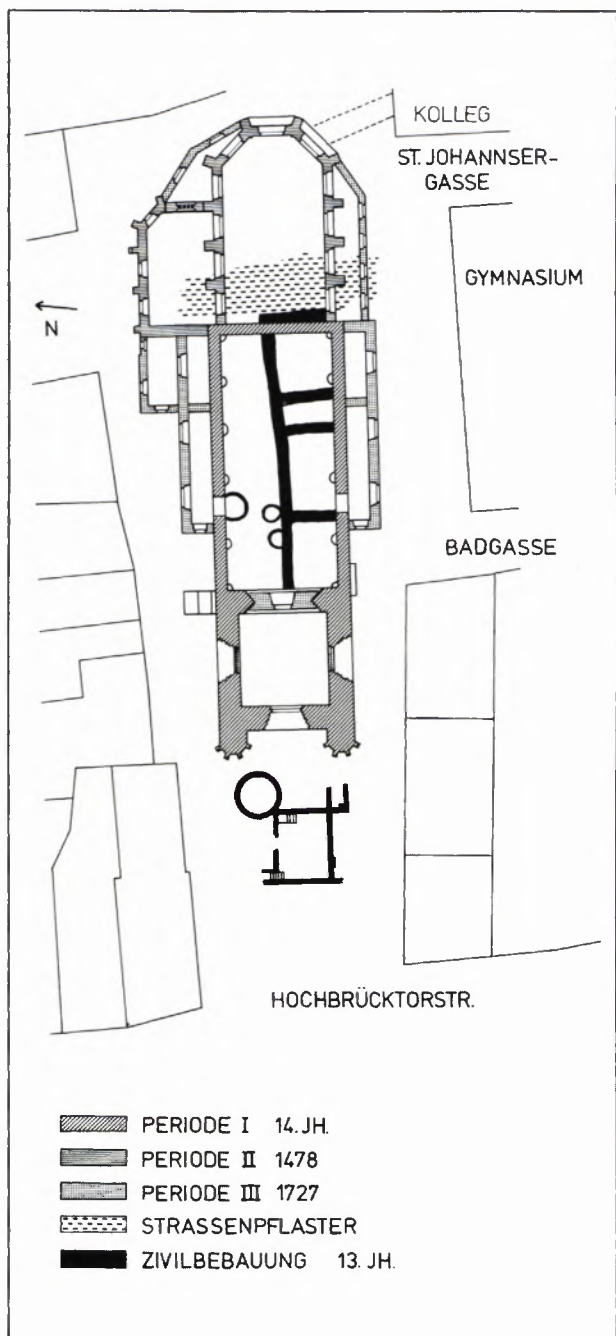
erhält es den Charakter einer Vorhalle. Zu diesem Zeitpunkt wurde auch die Erdgeschoßhalle des Turmes, die ursprüngliche Eingangshalle, als Kapelle abgetrennt.

3. Siedlungsbefunde

Nicht ganz unvermutet, aber in ihrem Umfang überraschend, waren die unter dem Kirchenschiff angetroffenen Siedlungsbefunde. Es zeigte sich im Zuge der Ausgrabungen, daß das gesamte Gelände, auf dem das Kirchenschiff errichtet wurde, vorher bereits bebaut war. Ein in unterschiedlichen Bauabschnitten errichteter Mauerzug erstreckt sich ungefähr auf der Mittelachse

durch das gesamte Mittelschiff. Nach Osten weicht er allmählich stärker nach Norden aus. An mehreren Punkten setzen Querwände nach Süden von unterschiedlicher Stärke an. Stellenweise wies die Südseite weiß getünchten Verputz auf. Mehrere Bodenniveaus aus festgestampftem Lehm, Mörtelstrich und Tonplatten weisen auf eine lang dauernde Benutzung hin. Auch sonst waren Umbauspuren erkennbar. Die Nordostecke des oder der Gebäude kam im heutigen Chorraum direkt außerhalb der östlichen Fassade der älteren Kapelle zum Vorschein; die ehemalige Hauswand verlief ein wenig schräg zu dieser Fassade. Die Art der Nutzung





7 GRUNDRISS der Kapellenkirche mit den Grabungsbefunden von 1927 und den neuen Befunden.

der Gebäude bleibt einstweilen unbekannt. Teilweise handelt es sich jedoch wohl um Wohnräume, wie man den getünchten Wänden und dem Ziegelboden entnehmen kann. Die Südfront konnte nicht festgestellt werden. Der östliche Raum, über dem teilweise der erste Hauptaltar errichtet wurde, war offensichtlich wesentlich tiefer gegründet, da hier starke Bodensetzungen auftraten. Der gewachsene Boden wurde nicht erreicht. Angesichts der geringen Abmessungen der Grundstücke halte ich es für sicher, daß die ursprüngliche Südfront außerhalb der Südfront der gotischen Kapellenkirche lag. Vielleicht im Bereich der barocken Baugrenze. Denn hier bezog man ja im späteren Mittelalter Straßenraum durch die gepflasterte Terrasse in den kirchlichen Bereich ein, der später in gleicher Breite von der Seitenschiffwand überbaut wurde. Aus statischen Gründen konnte hier nur das spätmittelalterliche Pflaster freigelegt, aber nicht tiefer gegraben werden. Die Rückfront der Gebäude war offensichtlich einem Wirtschaftshof zugekehrt. In der Westhälfte der Kirche fanden sich hier drei in den gewachsenen Boden eingetiefte Abfallgruben, die unter anderem reichlich Keramik seit dem beginnenden 13. Jahrhundert enthielten.

Schließlich war besonders auffallend der Fund eines gepflasterten Straßenstückes außerhalb der Ostfront, also unter dem spätgotischen Vorchor. Diese findet ihre Verlängerung in Richtung Untere Hauptstraße. In welcher Beziehung zu den vorgeschilderten Siedlungsbefunden die Mauerzüge mit mutmaßlichem Brunnen-schacht auf dem Vorplatz gehören, die 1927 ergraben wurden, bleibt einstweilen dahingestellt. Die Planaufnahme allein, die ohne Grabungsbericht und ohne Fotos auf uns gekommen ist, gibt da nur geringe Anhaltspunkte.

4. Die Lage der Kirche im Stadtgrundriß

Versucht man, anhand des von Cord Meckseper erarbeiteten historischen Stadtgrundrisses die Vorstellungen über den Johannesort zur Entstehungszeit der Kapellenkirche zu verdeutlichen, so scheint es, daß die Johannesgasse in einer leichten Krümmung entlang der alten Ostfront ihre Fortsetzung bis auf die untere Hauptstraße fand. Die Häuserblocks wurden durch Erbauung von Kollegium (Konvikt) und Gymnasium ganz erheblich egalisiert. Die Gasse entlang der Kapellen-Südseite mag ursprünglich ebenso durchgegangen sein wie die Engelgasse. Auffallend bleibt der schwäch-tige Häuserblock, der ursprünglich den Standort der Kapelle bis an oder gar unter den Turm einnahm.

Dr. Peter Schmidt-Thomé
LDA · Archäologie des Mittelalters
Colombistraße 4
7800 Freiburg im Breisgau

Günter Eckstein: Die statischen Probleme im Schiff und Chor

Die statischen Probleme und die statischen Sanierungsmaßnahmen in der Klosterkirche von Neresheim, der Wallfahrtskirche von Steinhausen und der Stiftskirche von Herrenberg sind in der Öffentlichkeit bekannt. Die statischen Sicherungen konnten hier nur mit gewaltigem Material- und Kostenaufwand gewährleistet werden. Während diese dramatischen Rettungsaktionen von der Presse bereitwillig aufgegriffen und publiziert wurden, finden andere Kirchenbauten, die nicht weniger gefährdet sind, sich jedoch noch mit einem geringeren Aufwand sanieren lassen, weitaus weniger Beachtung.

Nicht erst in der jüngsten Zeit ist bekannt, daß ein Großteil der Kirchen von den ältesten Bauten im 8. Jahrhundert bis in die Barockzeit statische Probleme haben. Bauliche Veränderungen in früheren Jahren sind häufig auf statische Unsicherheiten zurückzuführen. Fest steht jedoch auch, daß sich in den letzten 30 Jahren die statischen Probleme vervielfältigt haben. Erschütterungen durch Straßenverkehr und Überschallflugzeuge, steigende Erosions- und Korrosionsschäden durch Luftverschmutzung sowie durch Grundwasserabsenkungen hervorgerufene ungleichmäßige Setzungen dürften dafür die Ursache sein. Diese Einflüsse addie-

ren sich zu den bestehenden statischen Schwachstellen auf. Zu nennen sind innere Einflüsse wie konstruktionsbedingte Schwächen und Materialermüdungen sowie äußere Einflüsse wie Windlasten, Schäden durch Erdbeben und Kriegseinwirkungen und geomorphologische Veränderungen des Untergrundes. In der Praxis ist es äußerst schwierig, die genauen Ursachen für die statischen Probleme zu ergründen, da sich die verschiedenen Einflüsse überlagern. Nur eine gründliche und detaillierte Analyse kann zu Ergebnissen führen. Am Beispiel der Kapellenkirche werden Untersuchungsmethoden und Ergebnisse vorgestellt.

1. Ermittlung der Ausgangsdaten

In der Kapellenkirche von Rottweil haben im Schiff und Chor die Lasten der Gewölbe Wände und Pfeiler nach außen gedrückt. Die Gewölbe selbst haben sich dabei ungleichmäßig gesenkt und verschoben. Um diesen Bewegungsablauf aufzuhalten, wurden schon in früheren Jahren statische Sicherungsmaßnahmen vorgenommen. Im Zuge der Bau- und Erneuerungsarbeiten ab 1980 mußten die Fragen der statischen Sicherheit erneut behandelt werden. Um statische Einbauten gezielt dort anbringen zu können, wo sie notwendig



8 PHOTOGRAMMETRISCHE Horizontalaufnahme für die Querschnittsmessung im Chor, Achse 8.



9 PHOTOGRAMMETRISCHE SENKRECHTAUFNAHME für die Vermessung des Gewölbes im Chor. Im Scheitel des Chorboogens befindet sich ein 3 mm starker Riß.

10 PHOTOGRAMMETRISCHE SENKRECHTAUFNAHME für die Vermessung der Deckenansicht im Schiff. Die Orgelempore ist mit zwei Hängebalken in den darüberliegenden Dachstuhl eingehängt. Am Übergang zur Flachdecke, Achse 2, ist die 1927 eingezogene Horizontalschlauder sichtbar.



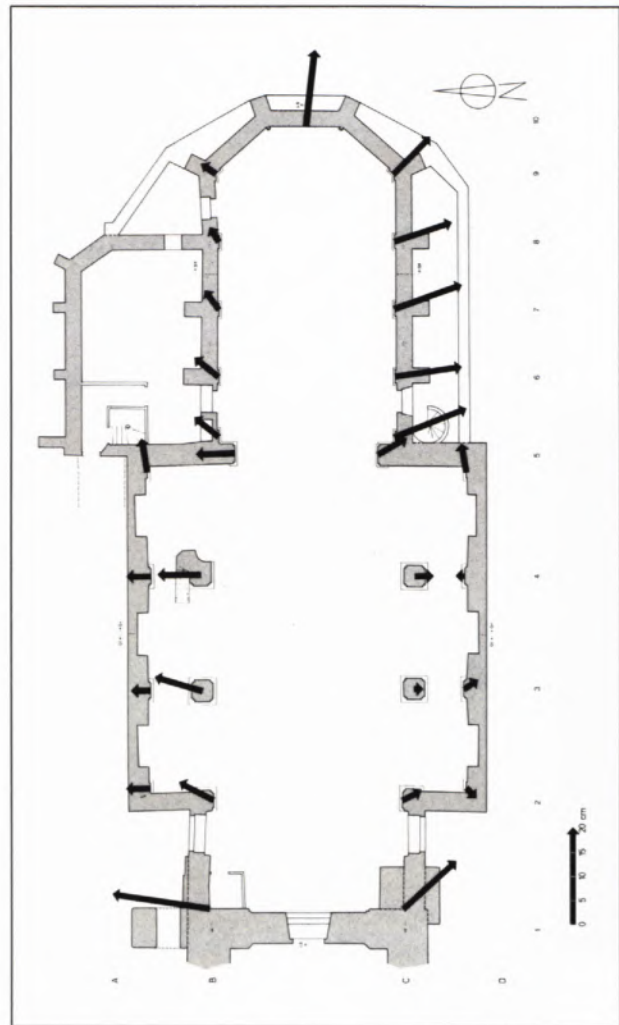
sind, und um andererseits unnötige Eingriffe in die Bausubstanz zu verhindern, mußten die genauen Deformationen bekannt sein. Um die unterschiedlichen Senkungen, Verschiebungen und Neigungen zu erfassen, reichten partielle Vermessungen nicht aus, so daß zur Gewinnung eines Gesamtbildes eine umfassende Grundlagenvermessung notwendig war. Diese Meßergebnisse wurden den sichtbaren Schäden, den bisherigen statischen Einbauten und den Erkenntnissen aus der Baugeschichte gegenübergestellt. Die Verknüpfung dieser Daten bildete die Grundlage für die Planung und Berechnung neuer Maßnahmen für die statische Sicherheit. Zur Gewinnung der Ausgangsdaten waren drei Schritte notwendig:

a) Photogrammetrische Untersuchung

Die photogrammetrische Untersuchung beinhaltete die exakte Vermessung des Innenraumes von Schiff und Chor. Folgende Pläne wurden erstellt: 1 Bodengrundriß, 1 Deckenansicht, 1 Längsschnitt, 3 Querschnitte sowie 2 zusätzliche Gewölbequerschnitte. Sämtliche Pläne sind auf einem einheitlichen Koordinatensystem aufgebaut, so daß die Deformationsmaße, wie die Verschiebungen zwischen Bodengrundriß und Deckenansicht, direkt aus den Planunterlagen abgeleitet werden konnten. Die photogrammetrische Auswertung erfaßte die architektonische Gliederung. Die Ausstattung, wie Gemälde, Wandaltäre und auch die Kanzel, wurde nicht dargestellt. In die Deckenansicht wurde zusätzlich die Rißbildung, hervorgerufen durch die Spannungen in den Gewölben, aufgezeichnet. Photogrammetrisch nicht erfaßbare verdeckte Partien, wie hinter dem Altar und auf der Orgelempore, ergänzte man vor Ort durch Handmessungen. Der Bodengrundriß wurde nach geodätischen Meßmethoden im Zuge der Paßpunktbestimmung für die photogrammetrischen Aufnahmen eingemessen. Zur photogrammetrischen Erfassung des Innenraumes waren 47 Stereoaufnahmen erforderlich. Zur Einpassung der Stereoaufnahmen und für die Einmessung des Bodengrundrisses wurden ca. 180 Einzelpunkte geodätisch eingemessen. Fehlertheoretische Untersuchungen ergaben, daß die Genauigkeit der Stereoauswertung (gezeichnet im Maßstab 1:25) bei ± 1 cm liegt. Die Werte über die Neigungen und Verschiebungen (z. B. Differenzen zwischen Grundriß und Deckenansicht) sind somit mit einer Genauigkeit von 2 cm angegeben. Die Ergebnisse der photogrammetrischen Untersuchung wurden in einem meßtechnischen Bericht zum 20. März 1981 vorgelegt. Die Arbeiten wurden vom Referat Photogrammetrie des Landesdenkmalamtes ausgeführt.

b) Statisches Gutachten

Das Gutachten über die Standsicherheit der Deckengewölbe und Empore gliedert sich in drei Teile: In Teil A sind die bisherigen statischen Sicherungsmaßnahmen analysiert und zeitlich eingeordnet. Der Teil B befaßt sich mit den sichtbaren Schäden an den Oberflächen und, unter Verweis auf die photogrammetrischen Untersuchungen, auf die Formänderungen. Im Teil C werden entsprechende Sanierungsmaßnahmen vorgeschlagen und begründet. Schwerpunkte dabei sind die Sicherung der Orgelempore und der Gewölbe sowie die weitere meßtechnische Überwachung. Das statische Gutachten wurde zum 2. April 1981 vom Ingenieurbüro für Tragwerkplanung Artur Burkard vorgelegt.



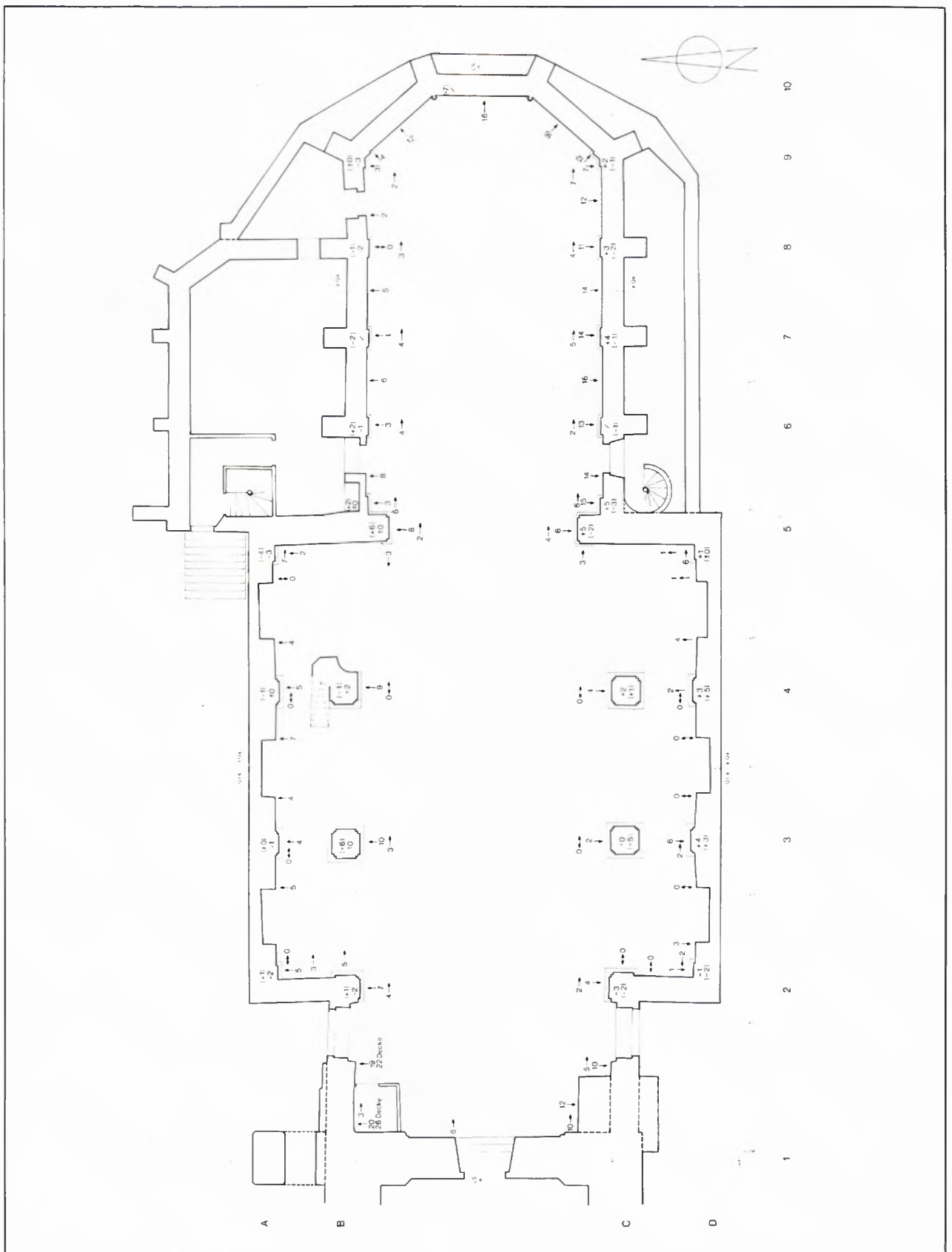
11 WAND- UND PFEILERNEIGUNGEN in der graphischen Darstellung. Die Neigungen ergaben sich durch Gewölbeschübe und die Instabilität des Turmes. Die Pfeile zeigen die Schubrichtungen und die Größenordnungen der Abweichungen gegenüber der Senkrechten an, gemessen in Höhe des Kämpferblocks.

c) Baugeschichtliche Untersuchung

Die bisher gewonnenen Daten konnten nur im Zusammenhang mit der Baugeschichte richtig interpretiert werden. Vor dem Einbau einer Fußbodenheizung wurde in zwei Grabungskampagnen 1980 und 1981 der Untergrund archäologisch untersucht. Dabei wurden neue und wertvolle Erkenntnisse für die Baugeschichte gewonnen. Durch die Freilegung war es in den entsprechenden Bereichen außerdem möglich, die Fundamentierungen zu untersuchen. Erstmals veröffentlicht wurden diese Ergebnisse in den „Archäologischen Ausgrabungen in Baden-Württemberg 1982“. Die Untersuchungen wurden von der Archäologie des Mittelalters, Außenstelle Freiburg des Landesdenkmalamtes, durchgeführt.

2. Interpretation der Untersuchungsergebnisse

Die gemeinsame Auswertung dieser drei Grundlagenuntersuchungen ergab ein Bild über die statischen Probleme und deren Ursachen. Zwei Schwerpunkte kristallisierten sich heraus: die Neigungen, Verschiebungen und Setzungen der Pfeiler und Wände sowie die Deformationen der Gewölbe. Die Meßdaten für die Wände und Pfeiler wurden aus dem Vergleich zwischen Grund-



12 GRUNDRISSZEICHNUNG im Maßstab 1 : 25, verkleinert auf den Maßstab 1 : 200. Genau vermessen, gestützt durch die geodätisch bestimmten Punkte, sind die Innenkonturen. Um ein Gesamtbild zu erhalten, wurden die Außenwände aus der Bauaufnahme von 1927 übernommen. Die Pfeilrichtungen geben die Abweichungen der Wände, Wandvorlagen und Pfeiler an, gemessen in Kämpferblockhöhe, gegenüber der Lage ab Oberkante Sockelprofil bzw. 1,50 m über dem Fußboden. Die Zahlen in den Wänden und Pfeilern zeigen die relativen Höhendifferenzen auf, bezogen auf das arithmetische Mittel aller Angaben. Die Zahlen ohne Klammer beziehen sich auf das obere Ende des Sockelprofils, auf die Höhe 597,22 m ü. NN. Die Zahlen in Klammern beziehen sich auf die Unterkante der Kämpferplatte, auf die Höhe 605,26 m ü. NN.

riß und der Deckenansicht gewonnen, die Gewölbedeformationen wurden aus dem Längs- und den Querschnitten und aus dem Rißbild der Deckenansicht ermittelt.

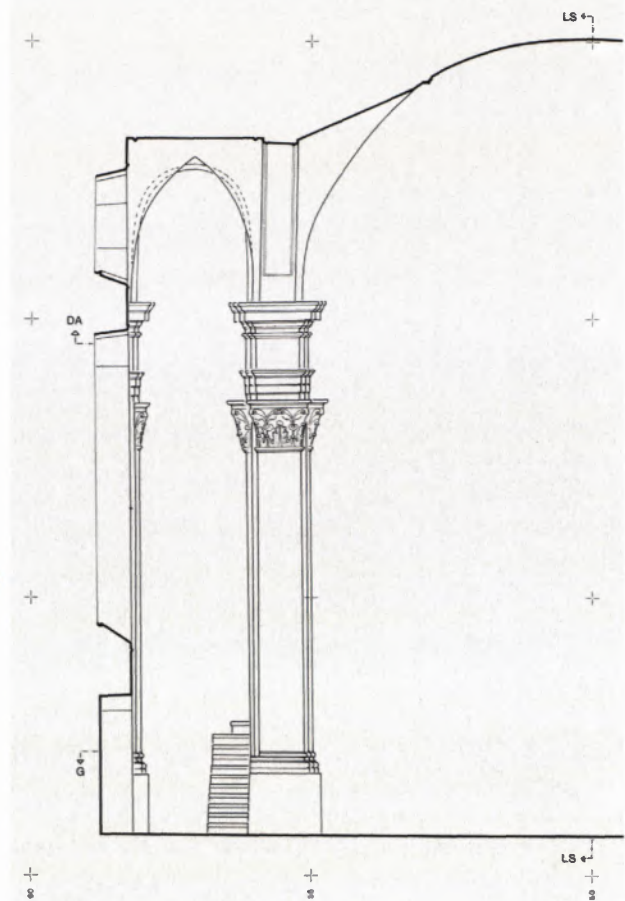
a) Wand- und Pfeileranalysen

Der Eingangsbereich wird von den statischen Problemen des Turmes beeinflusst. Am Übergang vom Turm zum Kirchenschiff wurden auch die ersten eingreifenden Maßnahmen zur statischen Sicherung vorgenommen. An der Südseite des Turmes wurden sowohl innen als auch außen zwei Strebepfeiler gegen den Turm errichtet. An der Nordostecke des Turmes waren die Fundamente ausgewichen, was eine gefährliche Neigung des Turmes nach Norden ausgelöst hat. Nach dem Erdbeben von 1911 wurde deshalb an dieser Stelle ein mächtiger Strebepfeiler, aufgesetzt auf einem Betonfundament, errichtet. Noch heute neigt sich die Nordwand bis zur Höhe von 8 m um 20 cm und bis zur Decke in 12 m Höhe um 26 cm nach außen!

Die Baugeschichte belegt, daß in der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts mit dem Bau der unteren Geschosse des Kapellenturmes an dessen Ostseite eine rechteckige Saalkirche errichtet wurde. Im Jahr 1727 wurde der heute vor uns stehende Barockneubau im Schiff errichtet. Die Mauern des ersten Joches sind jedoch noch Bestandteil der ersten gotischen Saalkirche, sie konnten als Widerlager für den mächtigen Turm nicht verändert werden. Außerdem wollte man die 1721 errichtete Orgelempore nicht wieder verändern. Für diesen Übergangsbereich läßt sich jetzt eine äußerst interessante Berechnung vornehmen: Es ist davon auszugehen, daß die Pfeiler des barocken Baus in Achse 2 senkrecht an die Wände der gotischen Saalkirche angebaut wurden. Bis heute haben sich beide Teile um den hier gemessenen Betrag gleichzeitig nach außen geneigt. Aus den Differenzen der Neigungen lassen sich die Wandneigungen des gotischen Baus vor dem Jahr 1727 berechnen. Die Wände der gotischen Saalkirche haben sich somit im ersten Joch im Süden um ca. 6 cm und im Norden um ca. 12 cm nach außen geneigt!

Die Orgelempore neigt sich, erkennbar im Längsschnitt, vom Turmansatz bis zur Vorderkante 11 cm nach unten. Da die Empore mit zwei Hängebalken in die freitragende Dachkonstruktion aufgehängt ist, hat sie die Neigung der Nord- und Südwände nach außen nicht bewirkt, sondern wurde davon indirekt beeinflusst.

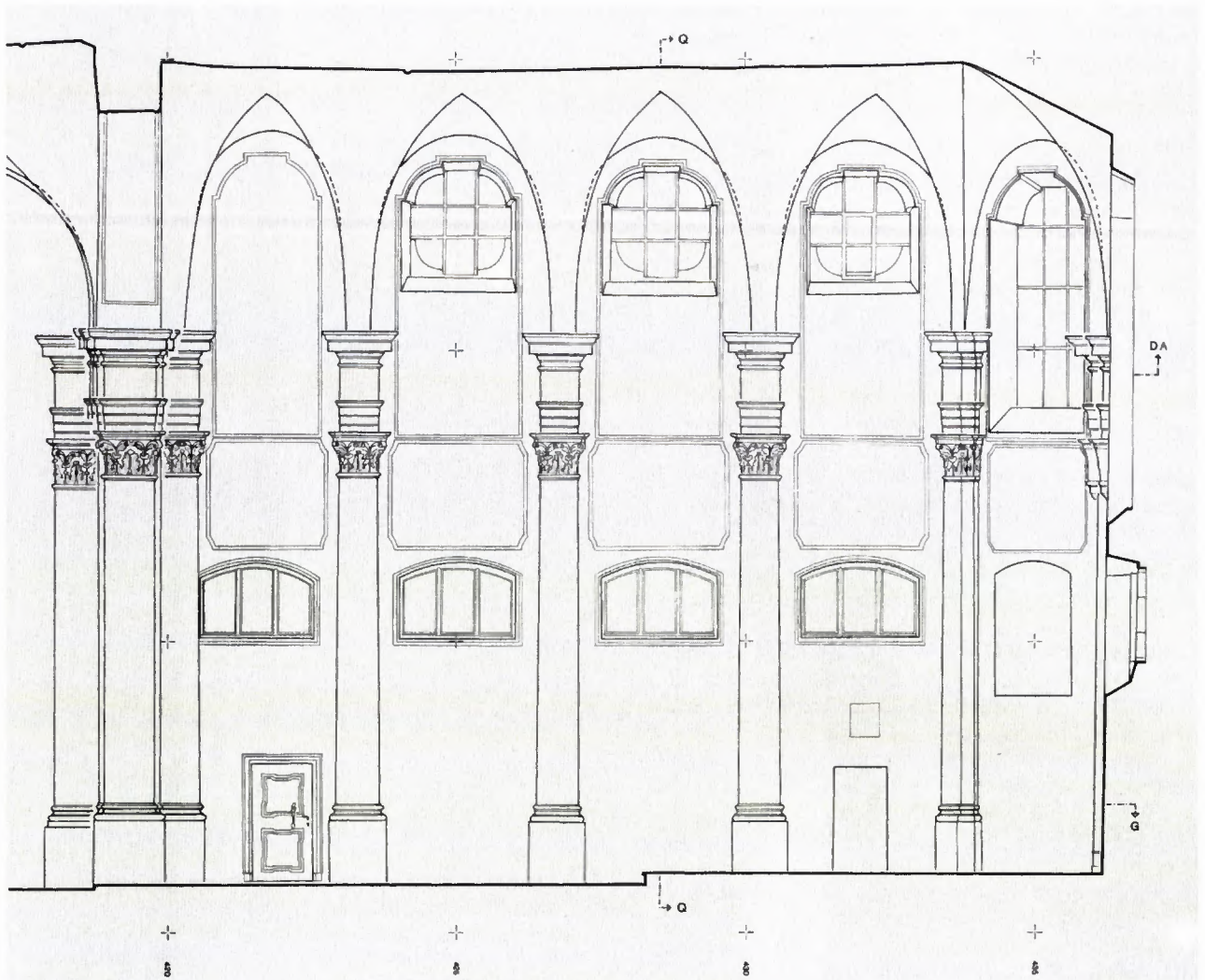
Im Schiff beeinflusste die starke Neigung der Nordostecke des Turmes nach Norden offensichtlich die Richtung des Gewölbeschubes. Die beiden frei stehenden nördlichen Pfeiler neigen sich um 9 bis 10 cm nach außen. Dieser Schub wurde durch die Seitenschiffgewölbe etwa zur Hälfte aufgefangen, was die Folge hatte, daß die Gewölbe nach oben deformiert wurden. Im südlichen Bereich neigen sich die Pfeiler um 2 bis 4 cm nach außen, die Seitenschiffwand differiert von 6 cm nach außen bis 4 cm nach innen, was auf Wandunregelmäßigkeiten zurückzuführen ist. Die Südseite des Schiffes ist somit relativ stabil geblieben. Da die Gewölbe der Seitenschiffe senkrecht zum Mittelschiffgewölbe verlaufen, machen sich die Gewölbeschübe an den östlichen und westlichen Seitenschiffwänden bemerkbar. Diese Wände sind an den Außenseiten um 3 bis 7 cm mehr nach außen geneigt als in Höhe der Pfeilerreihen.



13 DER NÖRDLICHE TEIL DES QUERSCHNITTS in Achse 4. Durch den Gewölbeschub hat sich der Pfeiler nach Norden geneigt. Die Knickstelle ist an der Oberseite des Kämpferblocks. Das Seitenschiffgewölbe hat den Schub teilweise aufgefangen, es wurde nach oben gedrückt. Die Außenwand neigt sich noch etwa halb so stark wie der Pfeiler nach außen.

Bei den Ausgrabungsarbeiten im Schiff zeigte sich, daß die Pfeiler des barocken Baus auf den unteren Lagen der abgetragenen Langhausmauern des Vorgängerbaus errichtet wurden. Sie erhielten dadurch eine stabile Fundamentierung.

Während im Mittelschiff die Verschiebungen durch den Gewölbedruck hauptsächlich nach Norden erfolgten, wurde der Druck im Chor weitgehend entgegengesetzt, auf die Südwand, abgeleitet. Auch hier ist die Ursache durch die Baugeschichte begründet. 1478 wurde die Ostwand der bestehenden Saalkirche niedergelegt und im Anschluß daran der Chor neubau errichtet. Gleichzeitig wurde an der Nordseite die Sakristei erbaut. Sie hat sich bis heute stabilisierend auf die Schubrichtung des Gewölbes ausgewirkt. Die Verwindung zeichnet sich im Bereich des Chorbogens ab. Die Neigung der Nordseite nach außen beträgt 8 cm, die der Südseite nach außen 6 cm. Ein 3 mm starker Riß im Chorbogen sowie ein Höhenunterschied von 8 cm zwischen dem südlichen und nördlichen Kämpferblock zeugen von den Spannungen in diesem Bereich. Die Südwand des Chores neigt sich im Durchschnitt um 13 cm nach außen, die Nordwand im Durchschnitt nur um 3,5 cm. Der gesamte Chorbereich neigt sich, ablesbar an den Wandvorlagen, nach Osten. Die Neigungen betragen an der Nordseite durchschnittlich 3 cm, an der Südseite durchschnittlich 5 cm. Die östliche Außenwand neigt



14 LÄNGSSCHNITT IM CHOR mit Blickrichtung nach Norden. Die gewaltigen Spannungen im Bereich des Chorbogens bewirkten die unterschiedlichen Höhen, erkennbar an den Basen und an den Kämpferblöcken. Bei der Barockisierung wurde das Netzgewölbe im Chor in ein Tonnengewölbe mit Stichkappen umgewandelt. Die Bogenansätze stimmen deshalb weder lage- noch höhenmäßig mit den Wandvorlagen überein. Die Ostwand neigt sich, bedingt durch das Gewölbe am Chorpolygon, bis in Kämpferblockhöhe stark nach außen.

sich, bedingt durch das Gewölbe am Chorpolygon, bis zu 16 cm nach außen. Die Anbauten an der Südseite des Chores sind mit dem barocken Umbau um 1727 entstanden. Auch hier dürften die durch den Gewölbeschub bedingten Neigungen an der Süd- und Ostwand größtenteils schon vorher bestanden haben. Der Anbau und die halbhobe Vermauerung an der Außenwand am Chorpolygon haben seitdem sicherlich eine Stabilisierung bewirkt. Ein ganz markanter Knick ist an der Nordwand in Achse 8 am Ende der Sakristei festzustellen. Während sich die Sakristeiwand als stabiles Widerlager zeigt, ist auf einer Strecke von nur 3 m bis zur Achse 9 das Fundament ca. 18 cm nach außen ausgewichen. Da trotz dieser erheblichen Abweichung keine offensichtlichen Schäden feststellbar sind, ist nicht auszuschließen, daß hier Bauungenauigkeiten mit die Ursache sind.

b) Gewölbeanalysen

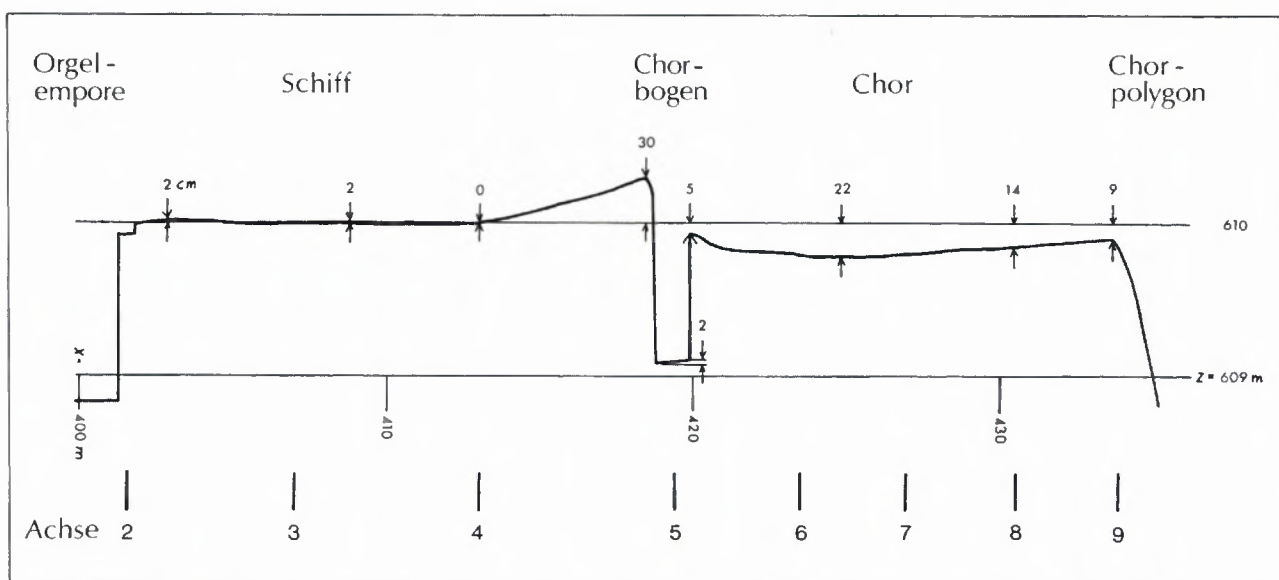
Während bisher Neigungen, Verschiebungen und Setzungen von Pfeilern, Wandvorlagen und Wänden, teilweise hervorgerufen durch die Gewölbeschübe, behandelt wurden, stellt sich jetzt die Frage, inwieweit die

Gewölbe selbst deformiert wurden und welche Verformungen an den Übergängen zu den Pfeilern und Wänden aufgetreten sind. Aus fünf Querschnittsmessungen und aus dem Längsschnitt wurde hierzu eine exakte Analyse ausgearbeitet. Wesentliche Erkenntnis daraus ist, daß bei Pfeiler- und Wandneigungen an den Oberkanten der Kämpferblöcke die Gewölbeansätze abgknickt sind. An den Kämpferplatten selbst sind Neigungen, Setzungen und Verdrehungen ablesbar.

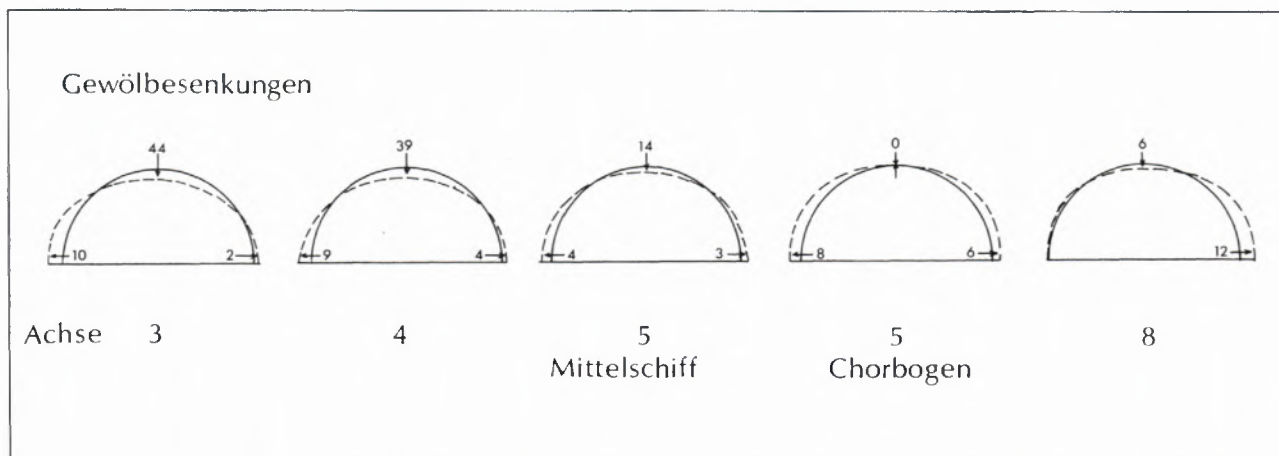
Dadurch, daß durch die Gewölbeschübe sich Pfeiler und Wände nach außen neigten, senkten sich im Scheitel die Gewölbe beträchtlich. Die ursprünglichen Formen der Gewölbe lassen sich errechnen, wenn man davon ausgeht, daß die Gewölbe als Halbkreise ab den Oberkanten der Kämpferplatten konstruiert wurden und daß Pfeiler und Wandvorlagen senkrecht über dem heutigen Sockelbereich standen. Auf diese Weise wurden bei den fünf Querschnitten die Sollformen dem heutigen Gewölbeverlauf gegenübergestellt und daraus die Verformungen aufgezeigt und die Senkungen im Scheitel ermittelt. Im Mittelschiff beträgt die Senkung 44 cm in Achse 3 und 39 cm in Achse 4 und vor dem Chorbogen nur noch 14 cm. Vergleicht man diese

Werte mit dem Verlauf des Gewölbescheitels aus dem Längsschnitt, zeigt sich, daß diese Werte mit einer Toleranz von wenigen Zentimetern übereinstimmen. Am Chorbogen beträgt die ermittelte Senkung 0 cm, obwohl sich die Wände um insgesamt 14 cm nach außen neigen. Dasselbe gilt für den Querschnitt 8, wo die Senkung 6 cm, die Wandneigung jedoch 12 cm beträgt. Da in beiden Fällen die Gewölbe gegenüber der Kreisform wesentlich flacher sind, muß angenommen werden, daß die Senkungen größer sind. Die Erklärung gibt uns hier wieder die Baugeschichte. Mit den barocken Umbauten wurde, um Flächen für die Deckenmalereien zu schaffen, das gotische Netzgewölbe in ein Tonnengewölbe mit Stichkappen umgewandelt. Rippenfragmente wurden bei den Ausgrabungen gefunden. Vermutlich liegen die Bogenansätze am Chorbogen und im Chor etwa 20 bis 30 cm oberhalb des Kämpferblocks. Die Senkungsberechnungen wären um diesen Betrag zu vergrößern. Der Verlauf des Gewölbescheitels im Chor, gemessen im Längsschnitt, zeigt, daß der Chorbogen wiederum eine Stabilisierung bewirkt, um dann zwischen den Achsen 6 und 7 um 17 cm zu fallen. Bis zum Chorpoly-

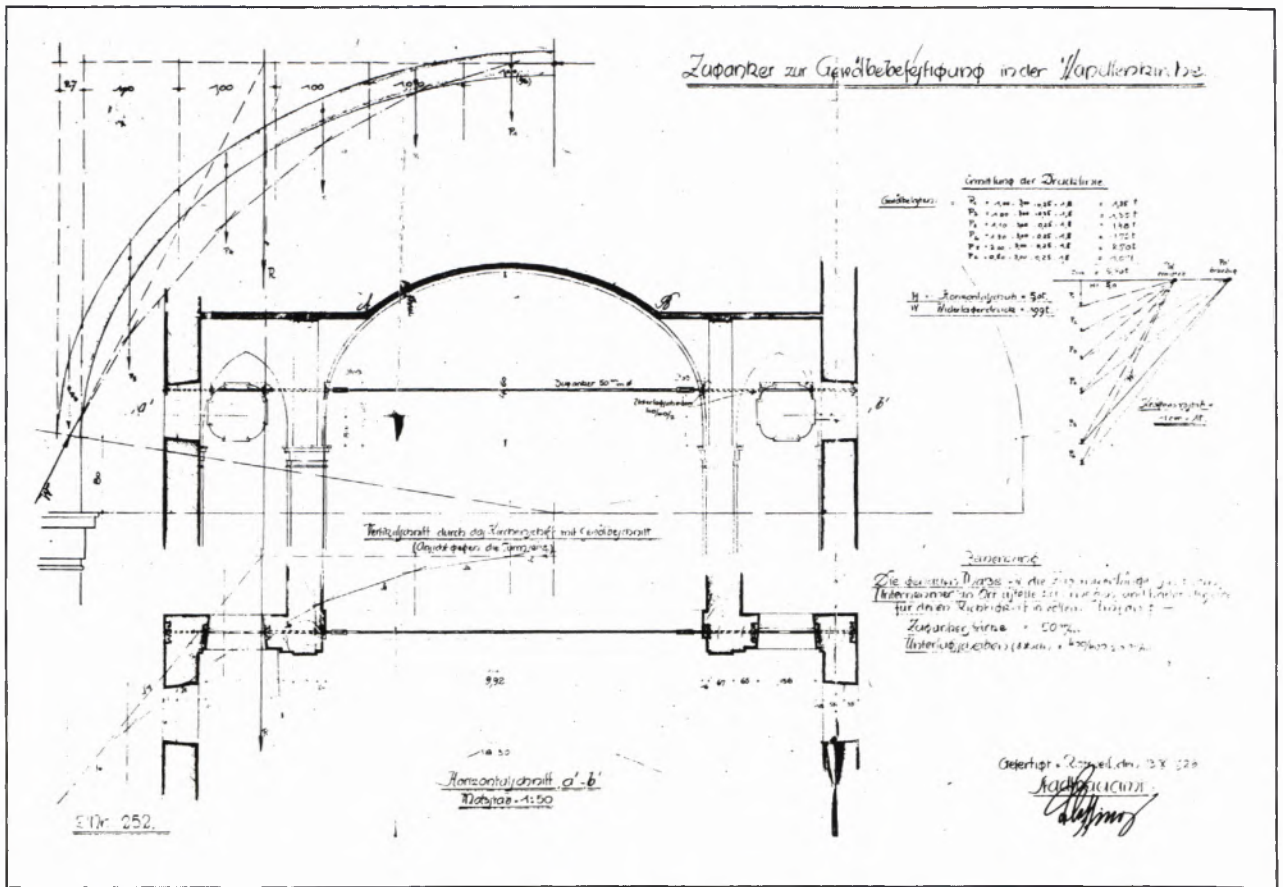
gon steigt anschließend die Scheitellinie wieder um 13 cm an. Äußerst wertvolle Erkenntnisse zeigt das Gewölberißbild, gezeichnet aus den photogrammetrischen Aufnahmen in die Deckenansicht. Ganz deutlich sind die Spannungsfelder an der Häufung der Risse ablesbar. Sie verlaufen hauptsächlich parallel zu den Längsrichtungen der Gewölbescheitel. Ausgehend vom Chorbogen sind die Risse, bedingt durch die Absenkungen in Richtung Chor und Schiff, besonders gravierend sichtbar. Bei der Ausarbeitung seines Gutachtens fand der Statiker heraus, daß im Schiff in den Achsen 2 und 3 und am Chorpolygon weitaus weniger Risse festzustellen sind als an den übrigen Bereichen. Genau an diesen Stellen wurden schon im Jahre 1927 statische Sicherungsmaßnahmen vorgenommen. In Achse 2 wurde 12 m über dem Fußbodenniveau ein Zuganker (Horizontalschlauder) eingezogen, der sowohl im Hauptschiff als auch in den Rundfenstern der Seitenschiffe sichtbar ist. In Achse 3 setzte man einen betonummantelten Eisenfachwerkbinder über dem Gewölbe ein, gleichermaßen wurde das Chorpolygon abgesichert. Das Kirchen-



15 VERLAUF DES GEWÖLBESCHEITELS in Schiff und Chor, die Höhen sind gegenüber den Längen im Verhältnis 1:5 überhöht. Durch die Querversteifungen wirken sich Chorbogen und Chorpolygon auf die Gewölbesenkungen stabilisierend aus.



16 BERECHNUNGEN DER GEWÖLBESENKUNGEN im Mittelschiff und Chor, basierend auf der Annahme, daß die Gewölbe als Halbkreise ab Oberkanten Kämpferplatten konstruiert wurden, und daß Pfeiler und Wandvorlagen senkrecht über dem heutigen Sockelbereich standen. Im Mittelschiff stimmen diese Werte mit dem Verlauf des Gewölbescheitels nahezu überein, während die Werte am Chorbogen und im Chor durch die Barockisierung unbrauchbar sind.



17 PLAN VON 1926 zum Einbau eines Zugankers zur Gewölbefestigung (Achse 2).

innere wurde anschließend renoviert, so daß die Risse die Gewölbewegungen nach diesem Zeitpunkt signalisieren. 1960 wurden im Chor in den Achsen 6, 7 und 8 drei weitere Stahlfachwerkbinder über dem Gewölbe eingezogen und in einem ringsumlaufenden Stahlbetongurt in den Außenwänden und den Strebepfeilern verankert.

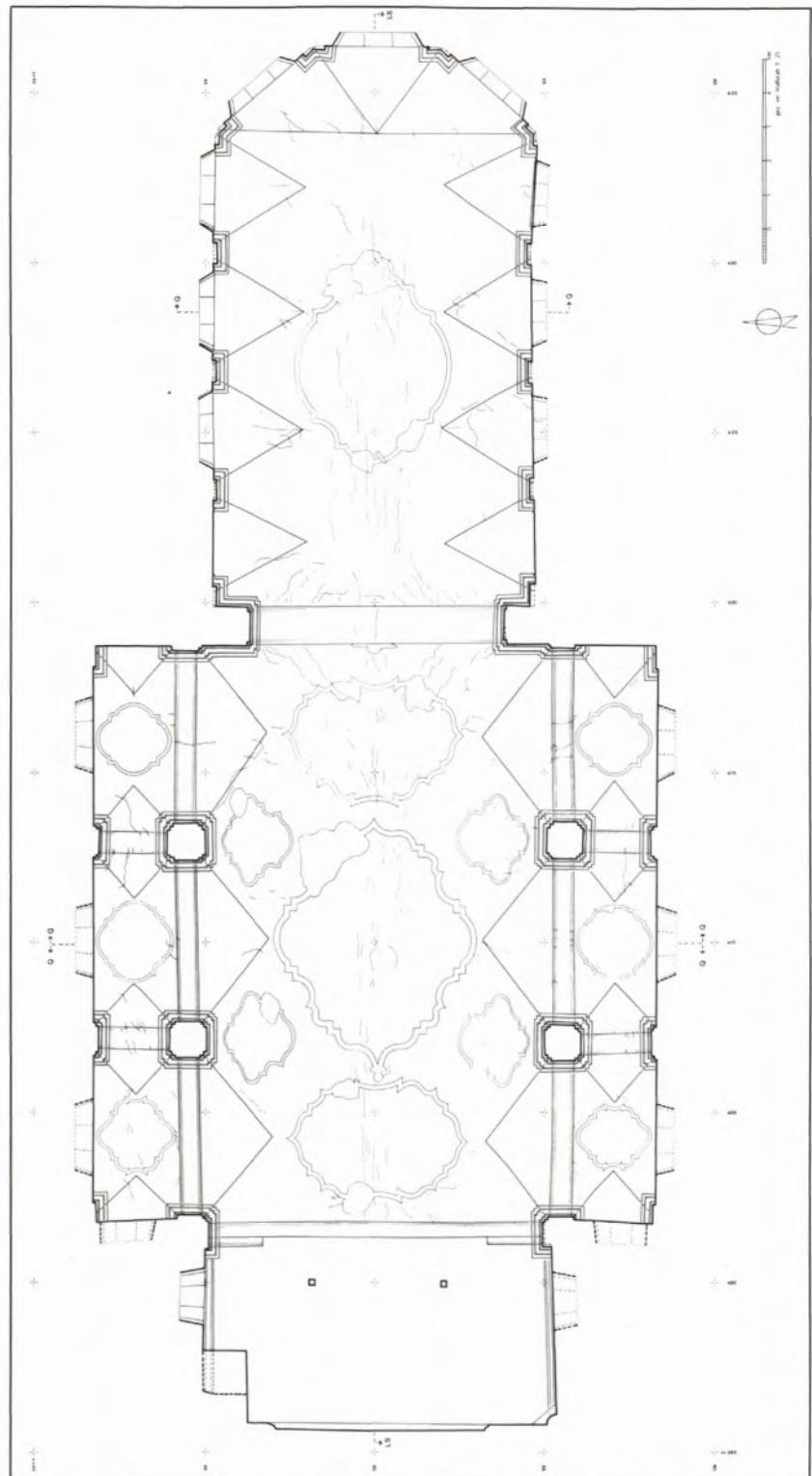
3. Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen im Chor und Schiff der Kapellenkirche in Rottweil bildeten die Grundlage für die Planung und Berechnung der neuen statischen Sicherungsmaßnahmen und geben die Begründung für die neuen Einbauten. Es hat sich gezeigt,



18 DER SCHEITELTEIL der betonummantelten Eisenkonstruktion über dem Gewölbe in Achse 3 von 1928.

19 DECKENANSICHT mit Gewölberißbild. Die Risse zeigen deutlich die Spannungsfelder, hervorgerufen durch die ungleichmäßigen Senkungen der Gewölbe.



daß durch eine umfassende meßtechnische und wissenschaftliche Untersuchung die statischen Sicherungsarbeiten auf das notwendige Maß beschränkt werden können und trotzdem eine maximale Absicherung erreicht wird. Ziel der Maßnahmen ist nicht, die Verformungen rückgängig zu machen, sondern weitere Vergrößerungen zu verhindern. Es kann mit Bestimmtheit behauptet werden, daß ohne die hier aufgezeigten Grundlagenuntersuchungen eine „statische Übersicherung“ hätte vorgenommen werden müssen. Viele Beispiele belegen aber, daß durch Überdimensionierungen, insbesondere in Verbindung mit neuen Baumate-

rialien wie Zement und Beton, Versteifungen und dadurch neue Spannungen und Verformungen auftreten. Bei den Überlegungen zur statischen Sanierung von Schiff und Chor der Kapellenkirche wurde darauf geachtet, daß der Bau in sich beweglich bleibt. Nicht zuletzt konnte durch die behutsamen Eingriffe die historische Bausubstanz weitgehend unangetastet bleiben.

Günter Eckstein
LDA · Referat Photogrammetrie
Mörikestraße 20
7000 Stuttgart 1

Artur Burkard: Die statischen Sanierungsarbeiten im Schiff und Chor

Den statischen Sicherungsmaßnahmen von 1982 in der Kapellenkirche gingen umfangreiche Voruntersuchungen voraus. Grundlage für die statische Sanierung war das Gutachten vom 2. April 1981. Hier wurden die bisherigen statischen Sicherungsmaßnahmen und die aufgetretenen Schäden analysiert. Das darauf aufbauende Lösungskonzept für die Sanierung wurde vollständig übernommen und ausgeführt. Es gliedert sich in zwei Teile: Statische Maßnahmen für die derzeitige Sicherung und Installation von Meßeinrichtungen für Langzeitbeobachtungen.

1. Schäden

a) Deckengewölbe

An den Deckengewölben zeigen sich Risse unterschiedlicher Breite. Die Hauptrisse verlaufen im Gewölbescheitel parallel zur Firstrichtung und sind zwischen 0,3 mm und 0,5 mm stark. Außerdem verteilen sich feine Haarrisse über die gesamte Gewölbeoberfläche.

An der Entstehung der Risse dürfte der seit 1930 erheblich gestiegene Straßenverkehr maßgeblich beteiligt sein. Bis in die 60er Jahre war zudem die Straße vor der Kapellenkirche mit einem Kopfsteinpflaster versehen, das die Verkehrserschütterungen noch verstärkte. Bis zur Inbetriebnahme der Bundesautobahn führte der ganze Schwerlastverkehr der B 14 und B 27 durch die Innenstadt. Erdbeben und Überschallknalle dürften das ihrige dazu beigetragen haben.

b) Chorbogen

Im Scheitel des Chorbogens war ein 3 mm breiter, durchgehender Riß. Weitere kleinere Risse (0,5 bis 1,0 mm) schlossen sich an. Abplatzungen des Putzes konnten nur im Bereich des 3 mm dicken Risses festgestellt werden.

c) Empore

Bei der Empore sind beträchtliche Durchbiegungen und Einsenkungen vorhanden. Sie ist mit zwei Holz-



20 DAS KIRCHENSCHIFF während der Bauarbeiten. Blick nach Westen. Die Orgelempore ist vorn stark durchgebogen. An den Hängebalken ist sie in die freitragende Dachkonstruktion aufgehängt.

hängebalken in der freitragenden Dachkonstruktion aufgehängt. An der Verankerungskonstruktion im Deckengebälk oberhalb des Gewölbes sind frühere Eingriffe erkennbar. Beweis: Der vorhandene sehr starke Verankerungsbalken (Querbalken) ist „zugesägt“ und nicht „gebeit“. Zwischenzeitlich ist er spannungslos geworden. Vermutlich wurde der Balken später im Hängesäulenbereich durch 1,20 m lange Lagerhölzer unterkeit. Die Lasten wurden dadurch wieder den vorhandenen Deckenbalken zugewiesen. Anscheinend wurde durch diese Arbeiten versucht, die Durchbiegung der Empore zu mindern!

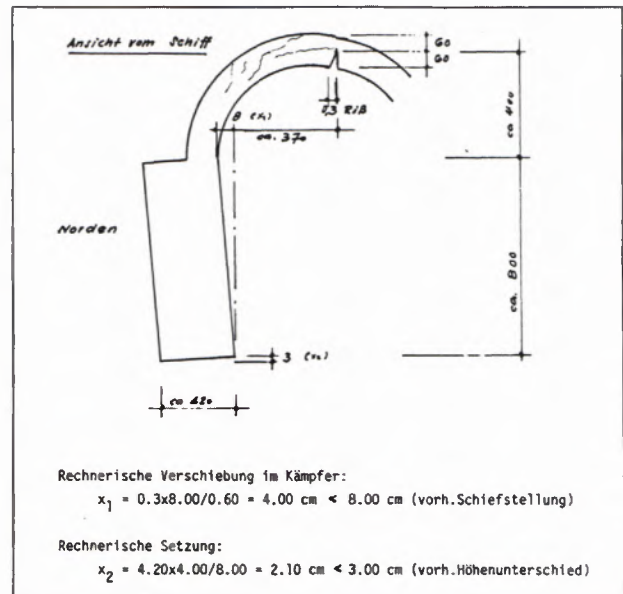
2. Sanierungsmaßnahmen

a) Gewölbe

Die photogrammetrischen Auswertungen zeigen im Scheitel des Gewölbes Felder mit Rissen unterschiedlicher Breite. In den Achsen 3 und 9 ist die Intensität der Risse auffallend kleiner. Die hier eingebauten Zugbinder zeigen Wirkung, d. h. sie haben offensichtlich eine größere Verschiebung des Gewölbes verhindert. Seinerzeit wurden die Binder ohne Vorspannung an die Gewölbe angeschlossen. Die Binder erhielten erst Last, nachdem die Außenwände weiter ausgewichen waren. Die Entstehung von neuen Rissen war daher unvermeidlich.

Im Chor wurden 1959/60 in den Achsen 6 bis 8 drei weitere Zugbinder eingebaut. Der Chor dürfte damit vorerst gesichert sein.

Zur Gewährleistung der Standsicherheit des Gewölbes im Bereich der Achse 4 wurde ein neuer Stahlbinder eingezogen. Der alte Binder in Achse 3 und der neue Binder in Achse 4 sind durch einen gemeinsamen Knickverband miteinander verbunden. Das mehrfach abgeknickte Zugband bildet gleichzeitig den Untergurt des Fachwerkträgers. Die Umlenkkräfte aus den Zugbandecken werden über die Fachwerkstäbe in die beiden Vertikalstäbe über dem Auflager eingeleitet. Über angeschweißte, waagrechte Konsolen erfolgt die Lasteintragung in die Außenwände. Zu diesem Zwecke wurden senkrechte Wandschlitze geschlagen, in denen die Konsolen einbetoniert sind. Die gesamte Konstruk-



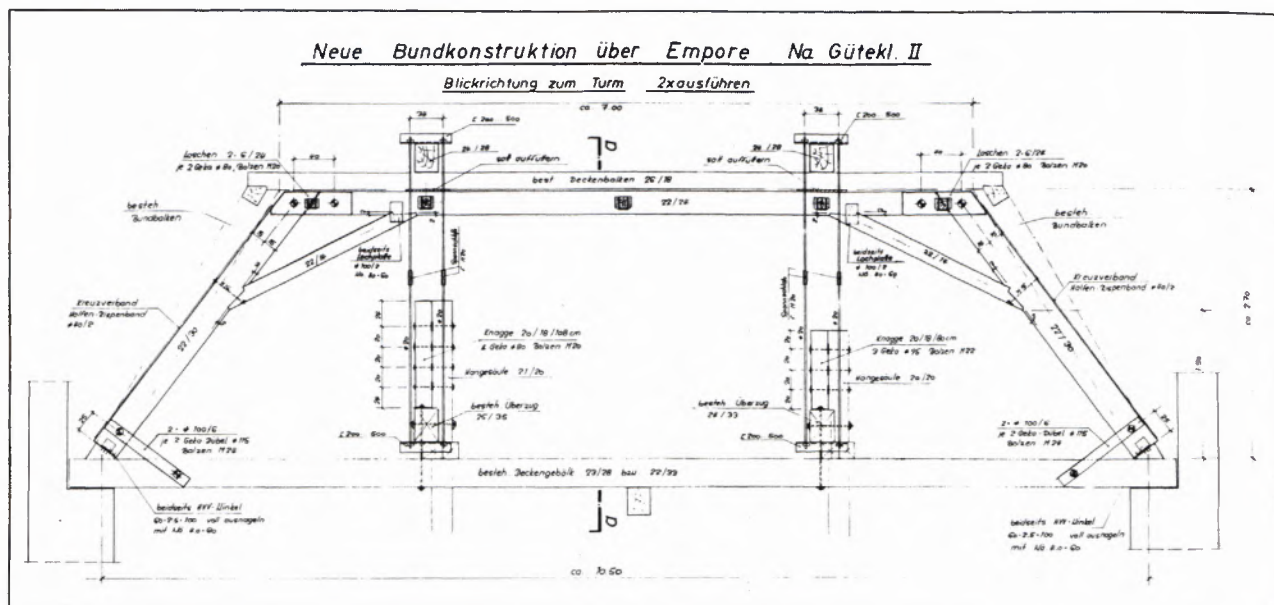
21 RISSBILDUNG AM CHORBOGEN. Ansicht vom Schiff. Berechnung der Verschiebungen und Setzungen.

tion mußte aus Transport- und Platzgründen vor Ort zusammengeschaubt werden. Um die Konstruktion kraftschlüssig anzuschließen, wurde der Binder nach Montageende vorgespannt. Die Anfangsnachgiebigkeit des Binders, hervorgerufen durch das Lochspiel der Schrauben, durch Verformungen bei Lastaufnahme und Stauchungen im Verankerungsbereich waren dadurch weitgehend ausgeschlossen. Die Vorspannung erfolgte mit großer Sorgfalt, um Schäden am Gewölbe zu vermeiden.

Es wurde darauf geachtet, daß die Vorspannung vor der Restaurierung der Deckengemälde erfolgte. In mehreren zeitlich versetzten Abständen wurden nach und nach ca. 40% des errechneten Gewölbeschubes als Vorspannkraft auf den Binder gegeben. Beim 2. Spannungsvorgang nach 4 Wochen konnte ein minimaler Spannungsabfall festgestellt werden, während beim letzten Vorspannen die zuletzt aufgebraachte Spannkraft noch vorhanden war. Risse und andere Schäden konn-



22 VERANKERUNG des Zugbinders über den Gewölbebogen. Über die beiden Schrauben am Gewölbeanfang wurde der Stahlbinder in zeitlich versetzten Etappen vorgespannt.



23 BUNDKONSTRUKTION ZUR SICHERUNG DER EMPORE, eingebaut im Juni 1982.

ten nach Beendigung der Vorspannung nicht festgestellt werden.

b) Chorbogen

Der aufgetretene Riß im Scheitel des Chorbogens muß nach 1928 entstanden sein. Damals wurde der Innenraum restauriert. Die Rißbreite von 3 mm und der Rißverlauf lassen darauf schließen, daß der Kämpfer der Nordseite nach außen ausgewichen ist. Der Chorbogen beteiligt sich an der Aufnahme des Gewölbeschubes nur geringfügig an der oberen Hälfte, da das Gewölbe in der unteren Hälfte vom Bogen losgelöst ist. Es ist daher denkbar, daß diese geringe Kraft nicht ursächlich an der Entstehung der Risse beteiligt war.

1926/30 wurden laut Aufzeichnungen Sickergräben um das Gebäude verlegt. Durch Wasserentzug im Baugrund können ungleiche Setzungen stattgefunden haben. Eine einfache Verhältnisrechnung erhärtet diese Vermutung. Rißbreite zu Rißtiefe im Scheitel verhalten sich in etwa gleich wie die Verschiebung des Kämpfers zu seiner Höhe über dem Fußboden. Die Vermutung liegt nahe, daß inzwischen die einseitige Setzung abgeklungen ist. Für den Chorbogen besteht daher im Augenblick keine Gefahr. Der verbleibende Restquerschnitt oberhalb des Risses ist in der Lage, die Druckkräfte des Chorbogens aufzunehmen. Die Sanierung des Chorbogens bleibt damit auf das Auspressen der Risse mit Traßkalk beschränkt.

c) Empore

Die Empore wird mit einer neuen Orgel versehen. Die statische Berechnung ergab, daß die vorhandenen Zugsäulen für die alten und neuen Lasten ausreichend bemessen sind.

Die Bauteile der Aufhängekonstruktion im Dach waren, wie nicht anders zu erwarten, teilweise sehr stark unterdimensioniert. Die Ursache der sehr starken Einsenkungen der Empore waren damit gefunden!

Bei der Sanierung wurden die Lasten der alten Hängesäulen im Dachgeschoß durch zwei neue Sprengwerke übernommen und direkt auf die Außenwände abgetra-

gen. Der ursprüngliche Zustand der Lastabtragung wurde wiederhergestellt. Die beiden Sprengwerke liegen unmittelbar rechts und links neben der bestehenden Bundkonstruktion. Der alte Bund wird nicht mehr mit Lasten aus der Empore beansprucht.

3. Meßtechnische Einrichtungen

Alle Baumaßnahmen haben nur eine begrenzte Lebensdauer. So werden auch an der Kapellenkirche in Zukunft immer wieder Sanierungs- und Restaurierungsarbeiten erforderlich werden. Durch den Einbau von Meßeinrichtungen werden Daten geschaffen, die bei späteren Arbeiten von großem Wert sein werden.

a) Meßeinrichtungen zur Bestimmung der Quer- und Längsverschiebung an den Kämpfern

Zusammen mit Herrn Prof. Bopp und Herrn Prof. Dr. Müller von der Fachhochschule Furtwangen wurden verschiedene Möglichkeiten untersucht. Die moderne Technik bietet eine Fülle von Lösungen, angefangen von optischen, akustischen bis hin zu den elektronischen Geräten. Man einigte sich schließlich auf eine Meßeinrichtung mit folgenden Vorgaben:

Die Querverschiebungen der Wände und Pfeiler müssen mit einer Genauigkeit von $\pm 1,5$ mm über einen Zeitraum von zunächst 50 Jahren in regelmäßigen zeitlichen Abständen gemessen werden können. Die Messungen und das zugehörige Protokollieren müssen ohne technische Spezialausbildung durchführbar sein. Die Messungen müssen an 24 Stellen ausgeführt werden können. Die Meßeinrichtung selbst darf optisch nicht störend in Erscheinung treten. Die Querverschiebungen müssen in absoluten Distanzwerten gemessen werden können (z. B. in mm). An mehreren Meßstellen müssen zusätzlich Längsverschiebungen gemessen werden können.

Meßeinrichtungen und Meßprinzip: Oberhalb des Kämpfers wurde eine waagrechte Konsolstange montiert, an der ein Lotdraht befestigt wurde (Aufpunkt des Lots). Der Lotdraht (1,5–2 mm Durchmesser, weiß) verbleibt am Aufhängepunkt und endet

ca. 3 m über dem Boden. Wird nicht gemessen, bleibt der Lotdraht an der Wand. Zur Messung wird der Lotdraht um etwa 2 m verlängert und mit einem Gewicht beschwert. Der Meßwert wird an einer geschlitzten, skalierten Meßeinrichtung, durch die der Lotdraht geführt wird, abgelesen und für jede Meßstelle protokolliert. Die Meßeinrichtung wird zur Messung an einer fest im Pfeiler verankerten Anlegeplatte (Bezugsplatte, ca. 60 × 50 × 5 mm) magnetisch befestigt. Wird nicht gemessen, verbleibt außer dem verkürzten Lotdraht lediglich die weiß lackierte, fest verankerte Anlegeplatte in einer Höhe von 1 bis 2 m am jeweiligen Pfeiler. Die empfindlichen Teile der Meßeinrichtung liegen damit außerhalb des Zugriffs von Unbefugten.

b) Höhenbolzen zur Bestimmung von Setzungen

Für die Langzeitbeobachtungen von Setzungen wurden an 35 markanten Stellen Höhenbolzen gesetzt. Die große Anzahl der Punkte ist notwendig, um unterschiedliche bzw. relative Setzungen am Bauwerk festzustellen. Außerhalb der Kirche wurden 3 ungefährdete Sicherungspunkte mit einbezogen, die als Ausgangshöhen dienen und somit auch gleichmäßige bzw. absolute Setzungen erfassen. Die Höhen werden mit einer Genauigkeit von $\frac{1}{10}$ mm bestimmt.

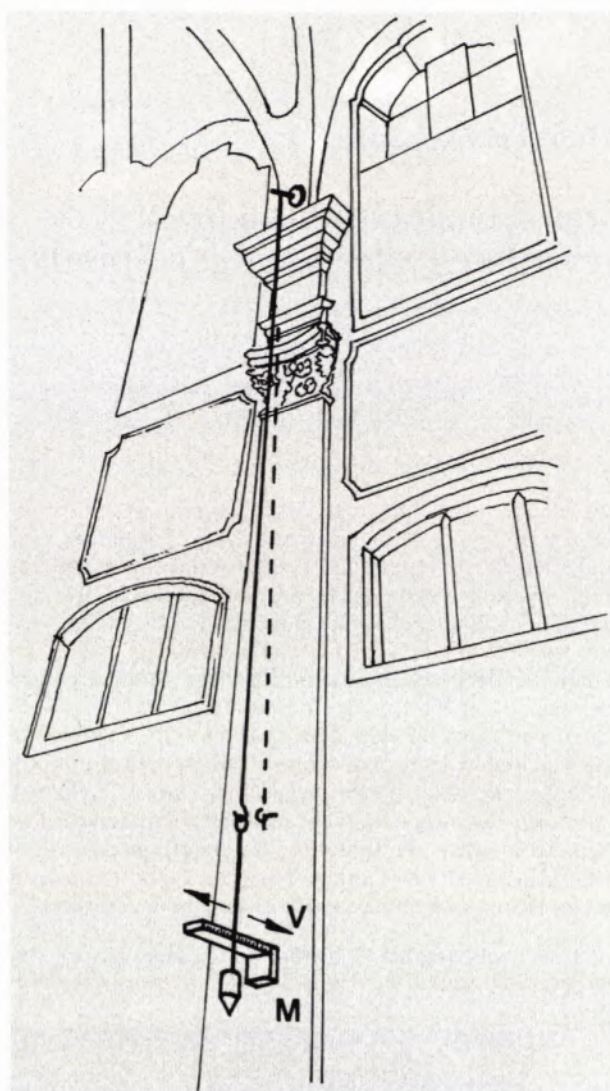
c) Beobachtungszyklus

Es ist zunächst geplant, die Verschiebungs- und Setzungsbeobachtungen im Turnus von einem halben Jahr durchzuführen. Durch je eine Messung im Sommer und im Winter werden weitere wissenschaftliche Erkenntnisse über temperaturbedingte Bewegungen des Bauwerkes erwartet. Je nachdem, ob sich die Werte stabilisieren oder nicht, sind die Beobachtungen in größeren oder kleineren Zeiträumen zu wiederholen.

4. Schlußbetrachtung

Bei der Restaurierung und Sanierung der Kapellenkirche wurden umfangreiche Voruntersuchungen durchgeführt, die sich nahtlos aneinanderfügten. Für die statische Beurteilung waren diese Unterlagen eine wertvolle Hilfe. Fehlinvestitionen konnten vermieden werden. Gleichzeitig wurde eine Dokumentation geschaffen, die die photogrammetrischen Auswertungen, die meßtechnischen Einrichtungen und die Auflistungen der jetzigen und früheren Sanierungsmaßnahmen enthält. Der bauliche „Ist-Zustand 1983 der Kapellenkirche“ ist damit festgeschrieben, so daß nachfolgende Generationen auf diese Ergebnisse zurückgreifen können. Bei künftigen Sanierungen können gezielte Maßnahmen getroffen werden, die weder überflüssige noch schädliche Eingriffe in das Bauwerk verursachen. Bei Auftreten von plötzlichen Gefahren und Schäden, z. B. infolge von Erdbeben, Explosionen usw., können Verschiebungen präzise gemessen werden. Die wirksamsten Gegenmaßnahmen können mit kleinstem finanziellem Aufwand sofort eingeleitet werden. Auch eine langsam sich verschlechternde Bausubstanz ist rechtzeitig erkennbar. Planungen können frühzeitig anlaufen. Die notwendigen Geldmittel können kalkuliert und in die langfristigen Haushaltspläne übernommen werden.

Artur Burkard
Ingenieur-Büro für Tragwerksplanung
Mühlhölle 10
7214 Zimmern 1



24 MESSEINRICHTUNG an einer Wandvorlage zur Beobachtung der Neigungsänderung. Gemessen wird die Verlagerung *V* der Lotschnur. Die Lotschnur wird zur Beruhigung der Ausschwingung in einem skalierten Führungsschlitz der Meßeinrichtung *M* knapp über dem Fußboden geführt. Zur Durchführung der Messung wird die Meßeinrichtung an einer in der Wand eingelassenen Metallplatte durch einen einstellbaren Haftmagneten befestigt und die Lotschnur um ca. 2 m verlängert. Das Verlängerungsstück trägt das Senkblei. Nach vollzogener Messung wird die Meßeinrichtung wieder abgenommen. Ebenso wird der Verlängerungsteil der Lotschnur zusammen mit dem Senkblei ausgehängt. An der Wand verbleibt lediglich die ca. 1 mm dicke Lotschnur (weiß ummantelte Kupferlitze).

Literatur:

- W. Beeh: Der Kapellenturm in Rottweil und seine Skulpturen. Phil. Diss. Bonn 1959.
J. Braun: Die Kirchenbauten der deutschen Jesuiten. 2 Bände. Freiburg 1910.
J. Hennze: Der barocke Umbau der Kapellenkirche in Rottweil. Magisterarbeit Freiburg 1981 (ungedruckt).
C. Meckseper: Rottweil. Untersuchungen zur mittelalterlichen Stadtbaugeschichte. Phil. Diss. Stuttgart 1970 (ungedruckt).
Franz Schmidt/Eugen Ritter: Der Rottweiler Kapellenturm. Vereinsgabe des Altertumsvereins und des Vereins zur Hebung des Fremdenverkehrs in Rottweil für das Jahr 1911.
A. Steinhauser: Das Gymnasium in Rottweil a. N., in: 300 Jahre Gymnasium Rottweil 1630–1930. 79 ff.
A. Steinhauser: Kapellenturm und Kapellenkirche. Rottweil 1948.