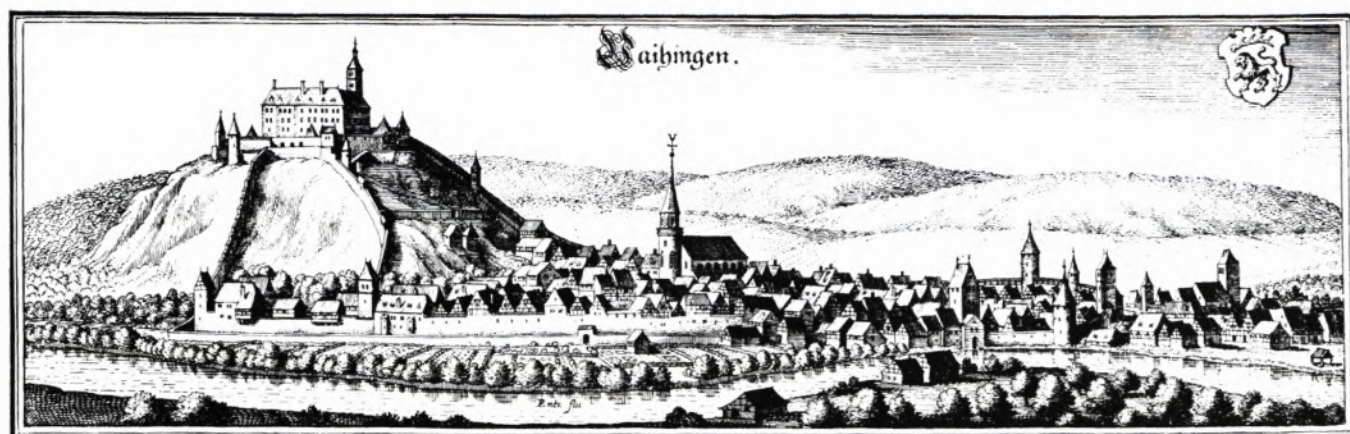


Sanierung und Restaurierung des Turmes der Stadtkirche in Vaihingen an der Enz

Detaillierte Voruntersuchungen als Grundlage für substanzschonende und denkmalverträgliche Maßnahmen

Günter Eckstein



Im Frühjahr 1996 wurde das Bagerüst am Turm der evangelischen Stadtkirche in Vaihingen/Enz entfernt. Nach zweieinhalbjähriger Bauzeit konnte die Sanierung und Restaurierung der Turmfassaden abgeschlossen werden. Zuvor mußte in einer spektakulären Aktion die Gründung des Turmes verbessert werden, da er sich vom Kirchenschiff wegbewegt hatte. In den nächsten Bauabschnitten werden die Fassaden des Schiffes saniert und restauriert.

Erste Schäden wurden bei einer Baubegehung im Juli 1989 erkannt. Auf der Nordseite des dem Kirchenschiff westlich vorgelagerten Turmes, der zugleich Durchgang und Vorhalle des Westportals bildet, wurde über dem Spitzbogen ein Riß festgestellt, der schon in früheren Jahren vermörtelt worden war und sich nun erneut vergrößert hatte. Man mußte davon ausgehen, daß diese Baubewegung länger andauert hatte und nicht zum Stillstand gekommen war. Als Ursache wurden einseitige Setzungen vermutet. Weiterhin hatten sich am Übergang vom viereckigen zum achteckigen Turmteil Abdeckplatten verschoben, so daß Feuchtigkeit in die darunterliegenden Mauerbereiche gelangen konnte. Hinzu kamen schadhafte Steinoberflächen und lose Putzteile. Der Ostgiebel der Kirche mußte abgesperrt werden, nachdem sich hier ein Stein gelöst hatte.

Vom Oberkirchenrat wurde daraufhin vorgeschlagen, eine umfassende Sanierung und Restaurierung der Fassaden von Turm und Kirchenschiff durchzuführen. Die Planungen sollten auf der Grundlage von genauen Voruntersuchungen erfolgen.

Ging man zunächst davon aus, daß die Schäden mit herkömmlichen handwerklichen Methoden zu beheben seien, zeigte sich nach ersten geotechnischen und geodätischen Untersuchungen, daß die Gründung des Turmes ungenügend war und er sich nach Westen geneigt hatte. Dadurch waren zusätzliche Sanierungsmaßnahmen im Fundamentbereich erforderlich.

Der nachfolgende Bericht befaßt sich schwerpunktmäßig mit den Voruntersuchungen und den Kontrollen während und nach den Baumaßnahmen am Turm. Aufgrund dieser Untersuchungen wurden die Bauschäden erkannt und dokumentiert, in Verbindung mit den baugeschichtlichen Fakten deren Ursachen ermittelt und die erforderlichen Maßnahmen begründet und eingeleitet.

Baugeschichte

Die evangelische Stadtkirche liegt im nordwestlichen Bereich des alten Ortskernes von Vaihingen an der Enz unterhalb des Schloßberges. Das Gelände fällt schwach nach Süden ab

■ 1 Vaihingen an der Enz vor der Mitte des 17. Jhs. Kupferstich aus der Topographia Sueviae von M. Merian. Neben dem Schloß Kaltenstein nimmt in der Bildmitte die Stadtkirche eine dominierende Stellung ein.

und liegt etwa 15–18 m höher als die Enz (Abb. 1). Die Kirche ist nach Osten ausgerichtet, die dicht angrenzenden Häusergruppen stehen dazu diagonal. Dadurch ist das Umfeld der Kirche in mehrere kleinräumige, unregelmäßig geformte Plätze aufgeteilt (siehe auch Abb. 6). Der mächtige Baukörper der Kirche mit basilikalem Aufbau und Turm ist deshalb von keiner Seite aus vollständig einsehbar.

Die erste urkundliche Erwähnung geht auf das Jahr 1239 zurück, es bestand an dieser Stelle eine Kapelle, die Maria geweiht war. Vermutlich handelte es sich um einen Saalbau; die Reste mit dem Turmerdgeschoß und einem Teil der Langhaus-Westwand sind heute noch erhalten, erkennbar an dem kleinteiligen Mauerwerk. In einer darauffolgenden zweiten Bauphase wurde das mit größeren Quadern gemauerte zweite Turmgeschoß mit einem spitzbogigen Fenster sowie der darauf aufbauende achteckige Teil des Turmes unterhalb der Glockenstube errichtet (siehe auch Abb. 5).

1513 wurde die Kirche als dreischiffige Basilika im spätgotischen Stil neu erbaut. Der Turm wurde um das Glockengeschoß erhöht. Das Mittelschiff ist ungewöhnlich hoch und konnte deshalb auch große Maßwerkfenster erhalten. Die Mittelschiffwände werden von jeweils fünf Säulen getragen. Die nach innen gezogenen Strebepfeiler der Seitenschiffe bilden jeweils sechs Seitenkapellen. Offensichtlich wurden die Baumaßnahmen durch die Religionswirren nicht zu Ende geführt; insbesondere war wohl der Chor nach der Einführung der Reformation entbehrlich geworden, den Chorbogen schloß man mit einer Mauer.

Nach dem Stadtbrand von 1618 mußten das Dachwerk erneuert und die Säulen des Hauptschiffes ausgebessert werden. Mit dem Wiederaufbau wurde der württembergische Hofbaumeister Heinrich Schickard beauftragt; er entwarf eine großzügige Emporenanlage mit Zugang über eine Außentreppe am Südportal. Der Turm wurde über einem Umgang um ein Fachwerkgeschoß mit Zeldach erhöht.

1693 zerstörte wiederum ein Großbrand, der nahezu die gesamte Altstadt verwüstete, die Stadtkirche bis auf die Grundmauern. Beim Wiederaufbau behielt die Kirche ihre äußere Gestalt. Der obere hölzerne Teil des Turmes wurde durch einen steinernen achteckigen Aufsatz ersetzt und erhielt die heutige Haube mit Laterne (Abb. 2 und 3).

Von 1891–93 wurden unter der Leitung von Baurat Heinrich Dolmetsch die Fassaden ausgebessert, neue Türen eingesetzt, Maßwerkfenster rekonstruiert und der Innenraum entsprechend dem neugotischen Stil umgestaltet. Die östliche Abschlussmauer wurde um ca. 1 m nach Osten verschoben, so daß der Bogen für den ursprünglich geplanten Chor freigelegt werden konnte.

Die letzten Eingriffe in die Bausubstanz erfolgten 1966–68. Zunächst wurde eine Warmluftheizung eingebaut, wobei ein Heizkanal, ausgehend vom Gemeindehaus, unter der westlichen Seitenschiffwand durchgeführt und in geringem Abstand entlang den östlichen Turmfundamenten weitergeführt wurde. Weiterhin wurde im Schiff an der Turmseite die alte Holzempore durch eine massive Empore aus Stahlbeton ersetzt.

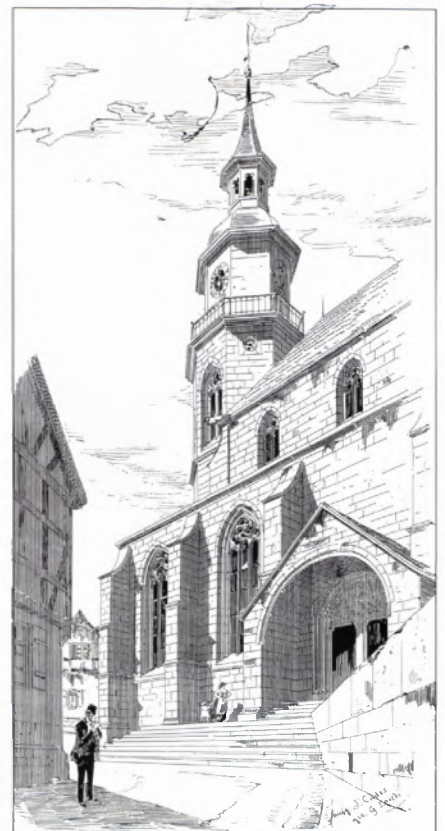
Geotechnische Untersuchungen zur Standsicherheit des Turmes

Im Herbst 1990 wurde von der evangelischen Kirchengemeinde ein Auftrag für eine Baugrunderkundung und das Erstellen eines geologischen Modells für den Bereich der Stadtkirche an ein Baugrundinstitut erteilt. Nach ersten Erkundungsergebnissen wurde der Auftrag auf Aussagen zum Last-Bewegungs-Verhalten des Kirchturmes erweitert. Weiterhin sollten Sanierungsvorschläge zur Stabilisierung des Turmes ausgearbeitet werden.

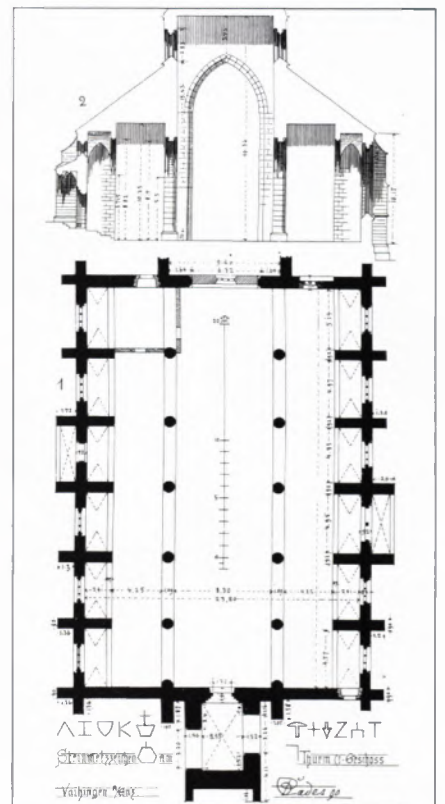
Parallel dazu wurden der Grundriß der Kirche sowie der Turm in mehreren Schnitthöhen vermessen und die Bauwerksrisse dokumentiert.

Aus dem Erdgeschoßgrundriß war ersichtlich, daß, ausgehend von den Seitenschiffecken, die Westwand der Kirche im Bereich des Turmes um 17 cm nach Westen ausbauchte. Die übrigen Wände zeigten keine signifikanten Veränderungen.

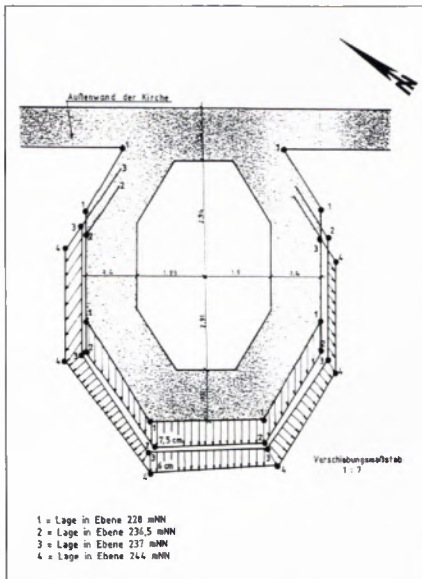
Der Turmgrundriß wurde vom Boden bis unterhalb des Turmumganges in fünf Ebenen geschnitten. Insgesamt hatte sich der Turm um 14–17 cm nach Westen geneigt. Unter der plausiblen Annahme, daß der Turm vertikal gemauert worden war, konnte im Bereich des achteckigen Aufbaus, dessen untere Hälfte noch der ersten Bauphase zuzuordnen ist und dessen obere Hälfte 1513 aufgestockt worden war, folgende Berechnung aufgestellt werden: Die Neigung des unteren Abschnittes mit 8,2% war nur geringfügig größer als die des oberen mit 7,1%. Daraus konnte geschlossen wer-



■ 2 Ansicht des westlichen Bereiches der Stadtkirche mit der Südfassade und dem Turm. Aufgenommen von J. Cades, gezeichnet von G. Loesti um 1890.



■ 3 Grundriß und Querschnitt der Stadtkirche vor dem Umbau der Ostfassade durch Heinrich Dolmetsch. Cades 1890.



■ 4 Die Lage der einzelnen Grundrisse im achteckigen Turmbereich bei der Vermessung von 1991. Die Differenzbeträge sind 10-fach überhöht aufgetragen. Baugrundinstitut Smolczyk & Partner nach Unterlagen von Vermessungsbüro Schwarz.

den, daß die Schiefstellung des Turmes größtenteils erst nach der Aufstockung entstanden war (Abb 4).

Durch die Neigung des Turmes mußte sich rein rechnerisch das westliche Fundament gegenüber dem östlichen um 4,5–5,5 cm gesetzt haben.

Bauwerksrisse, die auf unterschiedliche Setzungen hinwiesen, wurden ausschließlich im westlichen Bereich des Schiffes und am Turm festgestellt. Die Risse waren über den Durchfahrtsbögen des Turmes und im Bereich der ersten und zweiten Obergadenfenster von Westen auf der Süd- und Nordseite entstanden. Es wurde festgestellt, daß ältere Risse, die mit Mörtel und Ziegelstücken zugesetzt worden waren, sich erneut gebildet hatten (Abb. 5 und 14).

Die Risse an der westlichen Stirnwand nördlich des Turmes und im zweiten

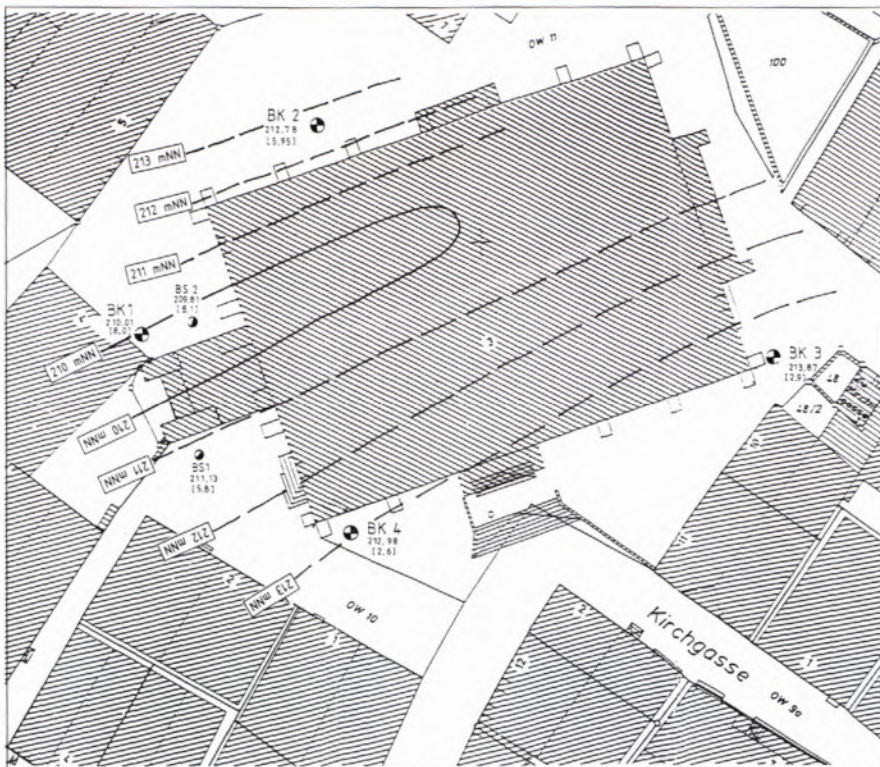
Feld des nördlichen Seitenschiffes dürften zumindest zum Teil nach dem Einbau des Heizkanales entstanden sein. Im Inneren konnte eindeutig nachgewiesen werden, daß sowohl auf der Nordseite als auch auf der Südseite unterhalb der westlichen Obergadenfenster neue Risse nach der Renovierung von 1968 entstanden waren. Weitere Risse hatten sich nach dem Einbau der Empore aus Beton an den Wandanschlüssen gebildet.

Aufgrund des Reißbildes konnte geschlossen werden, daß es sich um eine länger andauernde Baubewegung gehandelt hatte, die bis zum Untersuchungszeitraum nicht zum Stillstand gekommen war.

Um die Baugrund- und die Gründungsverhältnisse beurteilen zu können, wurden nördlich des Turmes, nördlich des zweiten Seitenschiffjo-



■ 5 Ansicht des unteren Turmbereiches von Süden. Die kleinteiligen Steine werden einer ersten und die größeren einer zweiten Bauphase einer Kapelle vor dem Kirchenneubau von 1513 zugeordnet. Der Riß über dem Spitzbogen der Durchfahrt zeugt von den Spannungen im Mauerwerk, verursacht durch die Turmneigung nach Westen. Photogrammetrische Aufnahme September 1991.



■ 6 Lageplan mit Kennzeichnung der vier Kernbohrungen und der zwei Sondierbohrungen. Höhenverlauf der Muschelkalkoberfläche und deren Tiefenlage unter dem Gelände. Baugrundinstitut Smoltczyk & Partner.

ches von Westen und im Bereich der südöstlichen und südwestlichen Seitenschiffen vier Kernbohrungen mit Teufen zwischen 11–18 m durchgeführt. Zur Verdichtung der Aufschlüsse im Turmbereich wurden zwei weitere Sondierbohrungen südlich und nördlich der Turmdurchfahrt mit Teufen von 6–8 m niedergebracht (Abb. 6). Von den Kern- und Sondierbohrungen wurden insgesamt 52 Bodenproben entnommen und in bodenmechanischen Labors untersucht. Zur Feststellung der Fundamenttiefen des Turmes wurden westlich der Durchfahrt auf der Süd- und Nordseite Schürftgruben hergestellt und ingenieurgeologisch begutachtet und dokumentiert. Von den Gruben aus wurden zusätzlich horizontale Sondierbohrungen unter den Fundamenten vorgetrieben.

Der Baugrund läßt sich in vier Schichten gliedern (Abb. 7).

Die Oberfläche besteht aus künstlichen Auffüllungen mit sehr heterogenem Material. Hierzu zählen die Verkehrsflächen mit dem entsprechenden Unterbau, aufgefüllte Leitungsgräben und Auffüllflächen mit Material aus ehemaligen Bebauungen. Die Mächtigkeiten schwanken zwischen 0,1–2,5 m.

Die erste Schicht des gewachsenen Bodens ist ein Auelehm. Er ist tonig bis schluffig und feinsandig, seine Konsistenz ist weich bis steif, im unteren Bereich halbfest. Beim Schnitt in Nord-

Süd-Richtung unter dem Turm zeichnet sich eine muldenförmige Zone ab, deren tiefste Stelle auf der Nordseite des Turmes liegt, hier beträgt die Mächtigkeit des Auelehms bis zu 4 m. In Ost-West-Richtung nimmt die Stärke vom Turm bis zur Ostseite der Kirche bis ca. 2,5 m linear ab, im Bereich der Seitenschiffe beträgt sie nur noch ca. 1 m.

Unterhalb des Auelehms befindet sich eine Schicht mit sandigen Enzablagerungen, zur Basis zunehmend mit Kies und Steinfraktionen vermengt. Ihre Mächtigkeit beträgt durchgehend 2–2,5 m.

Den tiefsten Teil der erschlossenen Schichtenfolge bilden die Kalk- und Mergelsteine des oberen Muschelkalks. Der Kalkstein ist durch Sickerwasser stark verkarstet. Der Höhenverlauf der Muschelkalkoberfläche zeigt von der nordöstlichen Kirchen- seite bis zur nördlichen Turmseite eine rinnenförmige Vertiefung. Es wird vermutet, daß hier ein früheres Enzseitental verlief (Abb. 6). Durch den Schnitt in Ost-West-Richtung unter dem Turm wird deutlich, daß der Höhenverlauf des oberen Muschelkalks von Süden bis zum tiefsten Punkt, ca. 1,5 m nördlich des Turmes, entgegengesetzt der Geländeoberfläche verläuft. Die Felsoberkante liegt somit südlich des Turmes ca. 5,8 m und nördlich des Turmes ca. 8,1 m unter dem Gelände.

Die Werte machen deutlich, daß die

geologischen Schichten im Bereich des Kirchenbaus einen sehr unterschiedlichen Aufbau haben. Kritisch ist der Auelehm einzustufen, beim Austrocknen schrumpft der Boden und sackt ab, bei stärkerer Durchfeuchtung können Schwellhebungen entstehen. Unter Last ist der Auelehm stark zusammendrückbar. Dagegen sind die darunterliegenden sandigen Enzablagerungen und die Muschelkalkschichten relativ unempfindlich.

Maßgebend für die einseitigen Setzungen am Kirchenbau sind somit die unterschiedlich mächtigen Auelehme, die unterschiedlichen Kirchenlasten und die unterschiedlichen Fundamentgrößen. Aufgrund des größeren Gewichtes muß sich der Turm stärker gesetzt haben als die übrigen Bauteile. Weiterhin hätte sich die Nordseite aufgrund des geologischen Schichtaufbaus stärker setzen müssen als die Südseite. Da die Ostseite des Turmes aber mit der westlichen Schiffseite fest verbunden ist und somit eine breitere Fundamentfläche als die Westseite aufweist, hatte sich nur die Westseite des Turmes einseitig gesetzt und eine Neigung nach Westen verursacht.

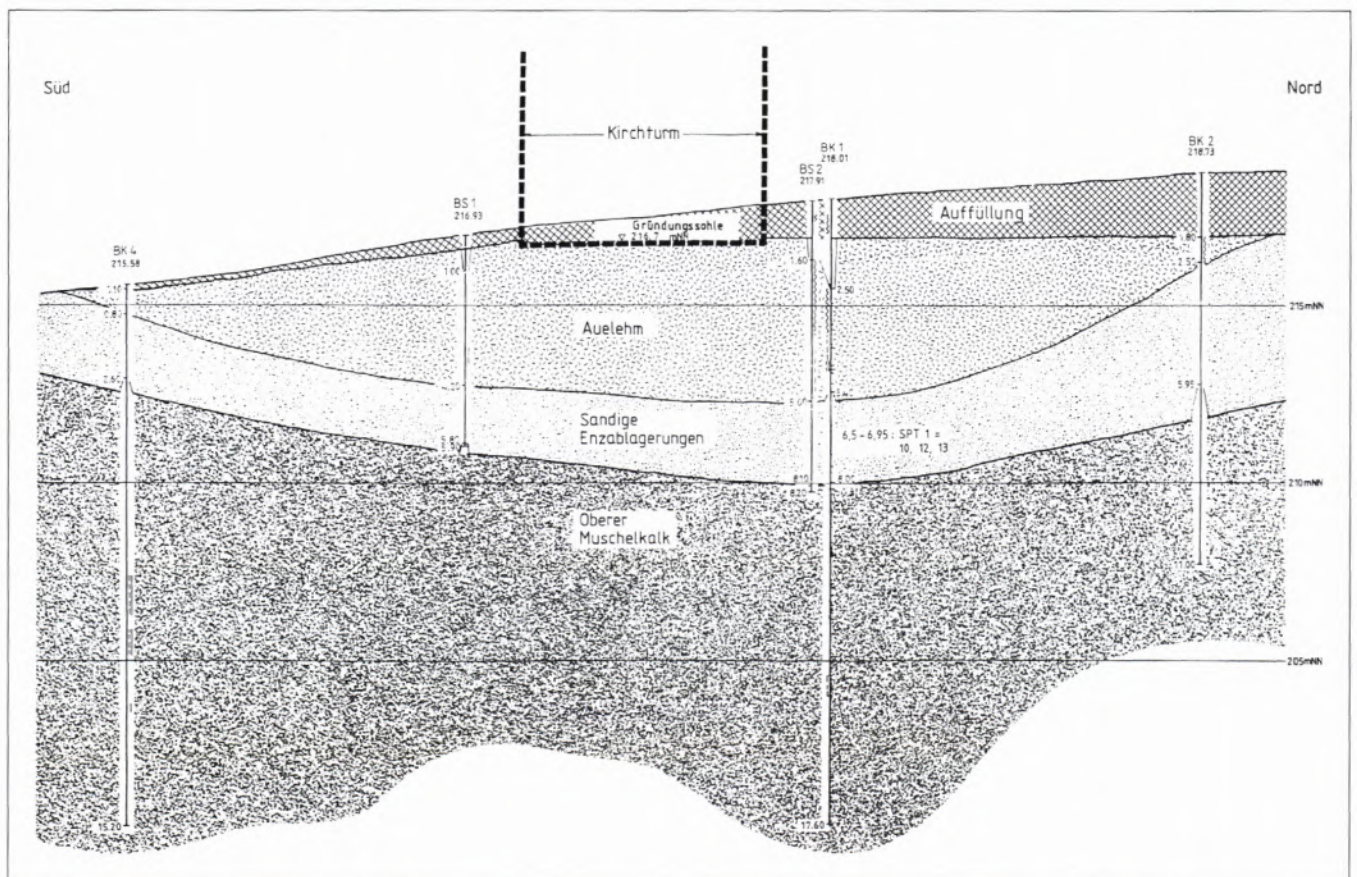
war. Die äußeren Umstände mußten sich somit in jüngerer Zeit verändert haben. Folgende Schadensursachen kamen in Betracht:

Die Fundamente lagen nur 30–90 cm unter dem Gelände bzw. unter der Kirchensohle. Die Gründung war damit nicht frostsicher und auch nicht sicher gegen Bodenschumpfen und -schwellen infolge Wassergehaltsänderungen. Aufgrund des unterschiedlichen geologischen Schichtenaufbaus, den unterschiedlichen Lasten und der daraus errechneten geringen Grundbruchsicherheiten konnten dabei einseitige Setzungen entstehen. Innerhalb des Mauerwerks bauten sich danach weitere Spannungen auf, die bei geringen Gleichgewichtsänderungen zu merklichen Rißbildungen führten.

Durch nachträgliche bauliche Veränderungen und Eingriffe in den Untergrund wurde der Gleichgewichtszustand gestört. Durch die Aufmauerung des oberen Turmabschnittes erhöhte sich das Gewicht des Turmes um rund ein Drittel, wodurch die außen liegenden Fundamente gegenüber der Kirchenstirnwand weiter belastet wurden. Da diese Maßnahme aber schon sehr lange zurückliegt, dürften die jüngeren Umbaumaßnahmen von 1966–68 eine wesentlich größere Rolle gespielt haben. Nach

Die Setzungen hätten im Laufe der Jahrhunderte längst abgeschlossen sein müssen; die Risse im Mauerwerk belegten aber, daß dies nicht der Fall

■ 7 Geologischer Geländeschnitt unter dem Kirchturm von Norden nach Süden mit den vier Schichten des Baugrundes. Baugrundinstitut Smolczyk & Partner.



dem Einbau des Heizkanales unter der nördlichen Seitenschiffmauer und entlang der westlichen Stirnwand – wobei die Kanalsohle mit großer Wahrscheinlichkeit unter den Gründungsebenen der Fundamente liegt – wurde die Lastausbreitung der ersten Joche des nördlichen Seitenschiffes, der gesamten westlichen Stirnwand und des ersten Pfeilerpaares gestört. In der Nähe der Warmluftkanäle wurde der Baugrund allmählich ausgetrocknet. Weiterhin wurden zusätzliche Gründungslasten durch den Einbau der Empore in den Baugrund eingeleitet. Weitere Veränderungen könnten durch einen Entwässerungskanal unter der Turmdurchfahrt entstanden sein, dessen schlechter Zustand eine zeitweise Vernässung des Baugrundes bewirkt hatte.

Die Baubeobachtungen und die geotechnischen Untersuchungen hatten gezeigt, daß im Bereich der westlichen Schiffhälfte und des Turmes weitere statisch relevante Veränderungen eintreten können. Es wurde deshalb in dem Baugrund- und Sanierungsgutachten in Abstimmung mit dem Architekten und Tragwerksplaner vorgeschlagen, die Turmgründung auf tragfähige Schichten tieferzuführen. Drei Maßnahmen kamen in Betracht:

- Vertiefen und Verbreitern der Fundamente durch eine abschnittsweise Unterfangung;
- Pfahlgründung bis in den Muschelkalkfels mit Kraftübertragung auf die Fundamente durch Betonmanschetten;
- Bodenverbesserung unter dem Fundament bis in die Enzsandschicht mittels Düsenstrahlinjektionen.

Da bei der abschnittswisen Unterfangung der Fundamente die Lasten mehrfach umgelagert werden müßten, und damit die Grundbruchsicherheit nicht gewährleistet wäre, wurde von diesem Verfahren abgeraten. Bei der Pfahlgründung müßten die Verpreßpfähle rund 4 m in den Muschelkalk einbinden und dort mit einem Sand-Zement-Mörtel verplombt werden. Der Kraftanschluß an die Fundamente würde über Spannanker erfolgen. Wegen der Risiken bei der Abschätzung der Verpreßmenge und wegen einer möglichen Grundwasserbeeinträchtigung wurde auch diesem Verfahren nicht der Vorzug gegeben.

Nach Abwägung der Risiken entschied man sich für die dritte Lösungsvariante, den Turm auf die etwa 4 m unter der Fundamentsohle fol-

genden Enzsande mit Hilfe von Düsenstrahlinjektionen nachzugründen. Bei der Ausführung wird dabei bis auf die tragfähigen Schichten gebohrt und dann mit hohem Druck am Bohrkopf ein Düsenstrahl aus Zementsuspension erzeugt, der den anstehenden Boden mit der Suspension vermischt und beim Ziehen des Gestänges eine Boden-Zement-Säule hinterläßt.

Das Baugrund- und Sanierungsgutachten wurde dem Landesdenkmalamt im August 1991 gestellt. Die Schadensursachen, die Probleme der vorgeschlagenen Sanierungsmethoden und die zusätzlich erforderlichen Dokumentationsmaßnahmen wurden in mehreren Besprechungen vor Ort und im Landesdenkmalamt mit den jeweiligen Experten ausführlich erörtert.

Die Vertreter des Landesdenkmalamtes hätten gerne einen zweiten unabhängigen Gutachter hinzugezogen. Da aber noch in demselben Jahr mit den Sanierungsarbeiten begonnen werden sollte, war dies zeitlich nicht mehr möglich; eine Hinauszögerung hätte angeblich erhebliche Mehrkosten verursacht, da das Angebot der ausführenden Firma zeitlich begrenzt war. Die Baugenehmigung wurde somit noch im November erteilt. Aus betriebswirtschaftlichen und witterungsbedingten Gründen wurden die Maßnahmen dann doch erst im Mai 1992 durchgeführt.

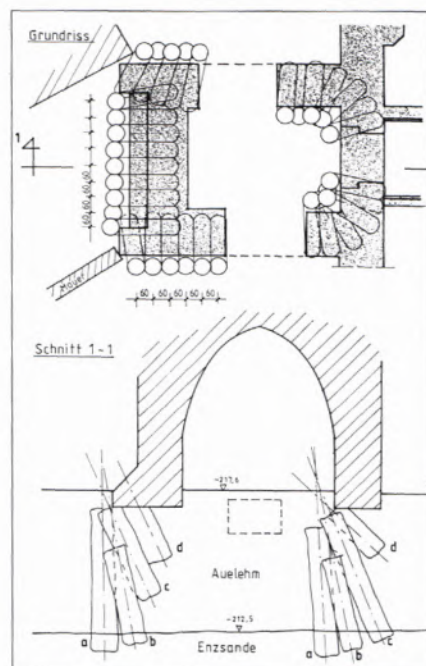
Turmnachgründung

Die Nachgründung mit dem Düsenstrahlverfahren hatte einen zweistufigen Bauablauf:

- Einbringen der „Schirmsäulen“, die das Fundament nicht unterschneiden und somit die Grundbruchsicherheit erhöhen;
- Herstellen der sogenannten Soilcrete-Fächer direkt unter den Fundamenten in Abschnitten.

Die Nachgründung wurde so ausgelegt, daß das äußere westliche Turmfundament die volle Bauwerkslast abtragen kann, und das östliche Fundament mit der lastverteilenden Kirchenstirnwand nur etwa die halbe Last abzutragen braucht (Abb. 8).

Entsprechend den Zulassungsbestimmungen muß zu Beginn der Maßnahmen eine Probesäule hergestellt werden. Zur Simulation der Aufgabenstellung wurde dabei zusätzlich ein Hilfsfundament im Abstand von 3 m zum Kirchturm hergestellt und mit 20 Tonnen ballastiert. Das Hilfsfunda-



■ 8 Ausführungsvorschlag zur Nachgründung des Turmes mittels Düsenstrahlinjektionen. Baugrundinstitut Smoltczyk & Partner.

ment wurde anschließend entfernt und die Probesäule so weit als erforderlich freigelegt. Durch dieses empirische Verfahren konnten die gewählten Herstellungsparameter, wie der Druck der Suspension und die Ziehgeschwindigkeit des Gestänges beim Aufdüsen des Baugrundes, in Bezug auf den vorhandenen Untergrund überprüft und für die Bauausführung präzisiert werden. Der Versuch zeigte auch, daß für einen gesicherten Kraftschluß zwischen dem zu unterfangenden Fundament und dem Unterfangungskörper ein Nachpressen am Folgetag erforderlich war, um die sedimentationsbedingten Sackungen auszugleichen.

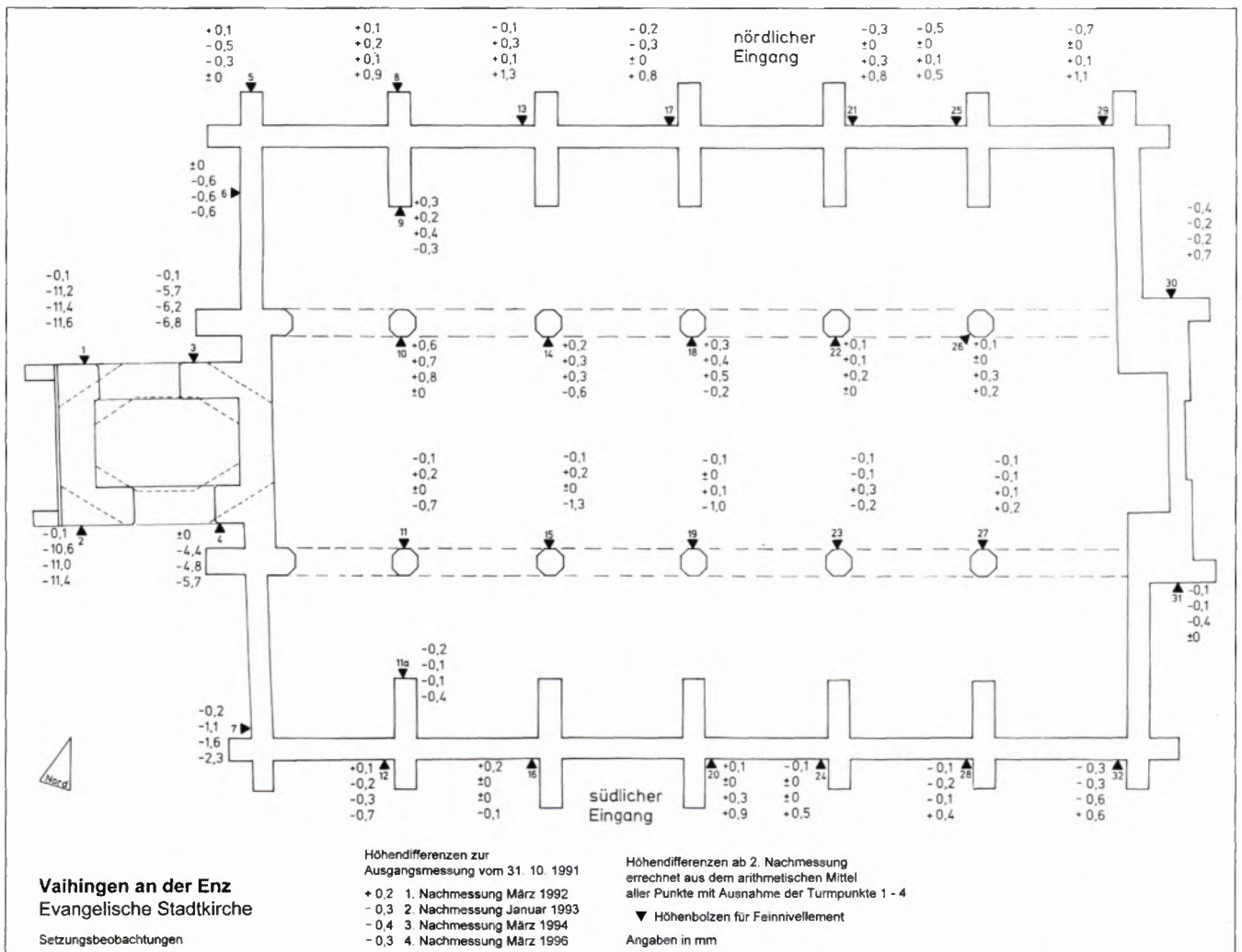
Während der Bauausführung wurden täglich an vier Meßpunkten am Turm und an drei Meßpunkten an der westlichen Giebelwand die Höhen kontrolliert und das Bauwerk visuell beobachtet. Von der Rücklaufsuspension wurden Proben entnommen, um die Festigkeitsentwicklung zu kontrollieren.

Mit der Herstellung der Schirmsäulen, der ersten Baustufe, wurde am 4. Mai

1992 begonnen. Wie wichtig das schrittweise kontrollierte Vorgehen war, zeigte sich bald nach den ersten Schirmsäulen: Das Gelände hatte sich auf der Südseite angehoben, und es war unkontrolliert Suspensionsgut ausgetreten. Die Säulenherstellung mußte daraufhin unterbrochen und mit veränderten Herstellungsparametern fortgesetzt werden.

Am 7. Mai war die Herstellung der Schirmsäulen abgeschlossen. Die Höhenkontrollen zeigten, daß sich das westliche Fundament um etwa 2 mm gesetzt hatte, während das kirchenseitige Fundament noch unverändert geblieben war. Die Größe der Setzungen entsprach dem vorgegebenen Rahmen, so daß am 10. Mai mit der zweiten Baustufe, der Herstellung der fächerförmigen Nachgründungskörper unter den Fundamenten, begonnen werden konnte. Nachdem rund 60% der Fächersäulen hergestellt waren, lagen die Setzungen, die aufgrund der Lastumlagerung entstanden waren, am westlichen Fundament bei 9 mm und am östlichen bei 3,5 mm. Um den festgelegten Grenzwert nicht zu überschreiten, wurden

■ 9 Setzungsbeobachtungen bezogen auf die Basismessung vom Oktober 1991. Deutliche Setzungen entstanden während den Fundamentarbeiten am Turm, erkennbar an den Differenzen zwischen der ersten und zweiten Folgebeobachtung. Verkleinerung auf Maßstab 1 : 300. LDA, Ref. Photogrammetrie nach Unterlagen von Vermessungsbüro Schwarz.





■ 10 Südöstliche Sockelzone am Turmdurchgang. Injektionsbohrungen durch profilierte Steine.

die noch nicht hergestellten Fächer in zwei Bauabschnitten mit jeweils nur zwei Säulen hergestellt. Dadurch konnten die Setzungen minimiert werden. Weiterhin waren nun bereits tragfähige Gründungskörper vorhanden, denn nach Abschluß der Arbeiten am 4. Juni 1992 betrug die Setzungen 10,1 mm am westlichen und 4,3 mm am östlichen Fundament. 35 Tage später hatte sich der Turm insgesamt nochmals um weitere 0,5 mm gesetzt.

An der Südwestecke des Turmes bildete sich während der Herstellung der Fächer unter dem Fundament ein Riß im Mauerwerk, der auf einen horizontalwirkenden Druck im Gründungskörper zurückzuführen war. Nach einer mehrstündigen Wartezeit konnten die Arbeiten fortgesetzt werden, ohne daß der Riß sich vergrößerte. Wenig Feingefühl zeigte man bei den Injektionsbohrungen, denn sie wurden zum Teil durch die profilierten Sockelzonen geführt (Abb. 10).

Deformationsbeobachtungen

Die beschriebenen Höhenbeobachtungen während der Bauausführung waren Teil eines meßtechnischen Beobachtungsprogrammes, das in dem Baugrund- und Sanierungsgutachten projektiert wurde. Zusätzlich hatte das Landesdenkmalamt Neigungsbeobachtungen am Turm und am westli-

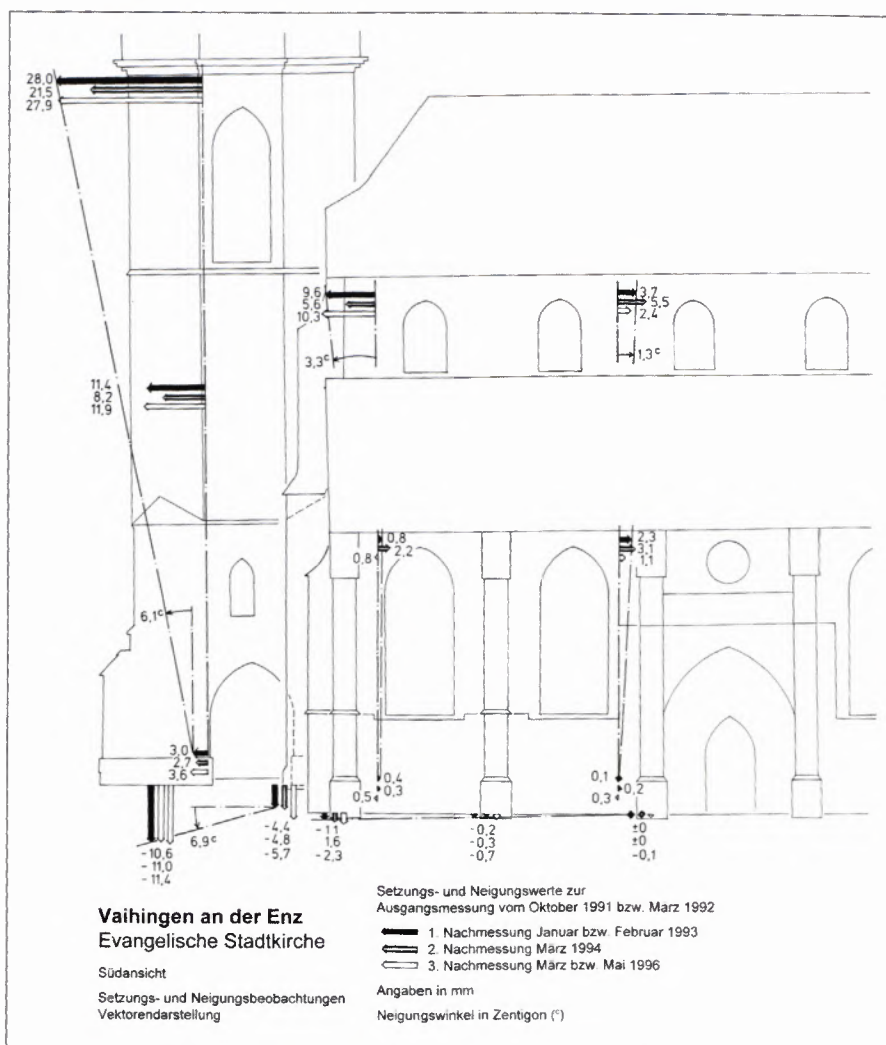
chen Bereich des Schiffes gefordert. Mit Hilfe dieses Meßprogrammes war und ist es möglich, Deformationen mit außergewöhnlicher Präzision festzustellen. Eine zusätzliche photographische und meßtechnische Dokumentation bilden die im November 1991 hergestellten photogrammetrischen Aufnahmen. Mit dem Aufbau des Meßprogrammes sollten drei Ziele erreicht werden:

- Dokumentation der Veränderungen in Abhängigkeit der Turmnachgründung;
- Steuerung des Bauablaufes während der Turmnachgründung;
- Langzeitbeobachtungen, um zukünftige Veränderungen frühzeitig zu erkennen.

Zur Höhenbeobachtung wurden im Bereich der Kirche und am Turm insgesamt 32 Meßpunkte installiert und durch Feinnivellement eingemessen. Die Meßgenauigkeit liegt bei 0,3 mm. Bei Folgebeobachtungen können Höhenveränderungen ab 0,5 mm nachgewiesen werden.

Die Basismessung erfolgte im Oktober 1991, die erste Nachmessung im April 1992 vor Beginn der Arbeiten an den Turmfundamenten. Signifikante Höhenveränderungen wurden im genannten Zeitraum nicht nachgewiesen.

■ 11 Neigungs- und Setzungsbeobachtungen auf der Südseite des Turmes und der westlichen Schiffhälfte, bezogen auf die Basismessung vom März 1992. Der Turm hatte sich während der Arbeiten am Fundament nach Westen geneigt und das Mittelschiff zur Hälfte noch mitgezogen. Neigungs- und Setzungswinkel sind nahezu identisch. Der Turm und die südwestliche Seitenschiffecke haben sich nach den Fundamentarbeiten bis 1996 noch geringfügig gegenüber dem Kirchenschiff gesetzt. Verkleinerung auf Maßstab 1 : 300. LDA, Ref. Photogrammetrie nach Unterlagen von Vermessungsbüro Schwarz.



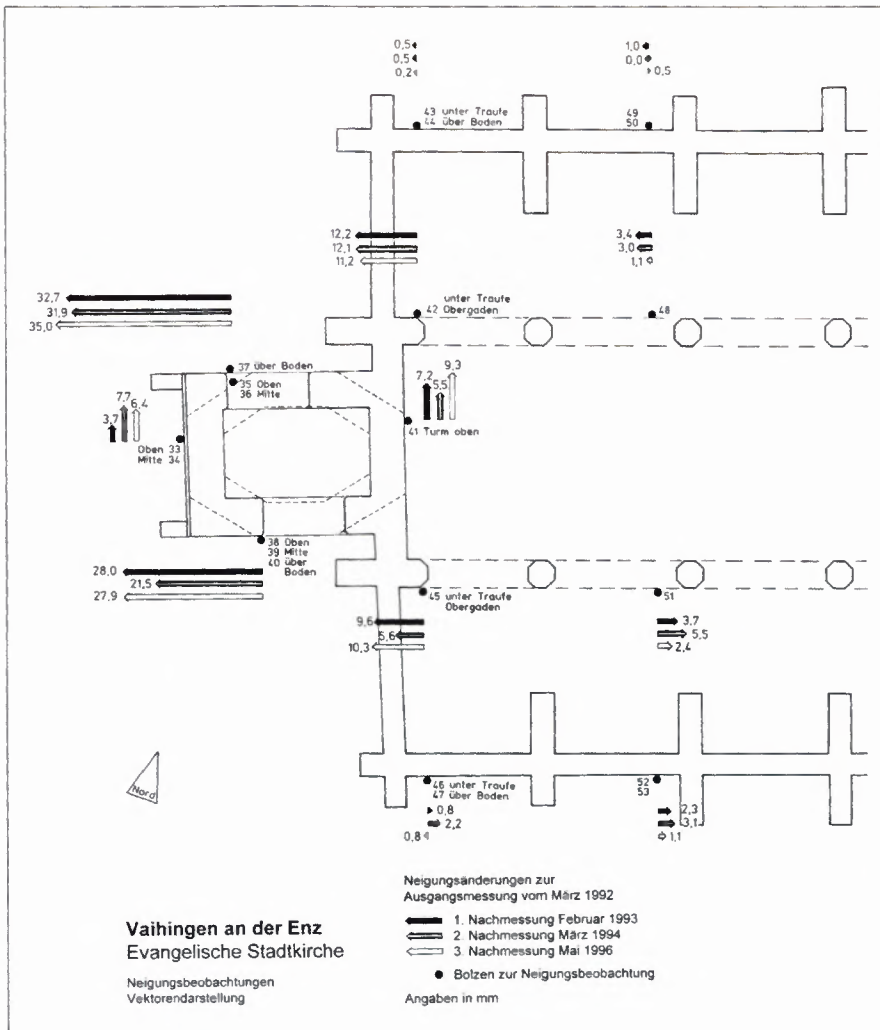
Während der Baumaßnahmen wurden, wie schon berichtet, die Punkte im Bereich des Turmes an jedem Werktag und bis fünf Wochen danach wöchentlich gemessen. Der Turm hatte sich insgesamt gesetzt, auf der Westseite stärker als auf der Ostseite und auf der Nordseite geringfügig stärker als auf der Südseite. Bei der Nachmessung über sämtliche Höhenpunkte im Januar 1993 waren sowohl die Höhen am Turm als auch im Bereich der Kirche weitgehend stabil geblieben (Abb. 9).

Bei der Planung der Baumaßnahmen wurde einkalkuliert, daß während der Maßnahmen weitere Setzungen auftreten werden. Da diese innerhalb des Turmes und im Verhältnis zum Schiff nicht gleichmäßig verlaufen konnten, mußten sich Spannungen aufbauen, die zu Rißbildungen und Neigungen führen mußten. Deshalb wurden an allen Turmseiten und angrenzend in jeweils zwei Reihen am Hauptschiff und an den Seitenschiffen insgesamt 21 Neigungspunkte installiert und ausgehend von fünf Bodenstandpunkten durch Winkelmessungen kontrolliert. Die Anschluß-

richtungen wurden von jeweils zwei sicheren Punkten außerhalb des Kirchenbereiches hergestellt. Aus den Differenzen der Anschlußpunkte und aus den Differenzen zwischen der Basismessung und den ersten Folgebeobachtungen konnte die Meßgenauigkeit abgeleitet werden: Neigungsänderungen zwischen übereinanderliegenden Punkten sind bis in mittlere Höhe ab 1–2 mm, Einzelpunkte und hoch liegende Punkte ab 2–3 mm nachweisbar.

Die Basismessung erfolgte im März 1992 kurz vor der Turmnachgründung, die erste Nachmessung im Februar 1993. Um absolute Werte für die Neigungsänderungen zu erhalten, wurden aus den Winkeldifferenzen der zeitversetzten Messungen die Querabweichungen errechnet und, falls die Zielungen wegen der beengten topographischen Verhältnisse nicht senkrecht auf die Fassaden erfolgen konnten, auf orthogonale Werte umgerechnet (Abb. 11 und 12).

Während der Fundamentarbeiten hatte sich der Turm nach Westen geneigt. Die Neigungswerte wurden in



■ 12 Neigungsbeobachtungen der oberen Punkte von Turm und westlichen Mittelschiff- und Seitenschiffwänden, bezogen auf die Basismessung vom März 1992. Der Turm hatte sich während der Fundamentarbeiten nach Westen und geringfügig nach Norden geneigt. Die Neigungen der Obergadenwände waren auf der Nordseiten zwischen den beiden Meßstellen gleichgerichtet, bei der östlichen Meßstelle der Südseite hatten sich die Spannungsverhältnisse entgegengesetzt ausgewirkt. Die unterschiedlichen Werte der weiteren Folgebeobachtungen zeigen, daß das Bauwerk natürlichen Schwankungen unterworfen ist. Verkleinerung auf Maßstab 1:300. LDA, Ref. Photogrammetrie nach Unterlagen von Vermessungsbüro Schwarz.

drei unterschiedlichen Höhen ermittelt, sie betragen auf der oberen Reihe unterhalb des Umganges auf der Nordseite 32,7 mm und auf der Südseite 28,0 mm.

Durch die Turmneigung wurden die westlichen Bereiche der nördlichen und südlichen Mittelschiffwände mitgezogen. Die Verschiebungen betragen in den Obergaden unterhalb der Traufen 12,2 mm und 9,6 mm nach Westen. Umgerechnet auf die gleiche Höhe am Turm hatte sich die Westwand der Kirche etwa halb so stark wie der Turm geneigt. Weiter östlich nach den zweiten Obergadenfenstern betrug auf der Nordseite die Verschiebung noch 3,4 mm nach Westen, auf der Südseite hatten sich die Spannungsverhältnisse entgegengesetzt ausgewirkt, die Verschiebung betrug hier 3,7 mm nach Osten. An den Seitenschiffen wirkte sich die Turmneigung nicht mehr aus.

Weiterhin hatte sich der Turm nach Norden geneigt. Aufgrund der Baugesamtheiten und der topographischen Verhältnisse konnten hier nur die Verschiebungen in den oberen

Punkten gemessen werden. Sie betragen auf der Westseite 3,7 mm und auf der Ostseite 7,2 mm.

Von besonderem Interesse war nun, ob die ungleichen Setzungen des Turmes in gleichem Maße Neigungen ausgelöst hatten. Um hierfür Vergleichswerte zu erhalten, wurden aus den Setzungs- bzw. Neigungsdifferenzen und den Punktabständen die Drehwinkel errechnet. Es zeigte sich, daß die Setzungswinkel nahezu identisch mit den Neigungswinkeln waren. Somit konnte nachgewiesen werden, daß die Turmneigung eindeutig von der einseitigen Setzung verursacht wurde (Abb. 12).

Die Neigungen von Turm und westlichem Schiffbereich nach Westen während der Turmnachgründung mußten, wenn auch in geringem Ausmaß, Ablösungen oder Risse verursacht haben. Der Nachweis konnte im Vergleich mit den photogrammetrischen Aufnahmen von 1991 erbracht werden. Im Turm hatten sich, mit Ausnahme des beschriebenen Schadens über dem Fundament der Südwestecke, keine neuen Risse ge-



■ 13 Nordseite, Obergaden von Westen. Risse über dem Fenster und im Traufgesims. Photogrammetrische Aufnahme November 1991.



■ 14 Nordseite, Obergaden von Westen. Die Risse über dem Fenster und im Traufgesims haben sich nach der Turmnachgründung verstärkt. Aufnahme April 1993.

bildet, er hatte sich somit insgesamt geneigt.

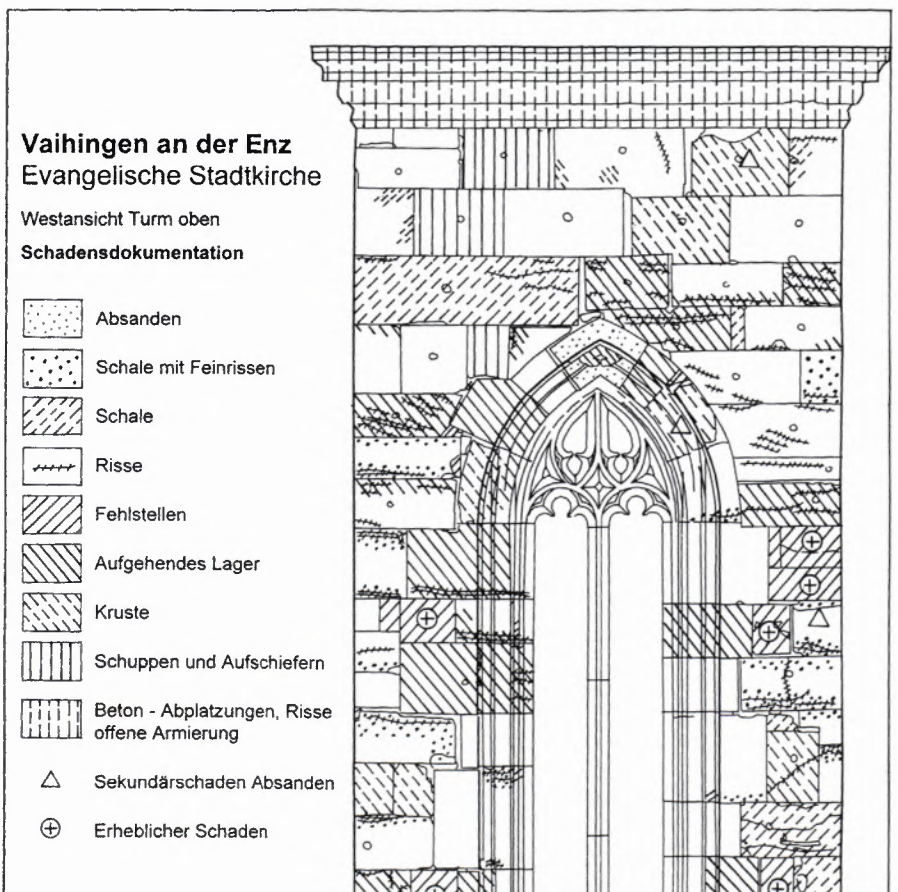
Die Ablösung des Turmes vom Schiff ist sowohl außen im achteckigen Turmbereich erkennbar – hier ist der Westgiebel des Schiffes nicht mehr im Verbund mit dem Turm gemauert – als auch im Inneren der Kirche, wo zwischen der Decke des Hauptschiffes und dem Turm ein Spalt entstanden war bzw. sich vergrößert hatte. Die Spannungen und Veränderungen im Schiff selbst waren im Bereich der westlichen Fenster des nördlichen und südlichen Obergadens erkennbar. Hier hatten sich, wie im Vergleich mit den photogrammetrischen Aufnahmen nachgewiesen, die vorhandenen Risse vergrößert. Um auch zukünftige Bewegungen nachweisen zu können, wurden die sichtbaren Veränderungen an den Fassaden und im Kircheninneren erneut photographisch dokumentiert (Abb. 13 und 14).

Die nächsten Folgebeobachtungen mit Höhen- und Neigungsmessungen wurden im März 1994 und im März bzw. Mai 1996 durchgeführt. Hier mußte sich im Vergleich zu den Beobachtungen vom Februar 1993 zeigen, ob die Turmnachgründung erfolgreich war und sich die Situation stabilisiert hatte oder nicht.

Während die Höhenmessungen von 1994 im Mittel keine signifikanten Unterschiede zeigten, ergaben die Beobachtungen von 1996, daß sich die westliche Kirchenseite einschließlich des Turmes gegenüber der östlichen Seite bis zu 2 mm gesetzt hatte. Der Turm hatte sich von 1993 bis 1996 fortlaufend, aber mit durchschnittlich 0,9 mm nur geringfügig gegenüber dem Mittel aus allen Beobachtungen des Kirchenschiffes gesetzt. Eine gleichmäßige Setzungstendenz, von 1992 bis 1996 um 2 mm, wurde an der südwestlichen Seitenschiffecke festgestellt (Abb. 9).

Die Neigungsbeobachtungen von 1994 und 1996 ergaben gegenüber den Werten von 1993 keine einheitlichen Tendenzen. Während nach der Messung von 1994 der Eindruck entstand, daß der Turm sich wieder nach Osten geneigt hätte, wurde dies 1996 nicht mehr bestätigt. Bei der Beurteilung der Meßwerte muß zunächst die oben beschriebene mögliche Meßgenauigkeit berücksichtigt werden. Die wechselnden Differenzen zeigen darüber hinaus, daß hier natürliche Baubewegungen, insbesondere aufgrund unterschiedlicher Temperatureinflüsse, stattgefunden hatten (Abb. 11 und 12).

Insgesamt machen die Ergebnisse der



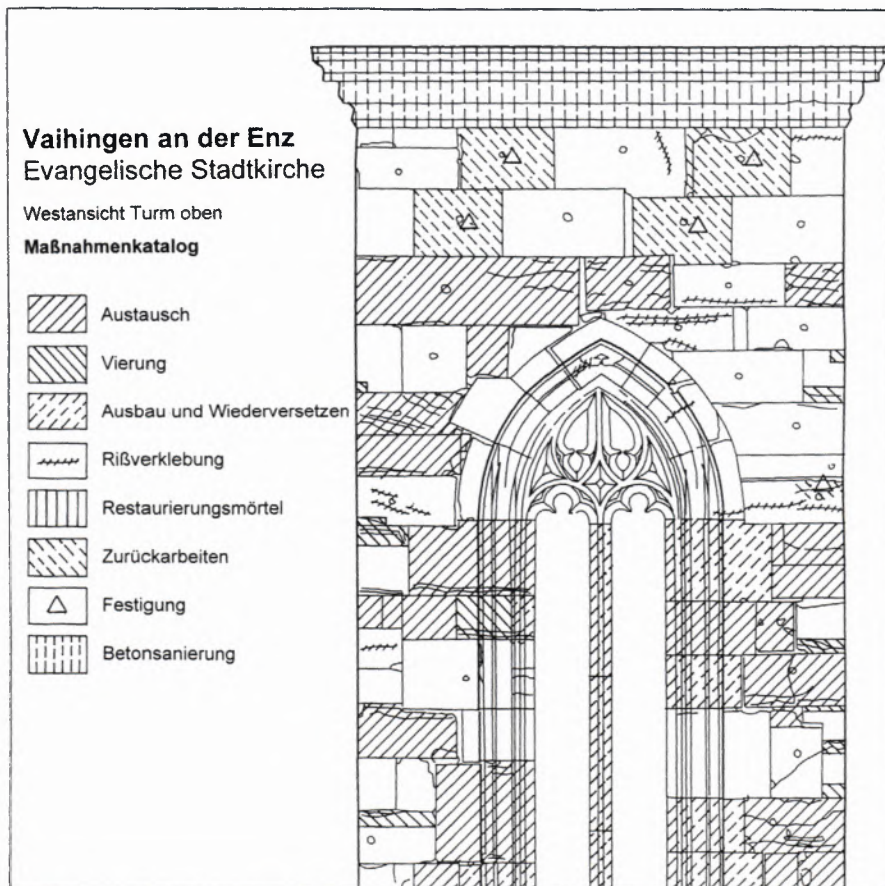
Folgebeobachtungen von 1994 und 1996 deutlich, daß sich die Setzungen und Neigungen, die während der Turmnachgründung entstanden waren, nicht fortgesetzt hatten. Es ist deshalb davon auszugehen, daß sich die Situation weiter stabilisieren wird.

Dokumentation der Bau- und Schadensbefunde an den Fassaden

Im November 1991, noch vor den Arbeiten an den Turmfundamenten, wurden die Fassaden des Turmes und der Kirche photogrammetrisch aufgenommen. Anschließend wurden über geodätische Meßverfahren Paßpunkte bestimmt, mit deren Hilfe die einzelnen Stereomodelle orientiert, maßstäblich umgezeichnet und aneinandergespaßt werden können. Die photogrammetrischen Aufnahmen dokumentieren den Zustand der Fassaden vor den Sanierungs- und Restaurierungsarbeiten. Sie ermöglichen zu jedem Zeitpunkt, d. h. auch noch nach den Baumaßnahmen, eine räumliche Interpretation und dreidimensionale meßtechnische Rekonstruktion des ursprünglichen Zustandes. Die Aufnahmen bilden somit die Grundlage für spätere baugeschichtliche oder bautechnische Fragestellungen (Abb. 5 und 15).

Die photogrammetrische Auswertung der Turmfassaden erfolgte im Winter 1993/94. Ging man zunächst davon aus, daß die Darstellung im Maßstab 1 : 50 genügen würde, zeigte sich nach der vereinbarten Probeauswertung, daß aufgrund des kleinteiligen Quadermauerwerks und des differenzierten Schadensbildes für die Dokumentation der Bau- und Schadensbefunde ein größerer Maßstab gewählt werden mußte. Deshalb wurden die steinsichtigen Bereiche als Abwicklung zusätzlich im Maßstab 1 : 25 ausgegeben und nur die Gesamtprojektionen einschließlich der Kirchenfassaden in den vier Hauptachsen im Maßstab 1 : 50 erstellt.

Bei der steingerechten Auswertung wurde festgelegt, daß Preßfugen mit einer Linie und breite Fugen oder stark mörtelverschmierte Fugen mit zwei Linien darzustellen sind. Die bauhistorischen Befunde, wie Zangenlöcher und Steinmetzzeichen, und die markanten Steinschäden, wie schalenartige Ausbrüche, Steinabbrüche an den Kanten und Risse, wurden jeweils auf gesonderten Auswerteebenen erfaßt. Da die Daten der einzelnen Ebenen bei der analytischen Auswertung digital gespeichert werden, können sowohl unterschiedliche thematische Darstellungen, als auch unterschiedliche Maßstäbe ausgegeben werden.



■ 15 (S. 204) Westseite, Turmansicht unterhalb des Umganges. Schadensdokumentation, Aufnahme vor Ort auf der Grundlage der photogrammetrischen Auswertung. Umzeichnung der farbigen Darstellung und Verkleinerung auf Maßstab 1 : 50. Natursteinbetrieb Melchior auf der Plangrundlage durch Badische Luftbildmessung.

■ 16 Westseite, Turmansicht unterhalb des Umganges. Maßnahmenkatalog, graphische Darstellung auf der Grundlage der photogrammetrischen Auswertung. Umzeichnung der farbigen Darstellung und Verkleinerung auf Maßstab 1 : 50. Natursteinbetrieb Melchior auf der Plangrundlage durch Badische Luftbildmessung.

Im nächsten Schritt wurden die Pläne nach der Gerüsterstellung vor Ort überprüft und in den photogrammetrisch nicht einsehbaren Bereichen ergänzt. Die Korrekturen und Ergänzungen wurden danach, getrennt in die festgelegten Auswerteebenen, in die Datenstände eingearbeitet.

Für die Schadenskartierung wurden Pläne mit Steinkonturen, Schadenslinien an den Steinoberflächen und Risse im Mauerwerk in jeweils unterschiedlichen Farben ausgegeben. Die weiterführende detaillierte Erhebung der Schadensarten erfolgte vom Gerüst aus. Die bezeichneten Flächen wurden entsprechend den Richtlinien des BMFT-Forschungs- und Entwicklungsverbundprojektes „Steinzerfall und Steinkonservierung“ in den Plänen farbig angelegt (Abb. 15). In einem weiteren Arbeitsschritt sind die unterschiedlichen Gesteinsarten kartiert worden.

Schon 1992 wurden die Stein- und Feuchteschäden des Turmes und der Kirche mit naturwissenschaftlichen Methoden untersucht und dokumentiert. Hierzu mußten Putzproben, Kratzproben an den Steinoberflächen und Bohrkernentnahmen entnommen werden. Im Labor untersuchte man die chemische Zusammensetzung der Mörtel und der unterschiedlichen Steinarten, Schilfsandstein und Muschelkalk, sowie deren Schädigungen. Weiterhin wurde die kapillare Wasseraufnahme der Steine gemessen und die Feuchtebelastungen der unterschiedlichen Zonen in den Putzen und im Steinmaterial bestimmt. Die Ergebnisse und die entsprechenden Sanierungsvorschläge zu den Themen Fassadenreinigung, Steinaustausch, Verfügung,

Steinkonservierung, Feuchteschutz und Behandlung der Putzflächen und der Sockelzonen wurden im Februar 1993 in einem Untersuchungsbericht zusammengefaßt.

Folgende verschiedenartige Problem-bereiche traten zutage:

– Feuchteschäden und Salzanreicherungen in den Sockelzonen, insbesondere an der Nord- und Ostfassade, bis in eine Höhe von 3 m;

– Steinverwitterung infolge hoher Durchfeuchtung, teilweise hervorgerufen durch ungenügende Regenwasserableitung und verstärkt durch Risse und offene Fugen;

– Taubenkotbelastungen an Fenstern und entlang von Gesimsflächen. Die Wandflächen des Turmes bestehen zum überwiegenden Teil aus Schilfsandstein. Sie waren aufgrund der Durchfeuchtung teilweise stark verwittert, was äußerlich an Algen, Salzrändern und Schalen- bzw. Schuppenbildungen erkennbar war. Weiterhin wiesen sie zahlreiche Risse auf. Bei der letzten Sanierung in den 60er Jahren wurden an mehreren Stellen nur 5 cm dünne Platten mit Mörtel und Holzleisten eingesetzt. Diese hatten sich zum Teil gelöst und weitere Schäden verursacht. Weniger verwittert waren Steine aus Muschelkalk, sie puderten lediglich an den Oberflächen leicht ab.

Als problematisch erwies sich die Verfügung der letzten Sanierung. Sie war mit hartem Zementmörtel ausgeführt worden und hatte zusätzliche Schäden an den Natursteinen verursacht.



■ 17 Aufnahme während der Sanierungsarbeiten unterhalb des Turmumganges. Die Betonsanierung am Kranzgesims ist abgeschlossen. Darunter mußte ein Stein ausgetauscht werden. In der Mitte des großen Steines befindet sich eine Meßmarke für die Neigungsbeobachtung.

Stärkere Schäden wies auch das betonierte Kranzgesims des Turmumganges auf. Hier waren Teile abgeplatzt, und die Armierung lag offen.

Maßnahmenkatalog zur Fassadensanierung und -restaurierung

Auf der Grundlage der Schadenskartierung und der Empfehlungen aus den naturwissenschaftlichen Untersuchungen wurde ein Maßnahmenkatalog zur Fassadensanierung und -restaurierung entwickelt, der für die weiterführenden Arbeiten verbindlich festgeschrieben wurde und Bestandteil der denkmalschutzrechtlichen Genehmigung war.

Die Einzelmaßnahmen wurden in die photogrammetrisch gezeichneten Grundpläne eingetragen und anschließend mit Kreide auf die Fassadensteine übertragen. Danach überprüfte man die projektierten Maßnahmen nochmals vor Ort (Abb. 16).

Als erstes erfolgte die Betonsanierung des Kranzgesimses. Dabei mußten besondere Schutz- und Abdeckvorrichtungen an der Sandsteinfassade getroffen werden, damit weder Wasser noch Schmutz bzw. Mörtel- und Anstrichreste bei den Reinigungsarbeiten eindringen konnten. Bei der Sanierung wurden die Schadstellen freigelegt, die Altanstriche mit Höchstdruckwasserstrahlen entfernt, die Bewehrung sandgestrahlt und konserviert, das Gesims neu verschalt und betoniert und zuletzt mit einem neuen Anstrich versehen (Abb. 17).

Vor den Steinarbeiten wurden die Bolzen zur Beobachtung der Turmneigungen jeweils mit zwei Sicherungspunkten versehen, damit sie bei Beschädigungen neu gesetzt werden konnten (Abb. 17).

Die Sanierungs- und Restaurierungsmaßnahmen an den Natursteinen wurden durch partielle Festigungen mit Kieselsäureester eingeleitet. Danach erfolgte eine Wasserdampfreinigung. Der nächste Schritt war die Öffnung sämtlicher Zementfugen. Die weiteren Maßnahmen beinhalteten folgende Arbeiten: Kleben und Kitten von Rissen, Austausch von Steinen, Ausbau und Wiedereinsetzen von Steinen aus den 60er Jahren, Reparaturen mittels Vierungen und kleinere Ausbesserungen mit Restauriermörtel. Als letzter Schritt erfolgte die Neuverfugung mit einem Mörtel aus Kalk und geringem Anteil Zement.

Parallel dazu wurden die Flaschnerarbeiten, insbesondere zur verbesser-

ten Wasserführung im Bereich der Dachanschlüsse, ausgeführt (Abb. 18). Zur Taubenabwehr wurden an den Fenstern Drähte gespannt.

Auf eine Hydrophobierung ist verzichtet worden, da aufgrund der naturwissenschaftlichen Untersuchungen eine für den hier verbauten Schilfsandstein vertretbare kapillare Wasseraufnahme festgestellt wurde. Die oben beschriebenen Schäden waren durch offene Fugen und falsche bzw. unzureichende Wasserführung entstanden. Voraussetzung für ein Gelingen der Restaurierung war die handwerklich saubere und gut ausgeführte Gesamtinstandsetzung.

Zusammenfassung

Bei allen beschriebenen Maßnahmen erfolgte eine intensive Zusammenarbeit der Fachabteilungen im Landesdenkmalamt mit den freiberuflichen Partnern. Nach der Vorlage des ersten Gutachtens des Baugrundinstitutes wurden die angeführten Möglichkeiten im Landesdenkmalamt mit den entsprechenden Experten – Bauingenieur, Baugrundgutachter und Architekt – intensiv diskutiert und zusätzliche Sicherungsmaßnahmen in Betracht gezogen. Die meßtechnischen Beobachtungen vor, während und nach den Turmgründungen führte ein örtliches Büro durch. Die Auswertung der Meßwerte vor und während der Baumaßnahme erfolgte durch das Baugrundinstitut. Das Referat Photogrammetrie des Landesdenkmalamtes beurteilte die Folgebeobachtungen.

Die photogrammetrische Aufnahme der Fassaden wurde vom Landesdenkmalamt durchgeführt, die Paßpunktbestimmung erfolgte durch das örtliche Vermessungsbüro, und die Auswertung wurde an ein photogrammetrisches Büro vergeben. Die speziellen Auswertungskriterien im Hinblick auf die Schadensdokumentation legte das Landesdenkmalamt fest. Die Schadenserfassung vor Ort erfolgte durch den Steinmetzmeister des Natursteinbetriebes. Die naturwissenschaftlichen Untersuchungen führte die Forschungs- und Materialprüfungsanstalt in Stuttgart durch. Der detaillierte steinbezogene Maßnahmenkatalog wurde vom Steinmetzmeister entworfen und mit dem Steinrestaurator des Landesdenkmalamtes überarbeitet. Weitere Abstimmungen mit dem Architekten und der für Vaihingen/Enz zuständigen Gebietsreferentin waren in regelmäßigen Abständen während der Baumaßnahmen erforderlich.

Am Turm der evangelischen Stadt-



■ 18 Flaschnerarbeiten zur verbesserten Wasserführung vom Mittelschiffdach zum Turm.

kirche in Vaihingen/Enz konnten gezielte Sanierungs- und Restaurierungsmaßnahmen durchgeführt werden, da sie auf der Grundlage von detaillierten Voruntersuchungen geplant worden sind. Durch unterschiedliche Meßmethoden war es möglich, den Bauzustand zu dokumentieren, Schäden zu erkennen und im Fall der Turmnachgründungen den Bauablauf zu kontrollieren und zu steuern. Die exakten Voruntersuchungen wirkten sich kostensparend aus, da sie es ermöglichten, die absolut notwendigen Maßnahmen zu definieren: Die Fundamentverstärkung wurde zielgerichtet vorgenommen. Weiterführende statische Sicherungen waren nicht erforderlich. Bei den Natursteinarbeiten an den Fassaden lag der Schwerpunkt auf Erhalt und Restaurierung, nur bei schweren Schädigungen wurde ausgetauscht. Nicht zuletzt konnten durch diese Untersuchungen denkmalverträgliche Lösungen ausgearbeitet werden.

Literatur und Untersuchungsberichte:

Grassegger, Gabriele/Eckstein, Günter: Schadensvermessung an Natursteinen. Photogrammetrische und naturwissenschaftliche Untersuchungen. Denkmalpflege in Baden-Württemberg, Heft 1, 1990.

Eickelberg, Ute/Herppich, Susanne/Zallmanzig, Jutta (Hg.): Bericht der Arbeitsgruppe Bestandsaufnahme des BMFT-Projektes Steinerfall 1990. Bautenschutz Bausanierung, Zeitschrift für Bauinstandhaltung und Denkmalpflege.

Feil, Wilhelm: Geschichte der Oberamtsstadt Vaihingen a.d. Enz. Vaihinger Geschichtsblätter 1933–1935, Nachdruck Vaihingen 1978, S. 227–231.

Landesdenkmalamt und Landesvermessungsamt Baden-Württemberg: Ortskernatlas Baden-Württemberg, Stadt Vaihingen an der Enz, Landkreis Ludwigsburg, 1992.

Baugrundinstitut Smoltczyk & Partner GmbH: Vaihingen/Enz, Evangelische Stadtkirche. Baugrund- und Sanierungsgutachten vom 30. 7. 1991. Abschlußbericht mit Baudokumentation vom 25. 5. 1993.

Ingenieurbüro Schwarz: Deformationsbeobachtung an der Stadtkirche in Vaihingen an der Enz, Teil 1–3 vom 28. 4. 1992, Teil 4–5 vom 5. 2. 1993, Teil 6–7 vom 21. 3. 1994, Teil 8–9 vom 21. 5. 1996.

Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, Referat Photogrammetrie: Vaihingen/Enz, ev. Stadtkirche, Deformationsbeobachtungen zu den Turmnachgründungen im Frühjahr 1992, Auswertung vom 29. 4. 1993. Deformationsbeobachtungen mit Auswertung vom 21. 4. 1994. Deformationsbeobachtungen mit Auswertung vom 28. 6. 1996.

Wengerter, Horst: Ev. Stadtkirche Vaihingen/E. Untersuchung der Nordfassade mittels eines Hubwagens nach historischen Putzen und Fassungen.

Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg, Referat 32: Evangelische Stadtkirche, Vaihingen/Enz, Zwischenbericht zur Untersuchung der Steinschäden, vom 16. 4. 1992. Untersuchungsbericht, Untersuchungen der Steinschäden, Feuchteschäden im Sockelbereich, vom 8. 2. 1993. Brief an das Architekturbüro Förnzier zur Hydrophobierung vom 8. 6. 1994.

Dipl.-Ing. (FH) Günter Eckstein
LDA · Referat Photogrammetrie
Mörikestraße 20
70178 Stuttgart