

Die Bauforschung als Möglichkeit substanzschonender Schadensursachenermittlung

Das Salemer Münster als Beispiel

Ulrich Knapp



■ 1 Salem, Münster. Ansicht der Kirche von Nordwest aus dem Jahr 1885. Auf der von German Wolf angefertigten Photographie sind sehr gut die Schäden an den Strebpfeilern zu erkennen. Am nördlichen Chorumgang sind die Restaurierungsarbeiten bereits im Gange.

Die rapide zunehmenden Schäden an Baudenkmalen unterschiedlichster Konstruktionsarten haben in der Vergangenheit zu verstärkten Aktivitäten naturwissenschaftlicher Arbeitsgruppen bei der Schadensursachenforschung geführt. Die größte Popularität haben dabei die Untersuchungen zu den Steinschäden erlangt, bei denen publikumswirksam Photographien früherer Zustände mit Aufnahmen des aktuellen Zustandes, beispielsweise bei Skulpturen oder ornamentalen Zierteilen, konfrontiert wurden. Die Untersuchung der Schadensursachen gilt bislang als Domäne der Naturwissenschaften. Für diese Untersuchungen wird fast immer Probenmaterial vom Objekt benötigt. In der Regel handelt es sich dabei um Bohrkern unterschiedlichsten Durchmessers. Zwar konnten die

Untersuchungsmethoden in den letzten Jahren wesentlich verbessert werden, so daß heute bereits mit vergleichsweise geringen Probenmengen Ergebnisse erzielt werden können, für die vor Jahren noch große Bohrkernserien notwendig waren. Dennoch bleiben auch heute Probenentnahmen von der Originalsubstanz unentbehrlich.

Im Rahmen der Steinschadensuntersuchungen am Salemer Münster sollte exemplarisch untersucht werden, ob und auf welche Weise durch eine gezielt eingesetzte Bauforschung die naturwissenschaftlichen Untersuchungen optimiert und zugleich die Zahl der notwendigen Materialproben vom Objekt reduziert werden können.

1. Ausgangssituation

Das im späten 13. Jahrhundert begonnene und um 1422/25 vollendete Salemer Münster war in den Jahren 1883 bis 1891 einer umfassenden Außenrestaurierung unterzogen worden (Abb. 1–3). Um 1970 hatten sich am Münster bereits wieder schwere Steinschäden eingestellt – in einem Untersuchungsbericht des Doerner-Institutes vom September 1971 ist von »meterlangen Längsrissen« am Maßwerk des Querhausnordgiebels die Rede. Zur Vorbereitung geplanter Konservierungsmaßnahmen wurden im Zeitraum von 1971 bis 1974 Musterflächen von insgesamt drei verschiedenen Konservierungsmitteln angebracht:

- St. XIX: Steinfestiger Wacker VP 1301 (April 1974)
- St. XXI: Tegovakon (Goldschmidt AG) (1971)
- St. XXIII: MOS-Grés-Monument (1971).

Eine erste Nachkontrolle der 1971 angebrachten Musterflächen erfolgte im April 1974 durch das Doerner-Institut, weitere Nachkontrollen fanden in den letzten beiden Jahren im Rahmen des Deutsch-Französischen Forschungsprojektes zur Erhaltung von Baudenkmalern statt.

Als Sofortmaßnahme hatte man bereits im Oktober 1971 die Moose und Flechten an den Strebepeilern und den Wandflächen der Seitenschiffe und des Chorumganges abgekratzt. Im Jahre 1975 wurden die Oberflächen der Kaffgesimse der Sockelzone und die Schrägen der Strebepeilervorsprünge mit Steinfestiger

Wacker OH behandelt und mit Wacker H imprägniert. Weitere Konservierungsversuche bzw. Konservierungsmaßnahmen wurden in der Folgezeit nicht durchgeführt. In den letzten Jahren mehrten sich die Schäden derart, daß absturzgefährdete Schalen und Steinpartien abgenommen werden mußten.

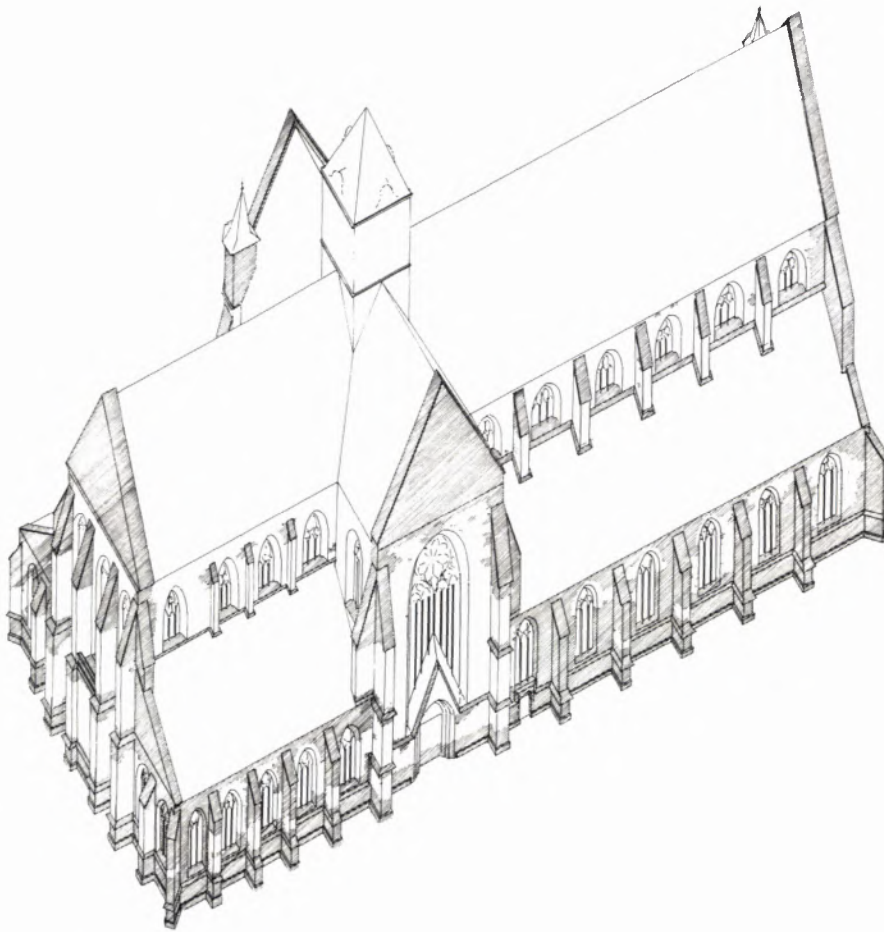
Als Ende der 1980er Jahre der Zustand bedenklich wurde, befaßte man sich erneut mit der Konservierungs- und Restaurierungsproblematik. An der Querhausnordfassade wurde ein Bohrkernprofil vom Bodenniveau bis zur Höhe des Abschlußgesimses gelegt und die Bohrkern naturwissenschaftlich ausgewertet – vom Standpunkt der Denkmalpflege aus allerdings mit keinem zufriedenstellenden Ergebnis. Gleichzeitig wurde versucht, von der Fassade mit photogrammetrischen Methoden eine Schadenskartierung durchzuführen, die sowohl Schadenstypen als auch Schadensintensitäten enthielt.

Nachdem keines der bislang gängigen Konservierungsverfahren am Salemer Münster Erfolg versprach, reifte der Gedanke, im Rahmen eines größeren Forschungsprojektes diese Problematik zu untersuchen. Aufgrund der besonderen Fragestellungen wurde Salem in der Folge als Musterobjekt für das Deutsch-Französische Forschungsprojekt für die Erhaltung historischer Baudenkmalern aufgenommen.

Die im Rahmen dieses Forschungsprogrammes geplanten bzw. durchgeführten Maßnahmen sollten nicht ohne vorbereitende bzw. begleiten-



■ 2 Salem, Münster. Ansicht der Kirche von Nordost aus der Zeit um 1930.



■ 3 Salem, Münster. Isometrische Ansicht der Kirche von Nordost. Die schraffierten Flächen zeigen die bei der Restaurierung 1883/91 erneuerten Oberflächen.

de bauhistorische Untersuchungen durchgeführt werden. Nach einem Vorbericht zur Querhausnordfassade und einem ersten ausführlichen Bericht zu den Außenwänden des nördlichen Seitenschiffes und der Nord- und Ostwand des nördlichen Chorumganges werden vorbereitend für die geplanten naturwissenschaftlichen Untersuchungen weitere bauhistorische Untersuchungen durchgeführt.

2. Schadensbilder und geplante Untersuchungen

Am Salemer Münster lassen sich folgende charakteristische Schadenszonen feststellen:

– **Sockelbereich:** Zum Teil massive Schädigung in den wechselfeuchten Bereichen: Schalenbildung und Abschuppen. Die Obergrenze des geschädigten Bereiches zeigt markante Schwankungen (Abb. 5).

– **Gesimszonen,** vor allem der Kehlen an der Gesimsunterseite: In den Kehlen aller Gesimse sind Abschuppungen festzustellen. An den Kaffgesimsen der Chorumgangs- und Seitenschiffstrebeileiter sind zusätzlich Schäden im Bereich des Sockelvorsprungs – Schalenbildungen ober-

und unterhalb des Gesimsvorsprungs – zu beobachten (Abb. 6).

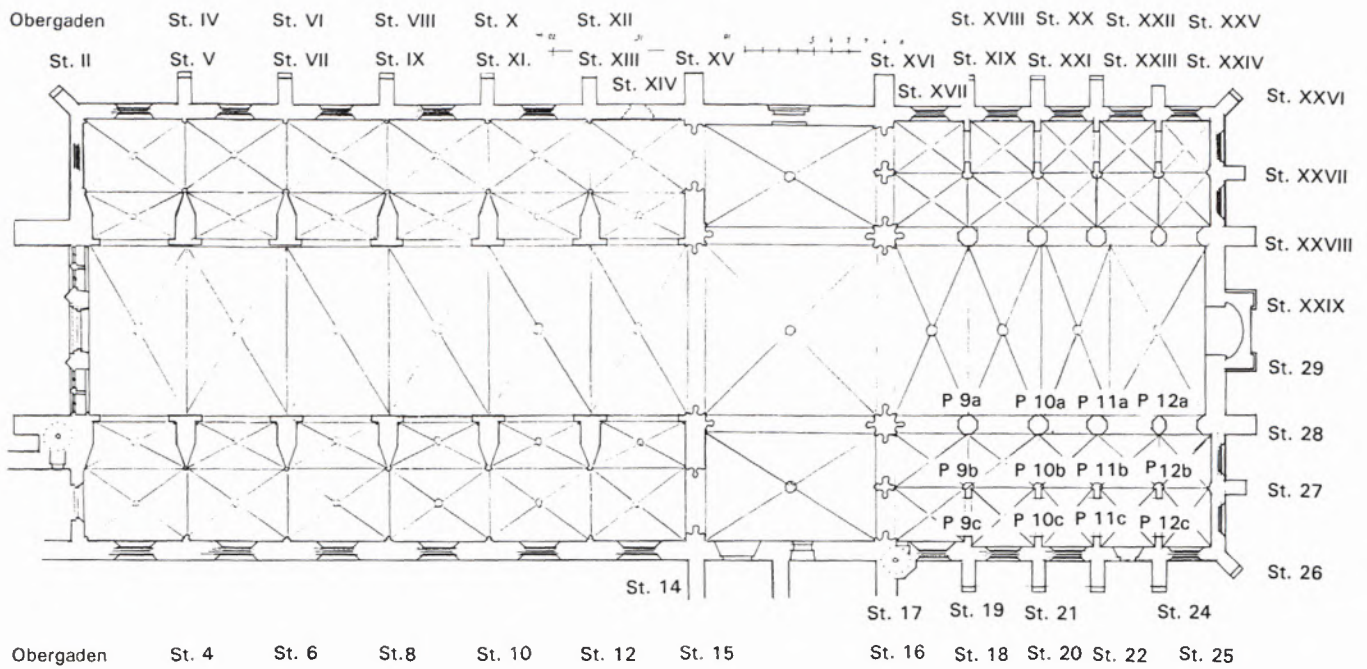
– **Strebeileiterköpfe:** An den Oberseiten der Abdeckplatten sind kaum Steinschäden festzustellen. Dagegen zeigen die Strebeileiterflanken Schalenbildungen und Abschuppungen in Extremform. Die Ausbreitung des Schadensbildes ist abhängig vom Fugenverlauf und vom baulichen Zustand der Abdeckung (Abb. 7).

– **Wandbereiche** der Seitenschiffe bzw. des Chorumganges in Höhe der Wölbungszone: Großflächige Schädigung (Abschuppen) der Steinsubstanz.

– **Fenstermaßwerke:** Je nach Gesteinsvarietät differenzierte Schadensbilder. Vor allem Abschuppungszonen in unterschiedlicher Intensität.

– **Giebelmaßwerke:** Extreme Schalenbildungen und Abschiefern der Gesteinsoberfläche. Bei den Maßwerkplatten lagerparalleles Aufspalten der auf Spalt stehenden Werkstücke.

Im Rahmen des deutsch-französischen Untersuchungsprogrammes sollten von den beteiligten naturwissenschaftlichen Forschungsgruppen die Schadensursachen, Schadensme-



■ 4 Salem, Münster. Grundriß (Umzeichnung nach O. Hammer) mit Kennzeichnung der Bauteile (Auszug).

■ 5 Salem, Münster. Sockelzone am 5. Joch des südlichen Chorumganges. Deutlich erkennbar sind die Steinschäden (Schalen) im wechselfeuchten Mauerwerksbereich. Die Dunkelfärbungen am Sockelprofil sind auf die stärkere Durchfeuchtung dieser Stellen zurückzuführen.

chanismen und die Konservierungsmöglichkeiten untersucht werden. Nachdem bereits im November 1987 an der Querhausnordfassade insgesamt 33 Bohrkerne gezogen worden waren, wurden im Sockelbereich des nördlichen Chorumganges weitere Bohrlöcher zur Untersuchung der Mauerfeuchte etc. angebracht. Als schließlich die Wünsche aller beteiligten Arbeitsgruppen nach Proben-

material vom Objekt, d. h. nach Bohrkernen, zusammengetragen waren, ergab sich eine Probenmenge, die denkmalverträglich nicht hätte beschafft werden können. Für alle Untersuchungen, die die simulative Erforschung von Schadensmechanismen etc. betreffen, und für Konservierungsversuche wurden daher anstelle des Originalmaterials Ausbauteile von anderen Gebäuden zur Verfü-



gung gestellt. Das Ausbaumaterial – verschiedene Varietäten Rorschacher Molassesandsteine vom Nordturm des Konstanzer Münsters und vom Oberen Tor in Salem – scheint geeignet zu sein, die für die Maßnahmen am Münster notwendigen Fragen zumindest im Grundsätzlichen zu klären.

3. Aufgaben der Bauforschung und Vorgehensweise

Der Bauforschung waren in Salem mehrere Aufgaben gestellt. Primärziel war es, ohne Eingriffe in die materielle Substanz des Baudenkmales Schadensursachen festzustellen, und auf diese Weise einerseits die Zahl der zur Ursachenfeststellung notwendigen Bohrkernentnahmen auf ein Minimum zu reduzieren und andererseits die Untersuchungsfragen an die beteiligten Naturwissenschaftler präziser fassen zu können.

Ein erster Überblick über die Hauptschadenszonen ergab, daß sich diese in Bereichen befinden, in denen bei der Außenrestaurierung der Jahre 1883–1891 in großem Umfang Steinmaterial ausgetauscht worden war. Im Zuge der bauhistorischen Untersuchung sollte daher auch geklärt wer-

den, ob sich bis heute die im 19. Jahrhundert „bebobenen“ Schäden wieder reproduziert haben, ob heute noch dieselben Schadensursachen wirksam sind, ob durch die Maßnahmen der Restaurierung neue Schadensursachen gesetzt wurden, oder ob sich zwischenzeitlich gänzlich neue Schadensursachen eingestellt haben. Unter diesen Gesichtspunkten konnten im Rahmen des deutsch-französischen Forschungsprogrammes bislang die Außenwände des nördlichen Seitenschiffes und des Chorumganges untersucht werden.

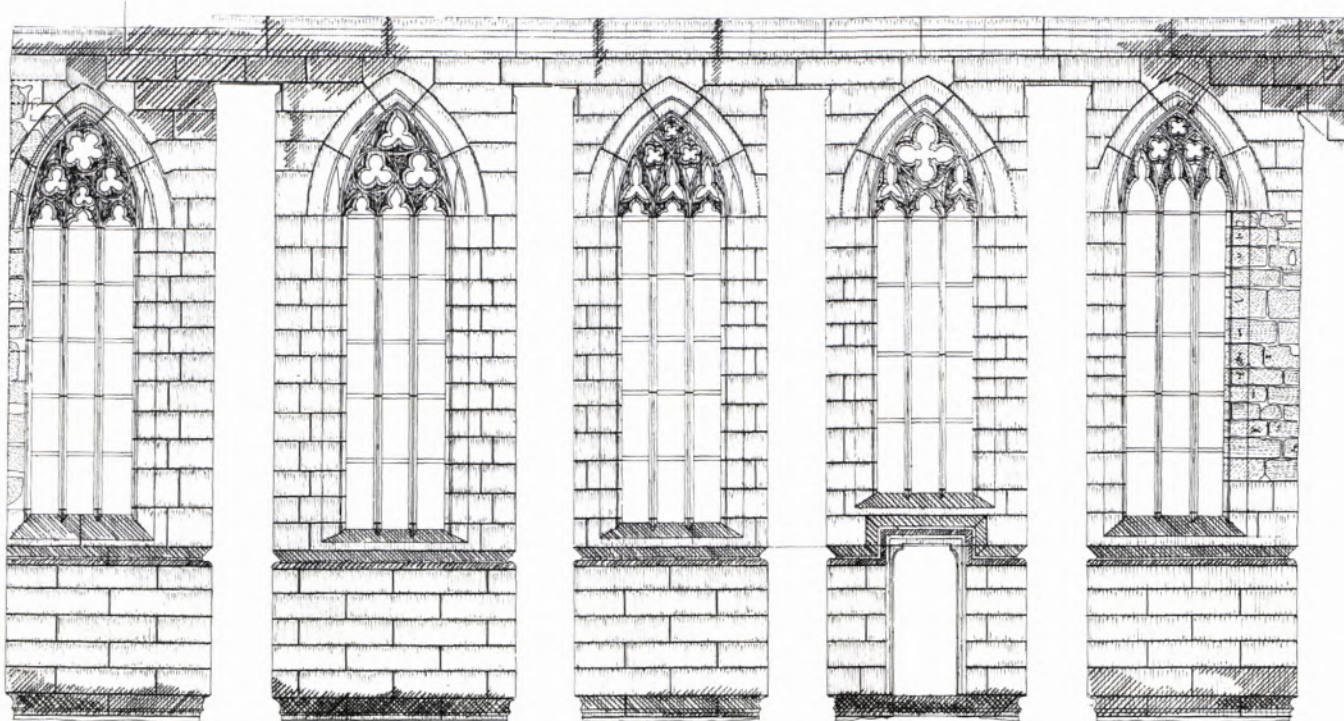
Vom Salemer Münster liegt keine heutigen Anforderungen genügende Bauaufnahme vor. Die anlässlich der Restaurierung 1883–1891 angefertigten Bestandsaufnahmen sind bis heute verschollen, ebenso die Originalpläne von Oskar Hammer aus dem Jahre 1917. Die 1988 angefertigte photogrammetrische Aufnahme der Querhausnordfassade wurde unter ausschließlich meßtechnischen Gesichtspunkten angefertigt und stark schematisiert ausgewertet. Lediglich für den südlichen Chorumgang liegt ein allerdings noch unvollständiges Handaufmaß des Grundrisses vor.





In einem ersten Schritt mußten daher von den einzelnen Wandfeldern

■ 6 Salem, Münster. Typisches Schadensbild im Bereich der Kaffgesimse der Chorumgangs- und Seitenschiffstrebebepfeiler: Abschuppungen im Bereich der Kehle des Gesimses und Schalenbildungen an den Flanken hinter den Gesimsvorsprüngen der Stirnseite.

■ 7 Salem, Münster. St. XVII am Querhausnordgiebel. In den Stoßfugen der Abdeckplatten haben sich Moose angesiedelt; die Fugen selbst sind nicht mehr dicht. Das eindringende Wasser hat das darunterliegende Mauerwerk bereits geschädigt.





-  Molasse, bläuliche Varietät (4. V. 13. Jh.)
-  Molasse, gelbliche Varietät (4. V. 13. Jh.)
-  Molasse, braune Varietät (4. V. 13. Jh.)
-  Rorschacher Molassesandstein (1891)

Schadensbilder

-  Feuchtigkeitsschäden
-  Biogener Befall

■ 8 Salem, Münster. Südwand des südlichen Chorumgangs; Ansicht von Süden. Gut zu erkennen ist der großflächige Steinaustausch. Die heutigen Schadenszonen befinden sich fast ausschließlich im Bereich der erneuerten Wandbereiche.

steingerechte (unmaßstäbliche) Pläne erstellt werden, um die Befunde kartieren zu können. Zu den Eintragungen in den Grundplänen zählen die Steinmetzzeichen, Überarbeitungsspuren, Ritzlinien etc. Für den in exemplarischer Ausführlichkeit bearbeiteten südlichen Chorumgang wurden basierend auf dem vorhandenen Planmaterial schematisch gezeichnete Ansichten und Schnitte im Maßstab 1:25 angefertigt, vom Dachstuhl als verformungsgetreues Handaufmaß ein Längsschnitt und die Ansicht eines Bindergespärres (M1:25). Ansichten aller weiteren Gespärre wurden schematisch gezeichnet. Die in diesen Plänen vorgenommenen Kartierungen zeigen die verschiedenen Baumaterialien in Abhängigkeit zu ihrem Einbualter. Für die Wandbereiche gibt es je nach Bauzustand bis zu drei Plansätze, die folgende Kartierungen enthalten:

- Kartierung der verbauten Gesteine in Abhängigkeit zu ihrer Herkunft und ihrem Einbualter
- Differenzierte Mörtelkartierung
- Kartierung von Fassungsbefunden etc.

Bei den Dachstuhlplänen wurden alle Bundzeichen und Hilfsmarkierungen der Zimmerleute aufgenommen und die unterschiedlichen Holzarten in Abhängigkeit zu ihrem Einbualter sowie die Bearbeitungsmerkmale der Konstruktionsteile kartiert.

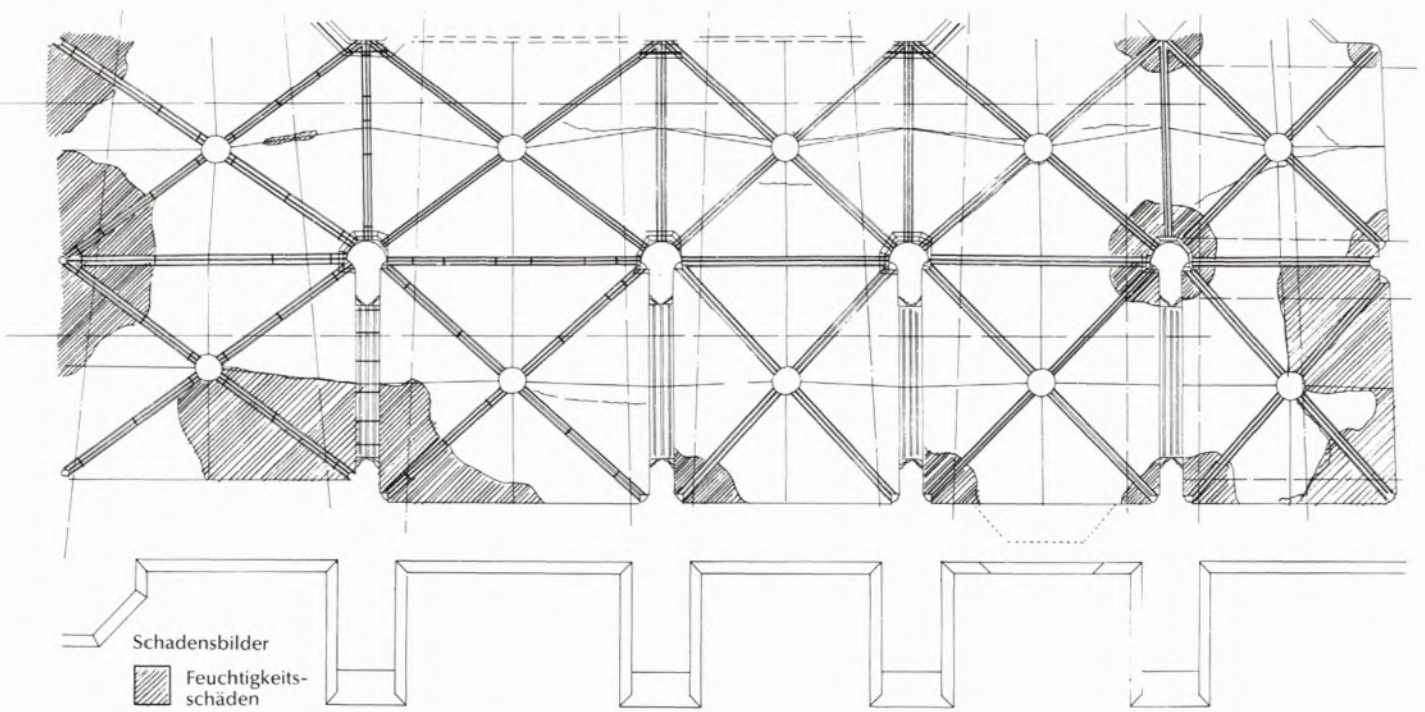
Neben der Aufnahme und Analyse der Baubefunde fand eine Auswertung der einschlägigen Archivalien,

insbesondere zu den Reparaturarbeiten und der großen Restaurierung im 19. Jahrhundert sowie der zugänglichen Altpläne statt.

4. Baubestand

Mit dem Neubau der heutigen Klosterkirche war um 1285 an der Südwestecke des südlichen Chorumgangs begonnen worden. Nach Planwechseln und einer kurzfristigen Bauunterbrechung waren die Ostteile (Chor und Chorumgang) bis etwa 1301 im Rohbau fertig und bis 1313 vollendet. Nach zunächst zügigem Baufortschritt erfolgte um 1319 eine Baueinstellung. Zu diesem Zeitpunkt waren Chor, Chorumgang, Querhaus und die drei östlichen Langhausjoche vollendet. Die Langhausjoche zwei und drei waren im Rohbau fertiggestellt, aber nicht eingewölbt. Das Mauerwerk im ersten Joch war bis in Arkadenhöhe errichtet und mit einer provisorischen Decke abgeschlossen worden, so daß die Kirche im Inneren voll nutzbar war. Um 1400 erfolgte eine Wiederaufnahme der Arbeiten. Es wurden die Langhausjoche zwei und drei eingewölbt und mit der Fertigstellung des ersten Joches begonnen. Letzteres konnte nach einer abermaligen Baueinstellung erst bis etwa 1425 vollendet werden.

Die Kirche wurde über Fundamenten aus mit reichlich Kalkmörtel vergossenen Wacken – möglicherweise über einer Pfahlgründung – errichtet. Zumindest bei den Ostteilen handelt es sich dabei um Streifenfundamente.



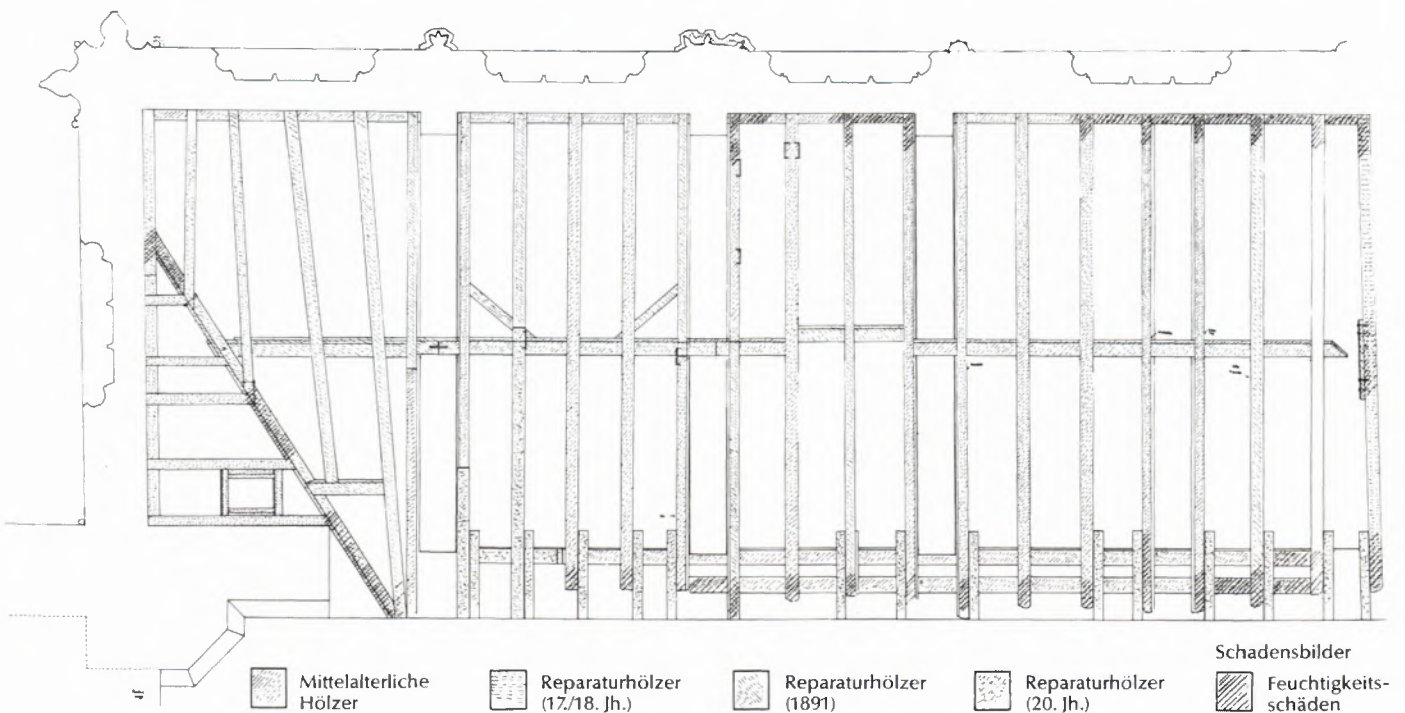
Das aufgehende Mauerwerk ist zweischalig ausgeführt und besitzt einen relativ schmalen Kern. Bei den Ostteilen scheinen die Innen- und die Außenschale weitgehend unabhängig voneinander aufgemauert zu sein, im westlichen Teil des Langhauses können in regelmäßigen Abständen Binderquader festgestellt werden, die die beiden Mauerschalen verbinden. Für das Quadermauerwerk wurden unterschiedliche Varietäten lokaler Molassesandsteine verwendet. Es kann dabei eine baugruppenspezifische Verwendung der einzelnen Gesteinsvarietäten konstatiert werden.










Bereits um 1475 waren vor allem am Strebewerk erhebliche Schäden aufgetreten, die zu umfangreichen Reparaturarbeiten zwangen. Als Steinmaterial wurden nunmehr Rorschacher Molassesandsteine benutzt, von denen man annahm, daß sie verwitterungsbeständiger seien.

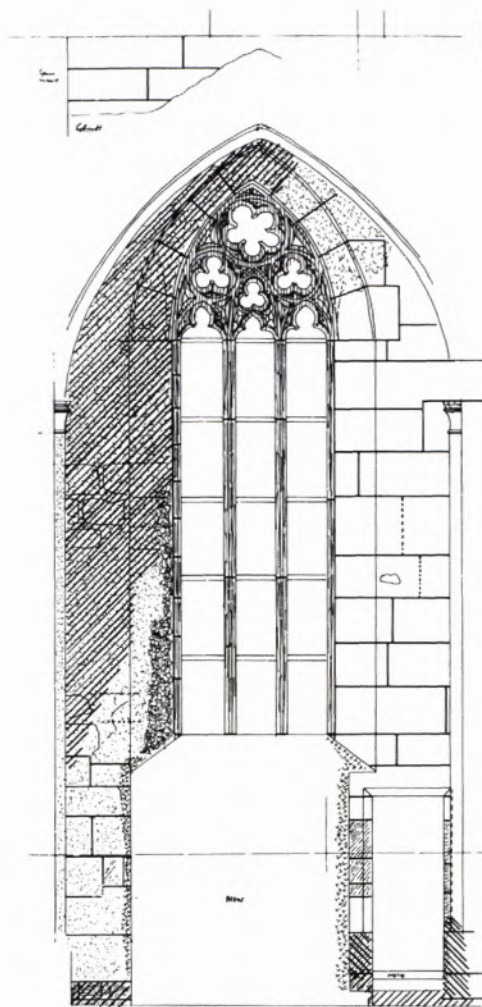
In den Jahren ab 1620 erfolgte eine erste durchgreifende Barockisierung der Klosterkirche, die jedoch Mitte der 1630er Jahre infolge der Wirren des Dreißigjährigen Krieges zu einem vorläufigen Abschluß kam. Nach den Kriegszerstörungen waren umfas-

■ 9 Salem, Münster. Südlicher Chorumgang; Grundriß mit schematischer Gewölbeprojektion. Die schraffierten Bereiche zeigen die Wasserschäden an den Gewölbekappen.

■ 10 Salem, Münster. Schematisch gezeichnete Sparrenaufsicht. Die heutigen Wasserschäden an der Dachkonstruktion befinden sich in der Regel an Stellen, die bereits bei früheren Restaurierungen ausgetauscht oder repariert worden sind.



-  Molasse, bläuliche Varietät (4. V. 13. Jh.)
-  Molasse, gelbliche Varietät (4. V. 13. Jh.)
-  Molasse, braune Varietät (4. V. 13. Jh.)
-  Rorschacher Molassesandstein (1891)
-  Putz (1737 ca.)
-  Putz (4. V. 18. Jh.)
-  Putz (1891)
- Schadensbilder
-  Feuchtigkeits-schäden
-  Biogener Befall



■ 11 Salem, Münster. Südwand des ersten Joches im südlichen Chorumgang. Ansicht von Norden. Zu beachten sind die umfangreichen Putzreparaturen aus dem 18. Jahrhundert und die heute sichtbaren Schäden durch eingedrungenes Wasser.

sende Erneuerungsarbeiten an den Dachstühlen notwendig. Das nördliche Seitenschiff erhielt einen vollkommen neuen Dachstuhl – im Zuge dieser Arbeiten wurde hier teilweise auch die Mauerkrone erneuert –, bei den Dachstühlen über dem nördlichen und südlichen Chorumgang waren Reparaturen in unterschiedlichem Ausmaß erforderlich.

Bei dem Klosterbrand 1697 wurden der Dachstuhl über dem südlichen Seitenschiff zerstört und die Steinoberflächen der südlichen Fassadenflächen zum Teil erheblich beschädigt. Über dem südlichen Seitenschiff wurde aus zum Teil wiederverwendeten Hölzern ein neuer Dachstuhl aufgeschlagen; die Behebung der Schäden am Mauerwerk erfolgte nur teilweise. Um 1740 wurden schließlich umfangreiche Reparaturen am Mauerwerk und an den Maßwerkgiebeln durchgeführt. 1751 erfolgte nach Ent-

würfen von Johann Kaspar Bagnato der Umbau des Münsterchores und ab 1753 die Errichtung eines Vierungsturmes in Fachwerkkonstruktion. Im Zuge der klassizistischen Neuausstattung des Münsters wurde zwischen den mittleren Strebepfeilern der Ostfassade die Verena-Kapelle eingebaut, und es wurden die Fenster der beiden anschließenden Wandfelder geschlossen; die Ostfenster der Chorumgänge wurden spätestens anlässlich der Aufstellung der heutigen, von Johann Georg Wieland entworfenen Altäre (1782) geschlossen.

Nach 1803 erfolgte der Abbruch des von Bagnato errichteten Vierungsturmes und an seiner Stelle wurde der heutige Dachreiter nach Entwürfen von Wilhelm Kleinheinz errichtet. In den folgenden Jahrzehnten waren ständig kleinere Reparaturen vor allem an den Dachstühlen erforderlich. Ab 1864 plante man aufgrund der zwi-

■ 12 Salem, Münster. Südwand des ersten Joches im südlichen Chorumgang. Ansicht von Süden. Die am Außenbau sichtbaren Wasserschäden entsprechen den an der Innenwand beobachteten Schäden.

schenzeitlich eingetretenen Schäden eine umfassende Außenrestaurierung des Münsters, die allerdings erst 1883 bis 1891 unter Leitung von Franz Baer (Erzbischöfliches Bauamt Freiburg) durchgeführt wurde.

Im Zuge dieser Restaurierung war ab dem zweiten Bauabschnitt eine genaue Bestandsaufnahme angefertigt worden – allerdings gelten die Pläne heute als verschollen. Bei den Arbeiten wurde vor allem im Bereich der Außenwände bis zur Höhe der Traufgesimse von Seitenschiff bzw. Chorumgang in erheblichem Umfang Steinmaterial ausgetauscht. Einen Eindruck vom Ausmaß der Restaurierungsmaßnahmen vermittelt die isometrische Darstellung in Abb. 3. Die Giebel und die meisten Strebepfeilköpfe wurden komplett ab- und wieder neu aufgebaut.

Als Austauschmaterial war zunächst

Sandstein aus den Brüchen von St. Margarethen vorgesehen worden; zur Verwendung gelangten schließlich aber „graue“ Rorschacher Sandsteine.

5. Die Ergebnisse der Bauforschung

Der südliche Chorumgang des Salemer Münsters wurde in exemplarischer Form bearbeitet, um darlegen zu können, wie weitreichend die Aufschlüsse sein können, die die Bauforschung für die Schadensursachenforschung zur Verfügung stellen kann. Es wurde versucht, möglichst viele Schadensphänomene zu erfassen, um auch komplexe Schadenssituationen interpretieren zu können. Aus diesem Grund wurde die Untersuchung nicht auf die Außenhaut der Südwand beschränkt, sondern auf alle Teile des Baukörpers ausgedehnt. Für die Befundkartierung wurden Ansichten der Südwand von Süden und von Norden, Schnitte durch jedes Joch, jeweils mit Blick nach Osten und Blick nach Westen, ein Fußbodenplan, eine Gewölbeprojektion, Dachstuhlgrundriß, Sparrenaufsicht, ein Dachstuhlängsschnitt und Ansichten aller Gespärre gezeichnet. Die Analyse der kartierten Befunde erbrachte dabei aufschlußreiche Ergebnisse:

Die Außenhaut der Südwand besteht heute mit Ausnahme geringer Wandbereiche im ersten und fünften Joch aus Austauschmaterial von 1890/91 (Abb. 8). Hierbei handelt es sich um ca. 25 cm starke Verblendquader, die mit eisernen Mauerhaken am mittelalterlichen Mauerwerk befestigt wurden. Von den Fenstermaßwerken wurden diejenigen der Joche 1 bis 3 (Zählung jeweils von Westen) ersetzt, in den Jochen 4 und 5 sind die Couronnements noch Originalbestand – wenn auch teilweise überarbeitet –, die Fensterstangen stammen jedoch aus dem späten 19. Jahrhundert.

Die Steinschäden an der Südwand des südlichen Chorumganges konzentrieren sich auf die Sockelzone, das Kaffgesims des Sockels, die Strebebefeilerköpfe und die obersten Steinlagen im Bereich des ersten und fünften Joches.

Bei den Schäden im Sockelbereich ist eine deutliche Zunahme der Schadensintensität am fünften Joch und im ersten Joch am Anschluß des Treppenturmes festzustellen.

Die an der Außenseite der Südwand erkennbaren Feuchtigkeitsschäden sind in analoger Verteilung auch an der Innenseite vorhanden (Abb. 11, 12). Da im Inneren des Münsters nach 1803 keine größeren Veränderungen

vorgenommen worden sind, sind hier nicht nur die Spuren aktueller, sondern auch diejenigen älterer Wasserschäden zu sehen. Dabei zeigt sich, daß an den Stellen, an denen heute wieder Wasserschäden aktiv sind, bereits seit 1803 wiederholt derartige Schäden aufgetreten waren. Es handelt sich dabei um den südlichen und den westlichen Teil der beiden ersten Joche, um den westlichen Teil des zweiten Kapellenjoches und um den südlichen und östlichen Teil der beiden Ostjoche. Die Ausdehnung der Schadenszone an der Innen- und der Außenseite der Südwand sowie an dem Unterzug zwischen P9b und P9c und an den Gewölbekappen (Abb. 9) zeigt deutlich, daß die geschädigten Partien an der Außenwand des ersten und zweiten Joches den Gewölbezwickel zwischen erstem und zweitem Joch umschreiben.

Die Untersuchung des Dachstuhles über diesen beiden Jochen führt zu dem Ergebnis, daß das Holzwerk über dem ersten Joch fast ausschließlich aus der Restaurierungsperiode 1890/91 und aus späteren Reparaturphasen stammt (Abb. 10). Die Hölzer sind durch Wassereintrich heute teilweise wieder schwerer geschädigt. Problemzonen sind der Dachanschluß an die Ostwand des Querhauses, insbesondere der unterhalb der NO-Ecke der Fenstersohlbank ansetzende Kehlsparrn, und die Dachkehle zwischen dem Pultdach des Chorumganges und dem an die Querhauswand angelehnten Pultdach.

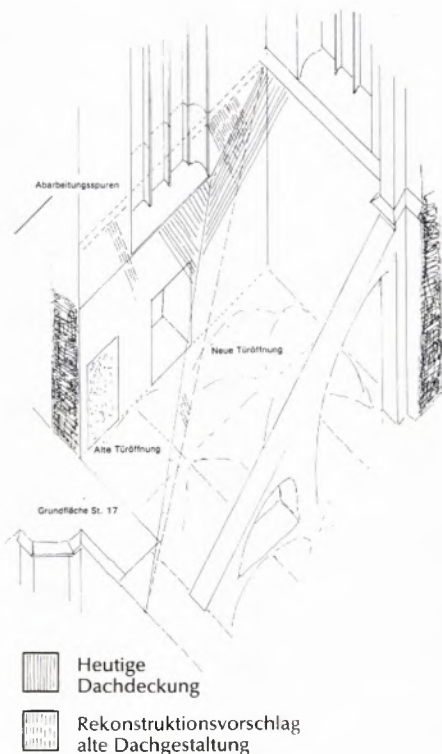
Das 1890/91 errichtete Dachwerk entspricht nicht der ursprünglichen Dachkonstruktion. Aus den Salemer Kirchenfondsrechnungen ergibt sich, daß zwischen 1803 und 1890 in diesem Bereich laufend Reparaturen notwendig waren. Die Baubefunde weisen zudem darauf hin, daß an der Querhausostwand sekundäre Eingriffe in die Bausubstanz erfolgt sind. So ist die Pforte, über die man heute vom Dachstuhl über dem südlichen Chorumgang auf die Empore im südlichen Querhausarm gelangt, deutlich als spätere Zutat zu erkennen. Südlich von ihr befindet sich unmittelbar an den Strebebefeiler St. 17 anschließend eine etwas schmalere, heute vermauerte Pforte. Aus den einschlägigen Archivalien ergibt sich nun, daß die heutige Orgelempore im Jahre 1717 durch den Salemer Zimmermeister Hans Jerg Bendele für die von Christoph Egedacher zu verfertige neue Liebfrauenorgel geschaffen wurde, und bei dieser Gelegenheit auch Veränderungen am Mauerwerk vorgenommen wurden. Da durch die Egedachersche Orgel die ältere Pforte

so verstellt wurde, daß sie nicht mehr benutzt werden konnte, muß der heutige Zugang zur Südepore spätestens zum Zeitpunkt der Aufstellung dieses Orgelwerkes geschaffen worden sein.

Die Abarbeitungsspuren älterer Dachansätze an der Ostwand des südlichen Querhausarmes und an der Nordseite von St. 17 erlauben es, die ältere Dachform zu rekonstruieren. Drei Steinlagen über dem heutigen Dachansatz befand sich dieser ältere Dachansatz. Eine Steinlage darüber lag die ursprüngliche Sohlbank des Fensters O1. An der Nordseite des Strebebefeilers St. 17 führte ein Wasserschlag steil nach unten.

Aufgrund dieser Befunde kann hier ein im Vergleich zum heutigen Dach relativ steiles Pultdach rekonstruiert werden, das sich nach Osten neigte. Von der Südostecke zwischen Chor und Querhaus führte eine Kehle bis zur Nordostecke des Strebebefeilers St. 17 (Abb. 4). Da die Kehle dieses Daches wesentlich steiler war als die heutige, war sie weniger schadensanfällig. Auch das steiler geneigte Pultdach war insgesamt für eine Deckung mit Flachziegeln günstiger, als das heutige, relativ flache Dach.

In der Gewölbezone des ersten Umgangsjoches lassen sich im Bereich der Arkaden zwischen südlichem Querhausarm und südlichem Chorumgang aufschlußreiche Schadensbilder feststellen: Die Arkadenprofile zeigen an der Ostseite, also zum Chorumgang hin, umfangreiche Feuchtigkeitsschäden. Teile des Arkadenprofils sind ausgebrochen, wurden aber im Zusammenhang mit der letzten kompletten Neufassung des Innenraumes 1777 bereits mit Mörtel- und Stuckmassen repariert. Zwischenzeitlich sind Teile dieser Altreparaturen wieder ausgebrochen. Daraus folgt, daß die in Zusammenhang mit dem Neubau der Südepore im Jahre 1717 errichtete neue Dachkonstruktion bereits innerhalb relativ kurzer Zeit zu erheblichen Bauschäden geführt hat. Zwar wurde das Dach in der Folgezeit wiederholt repariert bzw. vollkommen erneuert, die Schadensursache wurde aber offensichtlich nicht beseitigt. Die jüngsten Schäden an der Dachhaut sind im Kehlbereich an einem sehr windigen Tag entstanden, als durch eine Böe die Flachziegel so gegeneinander verschoben wurden, daß die Kehle nicht mehr dicht war. Trotz wiederholter Reparaturen, die an der betreffenden Stelle festzustellen sind, gelang es nicht, diesen Schadensschwerpunkt zu beheben. Die Ursache für das in die Gewölbezwickel eindringende



■ 13 Salem, Münster. Ostwand des südlichen Querhausarmes. Schematische Skizze der Baubefunde mit Angabe der rekonstruierbaren alten Dachgestaltung und der heutigen Dachform.

Wasser, das zu den Schäden an der Südwand führte, scheint damit in der heutigen, für eine Deckung mit Flachziegeln ungünstigen Dachkonstruktion zu liegen. Die bloße Reparatur der Dachhaut durch Nachstecken neuer Ziegel führt daher nicht zu einer Beseitigung der eigentlichen Schadensursache, sondern lediglich zu der Reparatur eines Schadensphänomens.

Eine vergleichbare Situation liegt am Ostgiebel vor. Das östliche Gespärre des Dachstuhles weist eine gegenüber den mittelalterlichen Gespärren abweichende Konstruktion auf und wurde vermutlich in der Mitte des 17. Jahrhunderts im Zuge der weitreichenden Dachreparaturen an den Chorumgangs- und Seitenschiffsdächern errichtet. Aufgrund des ungenügend abgedichteten Dachanschlusses konnte hier regelmäßig Wasser in das Dachwerk eindringen; das Gespärre weist heute dementsprechende Wasserschäden auf. Im Jahre 1936 war im Zuge einer Sicherungsmaßnahme der Sparren abgestützt worden. Die Schadensursache wurde jedoch nicht behoben, wie die regelmäßige Durchfeuchtung des Sparrens an dieser Stelle zeigt. Das hier eindringende Wasser sammelt sich in den Gewölbezwickeln und durchfeuchtet so die oberen Steinlagen der Außenwand von innen. Dementsprechend sind die Schadensbilder an der SO-Ecke des Chorumganges.

Der hier exemplarisch untersuchte Zusammenhang zwischen Schäden an der Dachhaut, Schäden am Dachwerk und den Schäden an der Außenhaut des Mauerwerks läßt sich am Salemer Münster wiederholt nachvollziehen, so z. B. an der NW-Ecke des nördlichen Chorumganges, mehrfach am nördlichen Seitenschiff und am südlichen Seitenschiff. Auch hier kann jeweils ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den aktuellen Schäden an dem im 19. Jahrhundert bereits erneuerten Mauerwerk und den Schäden an der Dachhaut bzw. am Dachwerk festgestellt werden.

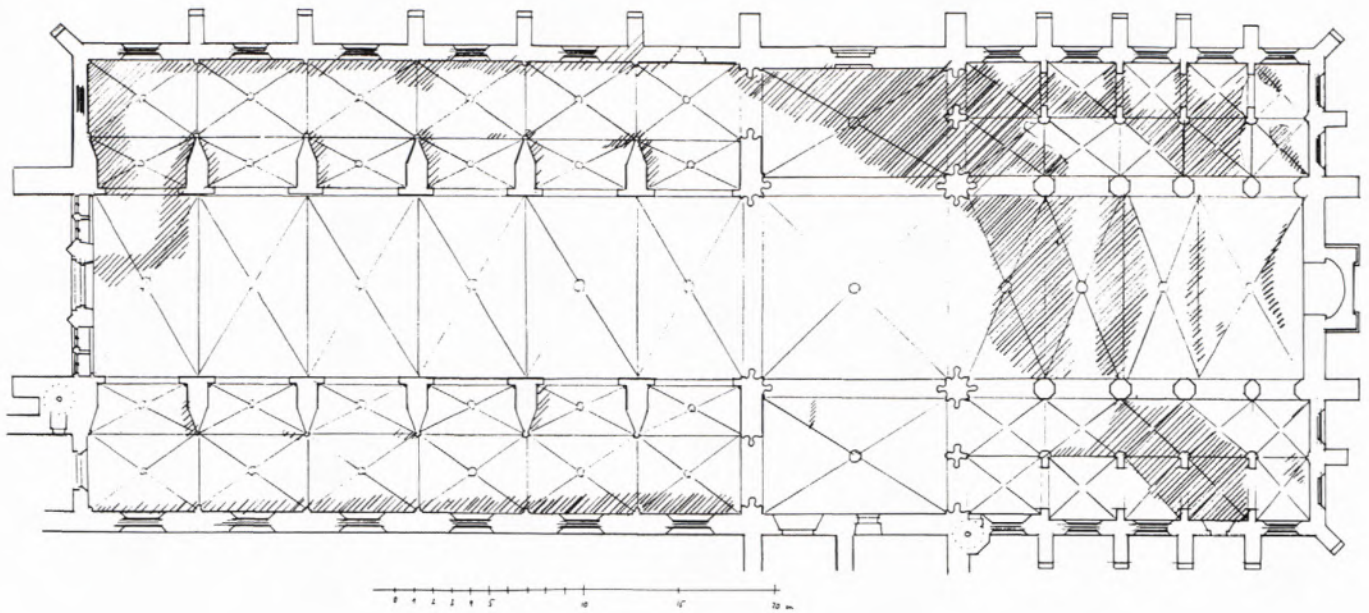
Die oberen Bereiche der 1890 vollständig erneuerten Strebeböcker des südlichen Chorumganges zeigen alle das gleiche Bild starker Abschuppung und Schalenbildung an den Flanken unterhalb der Abdeckplatten der Schräge. Die Strebeböcker waren im Laufe des 18. Jahrhunderts bereits verändert worden. Bis dahin waren an der Vorderkante der Schräge kleine Giebelaufsätze angebracht, so daß das Oberflächenwasser über die Ecken der Abdeckung abgeleitet wurde. Im Zuge einer Erneuerung im

18. Jahrhundert wurden diese Giebelaufsätze entfernt und durch flache Abdeckplatten ersetzt, vergleichbar den heutigen. Die Strebeböcker wurden 1890 nach einem einheitlichen Konstruktionsprinzip erneuert. Die Schräge besteht heute aus einer Abfolge von Binderquadern mit angearbeitetem Deckplattenstück und eingelegten Abdeckplatten. Die Stoßfugen zwischen den Bindern und den Platten verlaufen senkrecht zur Schräge. Die Werkstücke aus Rorschacher Molassesandstein wurden in Schwarzkalkmörtel versetzt, die Fugen mit einem Fugenstrich aus Portlandzement geschlossen.

Infolge der erheblichen thermischen Beanspruchung bildeten sich Haarrisse in dem Fugenstrich, durch die Feuchtigkeit ins Mauerwerk eindringen konnte. Im Laufe der Zeit brachen Teile dieses Fugenstriches aus und Moose und andere Pflanzen siedelten sich in den Fugen an. Dieser pflanzliche Bewuchs führte schließlich u. a. dazu, daß die Abdeckplatten in ihrer Lage verschoben bzw. angehoben wurden und damit der Wassereintritt weiter begünstigt wurde. Es kann nun bei der Beurteilung der Schadensintensitäten ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Zustand der Fugen an der Oberfläche der Schrägen und der Schadensintensität an den Flankenbereichen konstatiert werden. Die Schadensursache kann hier in der Konstruktion – Stoßfugen senkrecht zur Schräge – in Zusammenhang mit ungeeignetem Verfugungsmaterial – Fugenstrich aus Portlandzement – vermutet werden.

Aufgrund dieser Ergebnisse waren am Salemer Münster keine Bohrkernentnahmen an den Strebeböckern und an den oberen Steinlagen der Südwand erforderlich, um die Frage der Schadensursache zu klären. Die weitere Untersuchungsfragestellung konkretisiert sich nun darauf, Konservierungsmöglichkeit für die vorgeschädigte Steinsubstanz zu erforschen. Im Zuge einer ersten Maßnahme sollen nun zunächst die Schäden an der Dachhaut behoben werden. Die weiteren Überlegungen gelten der Frage, wie die Fugen an den Oberflächen der Strebeböcker so gegen Oberflächenwasser geschützt werden können, daß keine weiteren nachteiligen Wirkungen für das darunterliegende Mauerwerk zu befürchten sind.

Bei den Schäden an der Sockelzone wurde von den beteiligten Arbeitsgruppen bislang ausschließlich aufsteigende Feuchtigkeit als Schadensursache vermutet. Auffallend sind jedoch die markanten Veränderungen



gen der Schadensobergrenzen im ersten und fünften Joch. Eine Überlagerung von Ansicht der Außenwand und Ansicht der Innenwand ergab, daß die Obergrenze dieses Schadensbildes jeweils die Niveauänderungen des Bodens im Innenraum der Kirche nachzeichnet. So ist der Boden im fünften Joch um zwei Stufen erhöht, im ersten Joch entspricht der Anstieg der Schadenszone dem um eine Stufe erhöhten Boden im Treppenturm. Betrachtet man nun unter diesem Gesichtspunkt die Ostfassade der Kirche, so kann man hier – allerdings wesentlich markanter – dasselbe Phänomen feststellen. Die Schadenszone am Außenmauerwerk zeichnet auch hier die Fußbodenniveaus des Innenraums nach.

Die Überlagerung von Außen- und Innenwandaufriß indiziert sonach einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den Steinschäden an der Außenhaut des Gebäudes und den Böden im Inneren. Ausgehend von dieser Feststellung wurde zunächst für den südlichen Chorumgang auch eine Schadenskartierung des Fußbodens vorgenommen. Sie ergab, daß der Boden als Feuchtigkeitsspeicher wirkt, und die durch Wasseraufnahme und nachfolgende Austrocknung verursachten Dehn- und Schwundbewegungen zu erheblichen Steinschäden geführt haben. Vor allem an den Ecken der ca. 15 cm dicken Bodenplatten sind Schalenbildungen in unterschiedlichem Stadium vorhanden. Der Schadensschwerpunkt liegt im vierten und fünften Joch.

Bei weiteren Beobachtungen konnte festgestellt werden, daß es im Münster auffallend charakteristische Feuchteverteilungen an der Bodenoberfläche gibt (Abb. 14). Eine Kartierung der

Feuchtebereiche im August 1992 zeigte, daß gerade die Ostteile der Kirche östlich einer Achse nördlicher Querhausarm – drittes Joch südlicher Chorumgang derart durchfeuchtet sind, daß selbst nach einer längeren Hitzeperiode das Mauerwerk gesättigt ist. Die höchste Feuchtigkeitskonzentration ist dabei im nördlichen Querhausarm und im ersten Joch des nördlichen Chorumganges vorhanden. Berücksichtigt man nun die Topographie der ehemaligen Klosteranlage, so fällt auf, daß sich diese extreme Durchfeuchtungszone innerhalb des Münsters in der achsialen Verlängerung des unter dem unteren Langbau liegenden Teilstückes des alten Klosterkanales liegt (Abb. 15). Berücksichtigt man, daß zur Erbauungszeit des Münsters das Dormitorium sich im ersten Geschoß des an den südlichen Querhausarm anschließenden Klausurflügels befand und die Mönchslatrine südöstlich hiervon zu vermuten ist, so bleiben nur wenige Möglichkeiten für die Zuführung des hierfür benötigten Wassers. Es kann daher vermutet werden, daß der mittelalterliche Kanal in Verlängerung des beim unteren Langbau erhaltenen Teilstückes in gerader Linie bis zur Kirche verlief und diese möglicherweise unterquert hat. Dieser Arbeitshypothese wurde die These gegenübergestellt, der Chorbereich des Münsters sei über dem alten Bachbett der Salemer Aach errichtet worden. Die Untersuchung des nördlich des Klosters gelegenen heutigen Aachlaufes ergab nun, daß das Gewässer etwa 2300 m nördlich der Klosteranlage in ein künstliches Bett umgeleitet wurde, und der teilweise durch Dämme eingefasste Wasserlauf so geführt wurde, daß bis zum Kloster so wenig Höhe wie möglich verloren wird. Die heute sichtbaren Einfassungsmauern

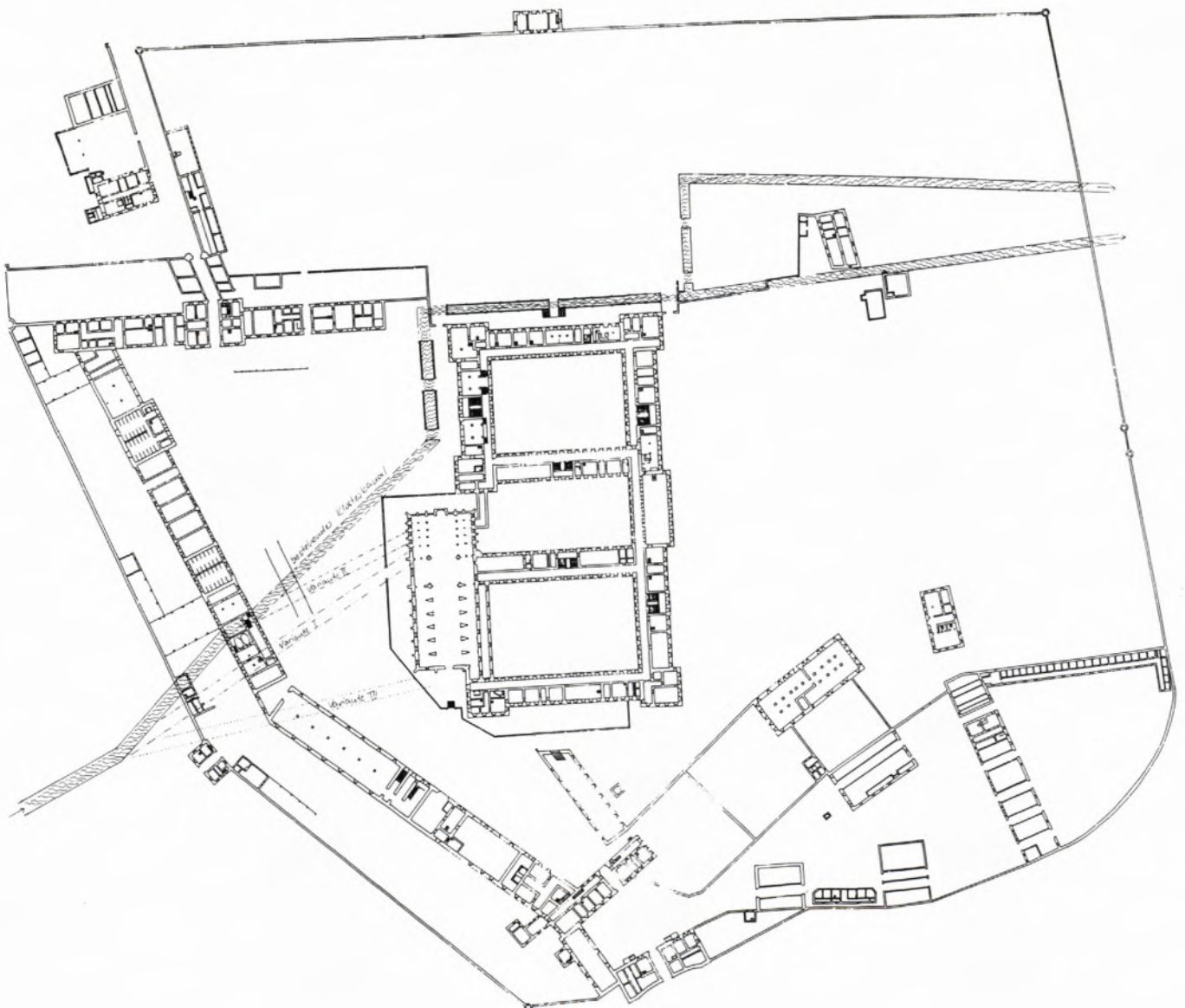
■ 14 Salem, Münster. Grundriß (Umzeichnung nach O. Hammer) mit Eintragung der Feuchtezonen am Fußboden (August 1992).

außerhalb des Klosterbezirkes sowie die Kanalführung innerhalb der ehemaligen Klosteranlage stammen aus dem 17. und 18. Jahrhundert.

Die durch die Abteilung Erddamm- und Deponiebau am Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Karlsruhe durchgeführten Bodenuntersuchungen erbrachten zudem äußerst überraschende Ergebnisse: Bereits bei der Schlitzsondage zeigte sich, daß die wasserführenden Schichten im Bereich vor der Querhausnordfassade und dem ersten Joch des nördlichen Chorumganges wesentlich tiefer liegen als vor dem Langhaus. Eine Bestätigung erbrachten die später gesetzten Grundwassermeßpegel. Man erhält so das zunächst verblüffend erscheinende Phänomen, daß dort, wo beim Außengelände der Grundwasserspiegel am tiefsten liegt, die Feuchtigkeit im Inneren des Münsters am höchsten ist.

Eine Erklärung kann hier der hypothetisch vermutete ältere Kanalverlauf bieten: Es ist denkbar, daß das verfüllte alte Kanalbett als Vorfluter funktioniert und das von Westen anströmende Hangwasser aufnimmt und in den Chorbereich des Münsters weiterleitet. Für einen solchen älteren und später verfüllten Kanal ließen sich drei Möglichkeiten erschließen (Abb. 15). Eine anschließende Prospektion mit Hilfe von Georadar-Messungen sollte u. a. klären, ob sich Anzeichen für einen solchen möglichen älteren Kanal nachweisen lassen. Bei diesen Messungen konnte in einer Tiefe von mehr als 2 m eine Bodenanomalie nachgewiesen werden, die im Bereich der Trassenvariante II liegt. Da sich die Dammkrone des Kanals unmittelbar nördlich der Klostermauer etwa 1,80 m unterhalb des Bodenniveaus nördlich des nördlichen Chorumganges befindet und der Wasserspiegel des heutigen Aachkanales im Bereich der ehemaligen Pferde-

■ 15 Salem. Grundriß der Gesamtanlage im Jahre 1802 (Umzeichnung nach der Bauaufnahme). Eingetragen sind der heutige Verlauf des Aachkanales und die hypothetisch erschlossenen Varianten des früheren Kanalverlaufes.



schwemme etwa 4,50 m unter dem heutigen Bodenniveau liegt, kann nicht ausgeschlossen werden, daß die über das Georadar festgestellten Boden-anomalien als Reste des vermuteten älteren Klosterkanals interpretiert werden können. Im Zuge zukünftiger Untersuchungen soll dieser Frage weiter nachgegangen werden.

Faßt man die bisherigen Ergebnisse der Bauforschung am Salemer Münster in bezug auf die Schadensursachenforschung zusammen, so ergibt sich, daß viele der Schadensursachen über die Bauforschung zweifelsfrei geklärt werden können. Zum anderen bietet die Bauforschung aber auch eine Chance, andere, bislang nicht in die Betrachtung miteinbezogene Schadensursachen in die Diskussion einzuführen. Die am Salemer Münster durchgeführten Untersuchungen zeigten sowohl bei den durch Schäden an der Dachhaut als auch bei den konstruktionsbedingten Schäden an den Strebepfeilerköpfen die Effizienz der Bauforschung bei der Erkundung von Schadensursachen. Positiv fällt dabei ins Gewicht, daß diese Untersuchungen ohne Eingriffe in die materielle Substanz des Gebäudes erfolgten, und damit die Zahl der zunächst für erforderlich gehaltenen Bohrkernentnahmen aus dem Mauerwerk drastisch gesenkt werden konnte. Für die zur Schadensursachenforschung notwendigen Untersuchungen mußte seit 1992 nur ein Bohrkern gezogen werden. Alle weiteren Untersuchungsfragen konnten ohne Bohrkernentnahme bearbeitet werden. Hierbei fiel vor allem positiv ins Gewicht, daß im Laufe der bauhistorischen Untersuchungen in den Gewölbezwickeln umfangreiches ausgespritztes Altmaterial gefunden werden konnte, das sich für die Durchführung petrographischer Untersuchungen als geeignet erwies. Die Erfahrungen am Salemer Münster zeigen, wie notwendig eine umfassende Dokumentation und Auswertung des erhaltenen Baubestandes ist. Sie dient dabei nicht nur der Klärung der Baugeschichte, sondern auch der Erforschung von Langzeitschadensbildern und kann so dazu führen, daß im Zuge einer Restaurierung nicht nur Schadensphänomene repariert, sondern auch die Schadensursachen beseitigt werden. Notwendig hierzu ist jedoch die Dokumentation des Baubestandes

des nicht nur nach den Baumaterialien, sondern auch nach deren Einbaualter. In einem zweiten Schritt sollten dann nicht nur die Schadensphänomene in den Schadenskartierungen ausgewiesen werden, sondern diese auch nach ihren Schadensursachen, wie Konstruktionsfehler, Schäden durch mangelnde Bauunterhaltung, allgemeine Verwitterung, Schadstoffimmission etc. differenziert werden.

Im ganzen gesehen demonstriert das Beispiel Salem, daß die vorbereitende bzw. maßnahmenbegleitende Bauforschung unverzichtbarer Bestandteil der durch die heutige Schadens- bzw. Konservierungsproblematik notwendigen naturwissenschaftlichen Forschung sein sollte.

Literatur:

- Oskar, Hammer, Das Münster in Salem. Diss. TH Stuttgart 1917, Druck Arnsberg 1920.
- Lisa Schürenberg, Die ursprüngliche Chorform der Cistercienserkirche in Salem. In: Zeitschrift für Kunstgeschichte, 7, 1938, S. 342–345.
- Jürgen Michler, Die ursprüngliche Chorform der Zisterzienserkirche Salem. In: Zeitschrift für Kunstgeschichte, 47, 1984, S. 1–46.
- Jürgen Michler, Dendrochronologische Datierung des Salemer Münsters. In: Kunstchronik, 38, 1985, S. 225–228.
- Ulrich Knapp, Eine Musterrestaurierung des 19. Jahrhunderts. Die Instandsetzung der Klosterkirche Salem in den Jahren 1883 bis 1894. In: Denkmalpflege in Baden-Württemberg, 1988, S. 138–146.
- Gabriele Grassegger, Günter Eckstein, Schadensvermessung an Natursteinen – Photogrammetrische und naturwissenschaftliche Untersuchungen, Präzisionsmessungen zum zeitlichen Verlauf von Steinschäden. In: Denkmalpflege in Baden-Württemberg, 1990, S. 23–34.
- Ulrich Knapp, Salem – Die Gebäude der ehemaligen Zisterzienserabtei und ihre Ausstattungen. Diss. Tübingen 1993.

Ulrich Knapp
LDA · Bau- und
Kunstdenkmalpflege
Mörikestraße 12
70178 Stuttgart