

## Zur Reparaturgeschichte der Westtürme von St. Marien in Lübeck – Auswertung von Schrift- und Bildquellen

*Der Umfang von Grundlagenermittlungen für Bauplanungen an Denkmalbauten kann den von anderen Bauvorhaben weit über treffen. Je älter ein Gebäude ist, desto umfangreicher ist auch die Bau- und Sanierungsgeschichte. Sie ist für die Anamnese von Bauschäden wesentlich. Die Gefahr, Ursache und Wirkung von tatsächlichen und vermeintlichen Bauschäden zu verwechseln, wird im nachfolgenden Beitrag am Beispiel wiederholter hydraulischer Injektionen zur Festigung gipshaltigen Mauerwerks aufgezeigt.*

Angesichts in jüngster Zeit festgestellter Rissbildungen an den Westtürmen der Lübecker Marienkirche (Abb. 292–294), deren letzte Instandsetzung in den Jahren 2003 bis 2006 noch nicht lange zurück liegt, erschien es in Ergänzung zu statischen und materialtechnischen Untersuchungen sinnvoll, die Überlieferung zur Reparaturgeschichte der Türme auszuwerten. Es sollte abgeschätzt werden, wie weit das jetzt zu beobachtende Schadensbild früheren Problemlagen ähnelt und ob das sich nun abzeichnende kurze Instandsetzungsintervall eine neue Erschei-

292 Bauzustand der Lübecker Marienkirche im Jahr 2016. Ausgehend von ersten Begutachtungen der kirchlichen Bauverwaltungen von Kirchenkreis und Kirchenamt im Frühjahr 2012 und den Ergebnissen der hier abgedruckten archivalischen Recherche ist ein bis heute andauerndes Rissmonitoring an den Türmen der Kirche begonnen worden. Die mehrfache Wiederholung von hydraulischen Mörtelinjektionen im Abstand weniger Jahrzehnte legt nahe, dass Schadenszusammenhänge zu treibmineralischen Auswirkungen in der Vergangenheit nicht als ursächlich angesehen wurden. (Aufn. 2016)



293 Bauzustand der Lübecker Marienkirche im Jahr 1932 während der ersten Injektionskampagne



294 Marienkirche während der Instandsetzung 1966



nung darstellt.<sup>1</sup> Beschreibungen historischer Schadensbilder, Hypothesen zu deren Erklärung sowie die Kenntnis der Instandsetzungsmethoden vergangener Baukampagnen können helfen, wiederkehrende Schadenserscheinungen und Schädigungsbereiche einzugrenzen, die Angemessenheit früherer Reparaturverfahren abzuschätzen, Erklärungsansätze zur Entstehung aktueller Probleme abzusichern und zukünftiges Schadenspotenzial in seinem Umfang einzugrenzen.

Ursprünglich war eine Aufarbeitung der Reparaturgeschichte der letzten hundert Jahre vorgesehen, doch erwies sich die Überlieferung zum Bau weitaus umfangreicher als erwartet. Wo ältere Informationen erschlossen werden konnten, wurden diese daher mit aufgenommen, sodass die zur Erklärung der heutigen Schadensbilder am Turm gewonnenen Nachrichten bis in die Mitte des 18. Jahrhunderts zurückreichen.

Da bei den materialkundlichen Untersuchungen das Vorkommen von Treibminera-

lien im Bereich des Turmmauerwerks festgestellt worden ist (siehe Beitrag Schlütter, S. 268), stellte es sich als notwendig dar, den Schwerpunkt der Auswertung auf diejenigen Instandsetzungsmaßnahmen zu legen, bei denen unterschiedliche Mörtel in Kontakt gekommen sein konnten. Ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts sind über die Baumaterialbücher der Kirche sowohl die Verwendung von Segeberger Kalk, also von Gips, wie auch der Einsatz von gotländischem Kalk, also echtem Kalkmörtel, belegt. Wie weit diese Bindemittel für unterschiedliche Baubereiche getrennt oder in Mischung zur Anwendung kamen, ist aus der Überlieferung jedoch nicht zu erschließen.

Ungewöhnlich ist in Lübeck der Nachweis früherer Monitoringkampagnen. Sowohl in den Turmhelmen der Marienkirche als auch in den Hauben der übrigen großen Stadtkirchen wurden ab 1860 Lote zwischen den Balkenlagen angebracht und mit diesen bis 1882 und dann noch einmal zwischen 1905 und 1936 jährlich die Schiefstellung der

Türme kontrolliert, ohne dass dabei besorgniserregende Veränderungen zu beobachten gewesen wären.

Ein erster Verdacht hinsichtlich eines Zusammenhangs mit den heutigen Schadensbildern drängt sich bei einer Baumaßnahme auf, die 1865 von dem Lübecker Maurermeister Warnke am Nordturm durchgeführt wurde. Hierzu äußerten die Beteiligten die Hoffnung, dass »die Ausbesserung am Mauerwerk, namentlich die Ausfüllung der durch eine alte baufällige Wendeltreppe verursachten hohlen Räume in der Südseite des Turmes [...] die Standhaftigkeit des ganzen wesentlich verbessern«<sup>2</sup> würde. Die Art des bei diesen umfangreichen Mauerarbeiten verwendeten Mörtels ist zwar nicht überliefert, doch kann angesichts der Zeitstellung nicht ausgeschlossen werden, dass hierbei auch Portlandzement zum Einsatz gekommen ist, der seit 1842 in Uetersen und seit 1862 in Lägerdorf bei Itzehoe hergestellt wurde und schnell weite Verbreitung fand.

Spätestens ab 1872 wurden Risse im Westbau der Kirche mit Gipsmarken versehen und deren weitere Entwicklung beobachtet. Eine zusammenhängende Dokumentation hierzu, vergleichbar den Ablo-tungsprotokollen der Turmhelme, findet sich jedoch nicht.

Zwischen 1883 und 1884 erfolgte ein Geraderichten der aufgrund früherer Setzungen der gemauerten Turmschäfte schief stehenden mittelalterlichen Turmhelme sowie eine nur bedingt erfolgreiche Neueindeckung mit Kupfer an Stelle der alten, defekten und schwereren Bleideckung.

Schäden am Mauerwerk von Nordturm und Mittelbau hatten zu Anfang der 1930er Jahre einen Umfang erreicht, der einen weiteren Aufschieben ihrer Reparatur nicht zuließ. Anfänglich wurde mit der Begutachtung der freischaffende Lübecker Architekt Wilhelm Schürer beauftragt, der zu dieser Zeit auch Bauvorsteher der Marienkirche

war. Schürers Schadensaufnahme zeigt die größten Probleme an der Südwestecke des Nordturms und somit in einem Bereich, in dem 1865 die baufällige Wendeltreppe verfüllt wurde und wo sich auch heute wieder die umfangreichsten Rissbilder finden. Die Belange der Denkmalpflege vertrat zu dieser Zeit der Lübecker Baudirektor Hans Pieper, welcher angesichts der Schwere der Schäden auf eine gutachterliche Beteiligung des Dresdener Baukonstruktions- und Industriebauprofessors Georg Rüth drängte, der ab 1924 im Zusammenhang mit der Instandsetzung des Mainzer Doms ein Verfahren zur Verpressung von schadhaftem historischem Mauerwerk mit Zementmörtel entwickelt hatte.

Rüth beschrieb die damaligen Schäden am Westbau der Marienkirche im Kern folgendermaßen: »Bei der [...] inneren und äußeren Besichtigung der oberen Teile der Westtürme und des Zwischenbaus hat sich der [...] Befund bestätigt, wonach besonders die südwestliche Ecke des Nordturmes und auch die oberen Aussenflächen des Zwischenbaues starke Verwitterungs- und Frostschäden aufweisen, und zwar derart, dass die Aussenverblendung von dem Kern-mauerwerk losgelöst ist und stellenweise starke Ausbauchungen eingetreten sind. Die Hohlräume zwischen der losgelösten Verblendung und dem alten Mauerwerk sind durch lose Mörtelreste, Ziegelbrocken und dergl[eichen] ausgefüllt. An verschiedenen Stellen sind Mauerwerksanker mit einfachen gekreuzten Eisensplinten vorhanden, die an den betr[effenden] Stellen ein weiteres Ausweichen der Verblendung verhindern konnten. Dagegen sind an verschiedenen Stellen die Ausweichungen so gross, dass die Gefahr eines Absturzes sehr nahe liegen dürfte. [...] Die Schäden sind augenscheinlich darauf zurückzuführen, dass von den nach dem Mittelbau zu gelegenen Wasserspeiern des Südturmes und dem südwestlichen Wasserspeier des Nord-

turmes durch West- und Südwestwinde das Niederschlagswasser auf die stark zerstörten Flächen getrieben wurde, das Wasser in die offenen Fugen und Hohlräume eingedrungen ist und das lose Material zwischen Verblendung und Kernmauerwerk stark durchfeuchtet. Durch dieses Eindringen und Wiederaustreten des Wassers wurden die Fugen und Hohlräume weiter ausgewaschen. Bei nachfolgendem Frost traten ferner Treib- und Sprengwirkungen durch Eisbildung auf. [...] Die Zersetzung und Verwitterung ist stellenweise so weit vorangeschritten, dass man die Mörtelreste und einzelne Steine mit der Hand herausnehmen kann.«<sup>3</sup>

Rüths Instandsetzungsvorschlag ging nun dahin, die abgelösten Mauerschalen möglichst mittels Eisenankern mit dem Kernmauerwerk des Turms zu verbinden und die Hohlräume mit Erzzementmörtel aus Hemmoor (Landkreis Cuxhaven) zu verpressen. »Für den Ausguss bzw. Auspressmörtel stärkerer Hohlräume ist ein Mörtel aus einem Teil Zement und zwei Teilen scharfem Sand«<sup>4</sup> verwendet worden. Der Mörtel für feinere Risse wurde dagegen im Verhältnis 1:1 angemischt. Die Problematik einer möglichen Treibmineralbildung beim Einsatz von Zementmörtel in Kontakt mit historischem Gipsmörtel war Rütth spätestens seit seinen Instandsetzungsarbeiten an dem in einem traditionellen Gipsmörtelgebiet gelegenen Dom in Nordhausen in Thüringen bekannt, worüber er bereits seit 1931 publiziert hatte.<sup>5</sup> Ihm war klar, dass »bei Wiederherstellungsarbeiten an Bauwerken mit Gipsmörtel bei Verwendung von Zement besondere Gesichtspunkte zu beachten sind, um die Bildung des äußerst schädlichen Doppelsalzes aus Kalk, Tonerde und Schwefelsäure, des sog[enannten] ›Zementbazillus‹ zu vermeiden, der durch seine Treibwirkung infolge starker Aufnahme von Kristallwasser die Zerstörung von Mörtel und Beton verursacht.«<sup>6</sup> Mit Erz-

zement hatte Rütth in diesem Zusammenhang bereits seit 1928 experimentiert und mit diesem Material unter anderem die mit Gipsmörtel errichtete Johannes-Kirche im nordthüringischen Ellrich sowie die Jacobi-Kirche in Hamburg saniert. »Mit Rücksicht auf den Gipsgehalt des Mörtels wurde für die Wiederherstellungsarbeiten bei sämtlichen Bauwerken Erzzement der Portland-Zementfabrik Hemmoor bei Hamburg verwendet, bei dem die Tonerde des gewöhnlichen Portlandzements in der Hauptsache durch Eisenoxyd ersetzt ist und somit die Bildung des gefährlichen Calciumaluminiumsulfats bereits durch die Zusammensetzung des Bindemittels verhindert ist.«<sup>7</sup>

Die Lage der Maueranker aus Rundeisen mit 16 mm Durchmesser, die 1932 mit Auspressmörtel haftsicher in Bohrungen im Kernmauerwerk eingebettet wurden, ist am Außenbau der Lübecker Türme nicht zu erkennen, da die Anker sämtlich innerhalb der Verblendschale in einem Abstand von ungefähr 5 cm zu deren Außenfläche enden. »Der dichte Mörtel schützt die Eisenanker gleichzeitig vor Rostbildung. Alte Anker, die außen mit Splinten sichtbar waren, sind, soweit sie eine kunsthistorische oder baugeschichtliche Bedeutung hatten, beibehalten worden.«<sup>8</sup>

Vollständig ersetzt und neu aufgemauert sollte die äußere Wandschale nur dort werden, wo ihre Festigkeit für eine Erhaltung nicht mehr ausreichte. Die in diesem Zusammenhang angefertigten Pläne zeigen grundsätzlich den betroffenen Baubereich und die Art der Ausführung, doch ist auf ihnen vermerkt, dass die genaue Verteilung der Anker entsprechend den während der Ausführung festgestellten Schadensbildern variiert werden müsse. 1932 kamen die von Rütth vorgeschlagenen Arbeiten durch die Lübecker Baufirma Ludwig Lange in Zusammenarbeit mit der Hamburger Niederlassung der Dyckerhoff & Widmann AG unter der Leitung des Architekten Schürer

von einem vor die Westfront der Kirche gesetzten Hängegerüst aus zur Ausführung. Rüth beschrieb noch im selben Jahr den Umfang der Gesamtmaßnahme: »Die Wiederherstellungsarbeiten erstreckten sich auf etwa 250 m<sup>2</sup> Außenflächen, wovon 190 m<sup>2</sup> durch Auspressen und Ausfugen und 60 m<sup>2</sup> durch Auswechseln instand gesetzt wurden. Insgesamt wurden etwa 130 Maueranker zur Verbindung mit dem Kernmauerwerk eingebaut, etwa 22.000 l Erzzementmörtel eingefüllt und eingepreßt. Für das ausgewechselte Mauerwerk wurden alte Steine verwendet, die aus anderweitigem Abbruchmaterial zur Verfügung standen und gleiche Farbe und Format hatten wie das Mauerwerk der Türme.«<sup>9</sup> (Abb. 295 und 296).

Um zu einer Einschätzung zu kommen, ob die Schäden an den Türmen durch Setzungen hervorgerufen waren, führte Schürer 1932 mehrere Sondierungen im Fundamentbereich des Westbaus durch. Dabei wurden unter Terrain breite, getreppte Grundmauern aus Feldstein und Backstein ohne auffällige Schadensbilder freigelegt.

Im Zusammenhang mit der aktuellen Untersuchung konnte eine inzwischen auf mehrere Archive verteilte Schadensdokumentation wieder aufgefunden werden, zu der Rüth 1940 gemeinsam mit Mitarbeitern Risskartierungen, Ablotungen und Fotodokumentationen in der gesamten Marienkirche durchgeführt hat.<sup>10</sup> Hieraus ist ablesbar, welche Schäden bereits vor der Kriegszerstörung bestanden haben (Abb. 297).

Gravierend war die Beeinträchtigung der Bausubstanz durch den verheerenden Brand in Folge der Bombardierung im März 1942, der sämtliche hölzernen Bauteile zerstörte und das Mauerwerk samt Mörtel wenigstens in den äußeren Mauerschichten starken thermischen Belastungen aussetzte. Danach waren die Turmstümpfe bis zur Errichtung von Notdächern im November 1943 etwa 20 Monate lang ungeschützt dem Eindrin-

gen von Niederschlagswasser und dem winterlichen Frost ausgesetzt.

1947 erfolgte eine erneute Risskartierung im Bereich der Türme, die im Vergleich mit dem Vorkriegszustand trotz der Belastungen der vorhergehenden Jahre keine dramatische Vergrößerung der Schadensbilder zeigte (Abb. 298). Die konstruktiven Hauptprobleme lagen zu dieser Zeit im einsturzgefährdeten Hochschiff der Kirche.<sup>11</sup>

Eine Stabilisierung der Türme fand 1950 durch Einbau von Eisenbetondecken statt. Den Entwurf hierzu lieferte der später zum Professor für Hochbaustatik an der Technischen Universität Braunschweig berufene Klaus Pieper, der als Sohn des Baudirektors Hans Pieper, von dem 1932 die Westfassadeninstandsetzung initiiert wurde, schon früh mit den konstruktiven Problemen der Marienkirche in Kontakt gekommen war.

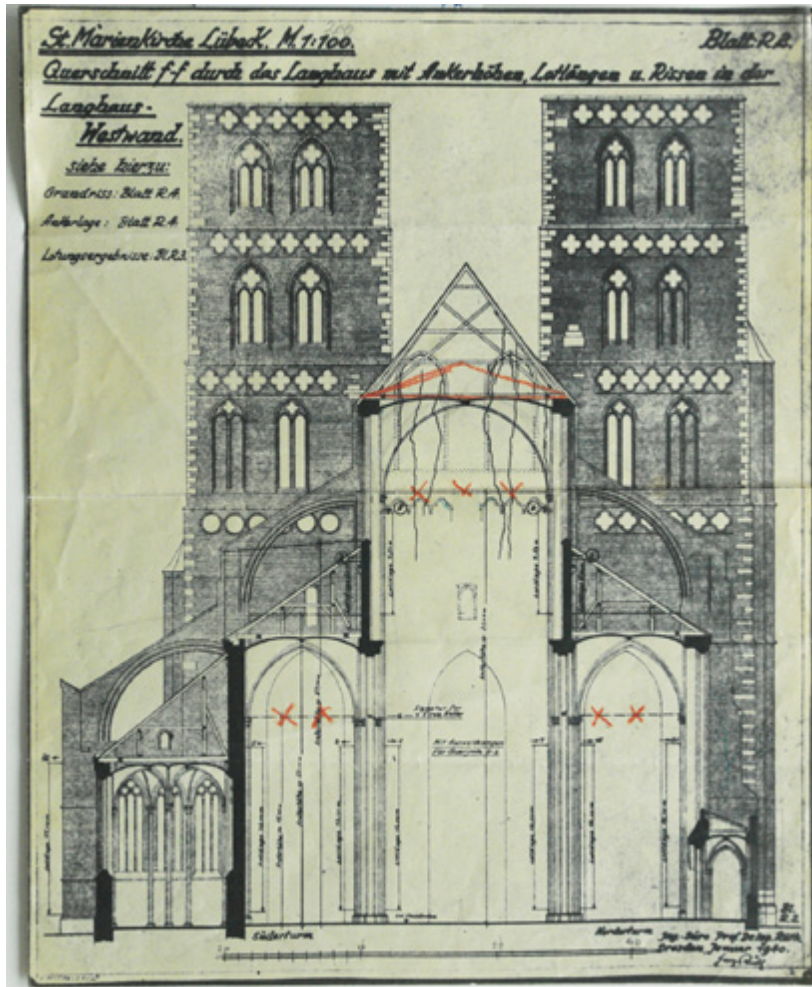
An der Südseite des Nordturms zeigten sich 1956 umfangreiche Abplatzungen an den brandgeschädigten Ziegeloberflächen sowie Festigkeitsprobleme im Innern der Wand. Baurat Klaus Pieper, zu dieser Zeit Leiter der Prüfstelle für Statik in Lübeck, berichtete hierzu: »Das Mauerwerk ist im Anschluß an die Granit-Blöcke an den Ecken außerordentlich stark zerstört. Bei Stemmproben wurden im Innern überall nur völlig lockerer Mörtelsand und lockere Steine angetroffen. Hinter den Granit-Steinen zeigen sich offensichtlich Risse. Die Granit-Steine sind bereits irgendwie nach außen gedrückt.«<sup>12</sup> Angesichts dieses bedrohlichen Schadensbilds erfolgte eine Erneuerung der betroffenen Backsteinflächen nach Anweisung Klaus Piepers und unter Beteiligung von Walter Henn<sup>13</sup> von der Technischen Universität Braunschweig, ergänzt durch eine Verankerung der Südostecke des Nordturms in der bereits durch Rüth eingeführten Technik der Vernadelung und Verpressung (Abb. 299), mit der zu dieser Zeit auch weitere, nicht mehr genau zu fassende



295 Lübeck, Marienkirche, Injektionsapparat nebst Schlauchleitung während des Einspritzens des Zementmörtels



296 Lübeck, Marienkirche, Gruppe der Zimmerleute mit dem Architekten und dem Zimmermeister auf den Gerüsten an den Marientürmen beim Abschluss der Arbeiten (Aufn. Okt. 1932)



297 Lübeck, Querschnitt durch das Langhaus der Marienkirche mit Eintragung von Lotlängen und Rissen in der Langhaus-Westwand, Ingenieurbüro von Georg Rüth 1940 (Roteintragungen nach Kriegszerstörung 1942, Landeskirchliches Archiv Bestand 42.01 Nr. 337)

298 Lübeck, Rissbildung in der Langhaus-Westwand der Marienkirche (Aufn. um 1947)

Flächen des Nord- und Südturms bearbeitet wurden. Hierbei kamen am Nordturm etwa 33.170 l und am Südturm 42.700 l Verpressmörtel und 195 lfd. m Rundstahlanker von jeweils etwa 1,5 m Länge zum Einsatz, die zum Teil mit angeschweißten Ankerplatten versehen waren.<sup>14</sup> Die Maßnahme, bei der wiederum Erzzement aus Hemmoor als Bindemittel des Verpressmörtels Verwendung fand, wurde von der August Wolfsholz Pressbeton- und Ingenieurbau GmbH ausgeführt.<sup>15</sup> Die Gesamtmaßnahme hatte mit dem Einpressen von knapp 76.000 l Mörtel einen mehr als dreimal so großen Umfang wie die Instandsetzung von 1932. Neu war die Verankerung

von Granit-Eckquadern durch Anordnung diagonaler Bohrungen.

Im selben Jahr erfolgte der Wiederaufbau der Turmhelme als massive Beton-Fertigteilkonstruktion nach Entwurf von Klaus Pieper. In diesem Zusammenhang wurde durch die Firma Fasel auch der Ostgiebel des Nordturms in traditionellem Backsteinmauerwerk komplett erneuert.

Die konstruktive Instandsetzung der Turmschäfte zog sich bis 1961 hin. Im Oktober diesen Jahres stellte das Baugeschäft Schott & Sohn eine Rechnung für die Befestigung von 85 lfd. m Ecken des Quadermauerwerks der Türme, wobei 423,5 Maurerstunden »für das Ausstemmen der zerbrochenen und schlechten Ziegelsteine u[nd] den Einbau von alten vorhandenen Klostersteinen« aufgewandt wurden.<sup>16</sup> Die August Wolfsholz Pressbeton- und Ingenieurbau GmbH rechnete kurz darauf folgende Leistungen ab: »132 lfdm [= laufende Meter] erschütterungsfreie Drehbohrungen hergestellt, [...] 127,80 lfdm Rundstahlanker geliefert u. eingebaut, [...] 12,810 cbm

Preßmörtel geliefert und nach dem Preßbetonverfahren Wolfsholz eingepreßt.«<sup>17</sup>

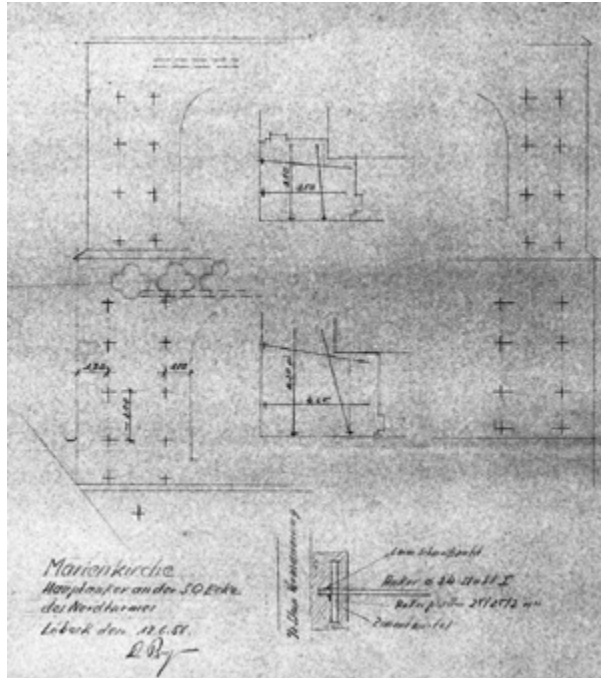
Hierauf folgte 1965 am Nordturm und 1966 am Südturm eine Instandsetzung der Mauerwerksoberflächen und Gesimse, wobei umfangreich schadhafte Material ersetzt und große Flächen neu verputzt wurden. Weitere Verpressarbeiten sind in dieser Ausbauphase bisher nicht nachweisbar. Hiermit fand die kriegsschadensbedingte Instandsetzung der Türme ein vorläufiges Ende. Die zwischen 1983 und 1985 im Zusammenhang mit dem Neubau des östlich der Kirche gelegenen Karstadt-Kaufhauses durchgeführten Messungen des Grundwasserstandes und Abtungen der Türme zeigten keine wesentlichen Beeinträchtigungen durch den Kaufhausbau.

Zunehmende Abplatzungen und Rissbildungen an den Mauerwerksoberflächen der gesamten Kirche gaben den Anlass, das Ingenieur-Büro von Bernhard Brüggemann mit einer von 1994 bis 1995 durchgeführten Schadensbegutachtung zu beauftragen. In diesem Zusammenhang erfolgte eine fotografische Dokumentation, Verortung und Beschreibung der gravierendsten Schadensbilder.<sup>18</sup> Untersuchungen des Bestandmörtels fanden nicht statt, da die Gründe der Rissbildungen in Überlastungen oder in Bedingungen des Baugrunds gesehen wurden.

Auf dieser Grundlage erarbeitete der Leiter des Lübecker Kirchenbauamts Reinhard Mutz 1995 einen Bericht zur geplanten Sanierung des Außenmauerwerks einschließlich der Türme. Als Ursachen der entstandenen Schäden wurden hier das Eindringen von Niederschlagswasser durch unzählige Risse in das Mauerwerk, die Zermürbung des Mauermörtels durch Frost-Tau-Wechsel, die Auslösung von Kalk, der sich in Ausblühungen zeigte, sowie die Aufspaltung von Bauteilen infolge Überlastung genannt und ein akuter Gefahrenzustand festgestellt. Die Bildung von Treibmineralien als mögliche Schadensursache wurde zu

dieser Zeit noch nicht in Betracht gezogen. Der Bericht mündet in der Schlussfolgerung: »Das gesamte Mauerwerk der Marienkirche muß überarbeitet werden. Hierzu gehört insbesondere die großflächige Neuverputzung, der Austausch völlig zerstörter Mauerwerks, der Ersatz überlasteter Bauteile, das Verankern gerissener Bauzustände. [...] Die Kosten der Grundinstandsetzung des Außenmauerwerks werden auf rund DM 11,1 Mio geschätzt.«<sup>19</sup> (Abb. 300 und 301).

Während der Instandsetzungsarbeiten wurden aus dem Mauerwerk der Strebe- Pfeiler vier Mörtelproben entnommen und hierzu 1999 ein Gutachten beim Mineralogischen Institut der Technischen Universität Karlsruhe in Auftrag gegeben. Der Bearbeiter Ekkehard Karotke<sup>20</sup> stellte bei seiner Untersuchung eine sehr unterschiedliche Zusammensetzung der Einzelproben fest. Eine Probe bestand aus Kalk-Gipsmörtel mit einem deutlichen Anteil von Anhydrit, zwei weitere waren nahezu reiner Gipsmörtel, der jedoch wiederum einen gewissen Anhydritanteil aufwies, und in einer der Proben wurde am Zementstein das Treibmittel Ettringit festgestellt. Karotke folgerte hieraus: »Hier hat offensichtlich am Kontakt zwischen dem Zementmörtel und dem originalen Gipsmörtel des Mauerwerks bereits die Reaktion zur Treibmineralbildung eingesetzt.«<sup>21</sup> Für die in Arbeit befindliche Sanierungsmaßnahme empfahl Karotke daher die Verwendung von Trasskalk als Injektionsmaterial, der unter Verwendung von möglichst wenig Wasser einzubringen wäre. Notwendige Bohrungen sollten trocken durchgeführt und die Verpressung der Eisenanker mit hoch sulfatbeständigem Zement (der vorgeschlagenen Produkte Sulfex oder Sulfador) vorgenommen werden. Der bei den vorherigen Instandsetzungsmaßnahmen verwendete Erzzement aus Hemmoor stand für diese Maßnahme nicht mehr zur Verfügung, da das dortige Zement-



299 Statische Planzeichnung von Klaus Pieper vom 12. Juni 1956: »Hauptanker an der SE Ecke des Nordturmes« (Landeskirchliches Archiv Kiel: Bestand 42.01 Nr. 73)

300 Lübeck, Freilegung historischer Anker an der Südseite des Nordturms der Marienkirche 2006 in ca. 42 m Höhe

werk 1973 seinen Betrieb eingestellt hatte. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang Karotkes Schlussbemerkung: »Trotz dieser Vorgaben kann nicht ausgeschlossen werden, daß es lokal zur Treibmineralbildung kommt. [...] Eine bauschädliche Komponente ist auch der Anhydrit, der in Gegenwart von Wasser in Gips umgewandelt wird. Diese Umwandlung ist mit einer deutlichen Volumenzunahme verbunden.«<sup>22</sup>

In einem Bericht des Kirchenbauamtsleiters Mutz aus dem Jahre 1999 taucht aufgrund des Gutachtens von Karotke nun erstmals Treibmineralbildung als eine der erkannten Schadensursachen auf, wobei zum Turmmauerwerk geäußert wird: »In vielen der unterschiedlichen Bereiche sind zudem zwischen der Außen- und der Innenschale Hohlräume vorhanden, die bei früher durchgeführten Sanierungsmaßnahmen durch Injektionsmittel mit einem hohen Zementanteil (Zementmörtel) geschlossen worden sind. Der durch diese Maßnahme erhoffte Verbund mit dem Mauerwerk hat nicht in allen Bereichen stattgefunden. Eine

Analyse mit dem Röntgen-Diffraktometer hat gezeigt, daß dieser Injektionsmörtel einen erhöhten Ettringitgehalt hat. [...] Diesen Injektionsmörtel müssen wir, soweit es geht, wieder aus dem Mauerwerk entfernen, weil er dort nur Schaden anrichtet.«<sup>23</sup>

Obwohl die Empfehlungen von Karotke nicht auf Analysen von Materialproben aus den Türmen, sondern auf solchen aus den Strebepfeilern des Hochschiffs beruhen, wurde ihnen bei der von 2003 bis 2006 durchgeführten Instandsetzung des Turmmauerwerks gefolgt. So finden sich beispielsweise im Baumaterialbuch des Jahres 2005 unter den Anschaffungen für die Marienkirche »6,92 Tonnen Märker Trasskalk nach Dr. Karotke, 2,8 Tonnen Portland Cement CEM I 42,5 R-HS Sulfadur«<sup>24</sup> sowie hundert Stück Gewindestangen aus V4A-Stahl<sup>25</sup> für die Verankerung der Mauer- schalen mit einem Durchmesser von 16 mm und einer Länge von 3 m. Das Bautagebuch von 2004/2005 belegt, dass diese Materialien sowie die 1999 von Karotke vorgeschlagenen Verfahrensweisen bei





der letzten Mauerwerksinstandsetzung an den Türmen auch tatsächlich zum Einsatz gekommen sind. So ist beispielsweise für die Woche vom 19. bis 23. April 2004 verzeichnet: »Die innenliegenden Hohlräume mit Märkertrasskalk ausgepresst. [...] Vorbereitet zum Einbau der Stahl V4A Ø 16 mm Gewindestahlnadeln.«<sup>26</sup> In der Woche vom 20. bis 24. Juni 2005 wurde die »Südostecke für den Einbau der 4VA Nadeln nach dem Auspressen mit hochhydraulischem Kalk wieder ausgebohrt. Bewehrung eingebaut und mit Zement eingepreßt.«<sup>27</sup> Eine genauere Lokalisierung der Maßnahmen hinsichtlich der jeweiligen Höhenlage an den Türmen oder eine Bestimmung der Menge der am entsprechenden Ort verwendeten Materialien erlauben die zahlreichen Einträge zu den Arbeiten an den Türmen jedoch nicht.

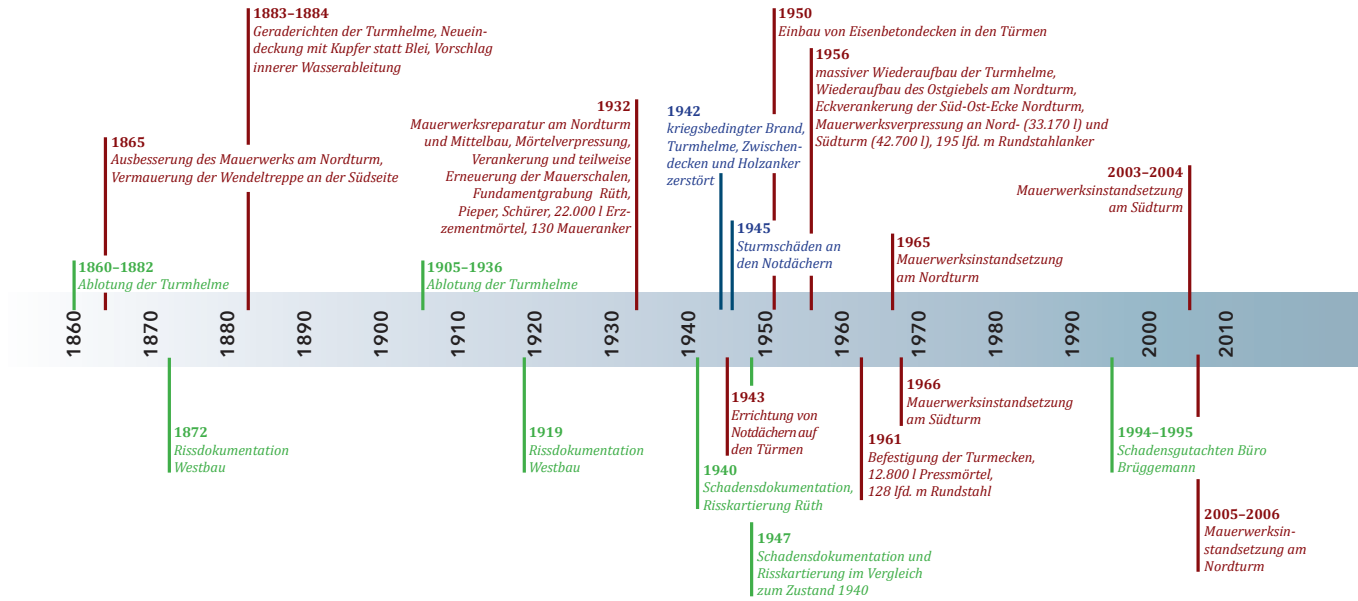
Zur 2003 bis 2004 ausgeführten Mauerwerksinstandsetzung am Südturm gibt es eine fotografische Dokumentation, die Abbildungen betroffener Wandbereiche vor

und nach Durchführung der Maßnahme gegenüberstellt.<sup>28</sup> In Ergänzung hierzu ist für Teilbereiche der entsprechenden Arbeiten am Nordturm ein umfangreicher Digitalfotobestand vorhanden, der von Heinz Walzem, dem damaligen Leiter der Kirchenbauhütte, angefertigt worden ist. Insgesamt belegen die Fotodokumentationen, dass an beiden Türmen große Flächen der äußeren Mauerschale bis in eine Tiefe von 1 bis 1 ½ Stein Stärke abgebrochen und im Anschluss mit neuen Steinen aufgemauert wurden (Abb. 301).

Die Verbindung zum Kernmauerwerk gewährleisten Überbinder aus V4A Rippenstahl, von denen drei bis vier Stück pro Quadratmeter in Bohrungen im Kernmauerwerk mit Epoxidharzkleber befestigt wurden. In der Tiefe der Mauer fanden sich bei dieser Maßnahme teils gerissene, teils korrodierte historische Eisenanker aus vorindustrieller Zeit, die entrostet und mit einem Schutzanstrich versehen wurden. Zur Verbesserung des Zusammenhalts der Mauerschalen erhielten die neu eingebrachten Stahlverbinder Ankerplatten an ihrer Außenseite. Die Lage dieser Anker wurde vom Bauführer in Systemskizzen der bearbeiteten Wandfelder festgehalten, doch scheinen sich diese Unterlagen lediglich für einen kleinen Ausschnitt der erneuerten Flächen erhalten zu haben.

Trotz grundsätzlicher Befolgung der materialkundlichen Vorgaben war der Mauerwerksinstandsetzung der Türme kein nachhaltiger Erfolg beschieden. Ausweislich des Bautagebuchs der Lübecker Kirchenbauhütte aus dem Jahre 2006 zeigten sich bereits während der Durchführung der Maßnahme erneute Schäden, die anfänglich vorrangig an den Ecken der Türme zu lokalisieren waren. Noch während im Juni 2006 am Mauerwerk des Nordturms gearbeitet wurde, kam es am Südturm bereits wieder zu Eckabrissen von Granitquadern, die als Überlastungsfolgen gedeutet

301 Lübeck, Neuaufmauerung der äußeren Wand-schale am Nordturm der Marienkirche (Aufn. 17. Aug. 2005)



302 Zeitstrahl zu archivalisch fassbaren Planungs- und Sanierungsarbeiten an den Türmen der Marienkirche in Lübeck

und unter Einsatz von Stahllankern und Zweikomponenten-Epoxidharz<sup>29</sup> repariert wurden.

Im September 2006 zeigten sich dann auch an der Südwestecke des Norderturms erneute Risse, die durch Einbau zusätzlicher Bewehrungsstähe und Verpressung der verbliebenen Hohlräume mit hoch sulfatbeständigem Zement geschlossen wurden. Zuvor war das schadhafte Mauerwerk erneut aufgestemmt, dabei jedoch – nach damaliger Einschätzung – keine Anzeichen von Treibmineralbildung festgestellt worden.

Knapp zusammengefasst belegt die Auswertung der archivalischen Überlieferung zu den zurückliegenden Instandsetzungsmaßnahmen (Abb. 302) folgende Rahmenbedingungen: Bereits im ursprünglichen Mauerwerk der Türme dürften unterschiedliche Mörtelzusammensetzungen, und zwar nahezu reiner Gipsmörtel wie auch Kalk-Gipsmörtel zur Anwendung gekommen sein. Der historische Hochbrandgipsmörtel Segeberger Provenienz kann dabei unterschiedliche Mengenanteile von Anhydrit enthalten.

In drei Kampagnen von 1932, 1956 und 1961 wurden umfangreiche Mörtelverpressungen bei gleichzeitigem Einbau von Eisen- oder Stahllankern durchgeführt. Hierbei kam durchgängig Erzzement aus Hemmoor zum Einsatz, der für verträglich im Zusammenhang mit Gipsmörtel gehalten wurde. Insgesamt wurden hierbei etwa 120.000 l oder 120 m<sup>3</sup> Zementmörtel in die Türme injiziert und in der ersten Instandsetzungsphase 130 Anker und später weitere 325 lfd. m Stahlstäbe mit dem gleichen Mörtel im Backsteinmauerwerk befestigt. Lage und Verteilung von Ankern und Verpressungen sind für alle Maßnahmen zwar grundsätzlich, jedoch nicht im Detail dokumentiert.

Erschwert wird die Abschätzung, wo welche Mörtelvarietäten zu erwarten sind, durch die Tatsache, dass man bei der letzten Instandsetzung von 2003 bis 2006 bemüht war, nach Abbruch schadhafter äußerer Mauerwerksbereiche möglichst große Mengen älteren Injektionsmörtels zu entfernen. Die Neuverpressung sowie das Aufmauern der neuen Mauerwerksschalen erfolgte nun mit etwa 14 t Trasskalkmörtel

der Firma Märker. Für die Verankerung kamen Stangen aus V4A-Stahl zum Einsatz, die mit Zementmörtel in ihren Bohrungen befestigt wurden, zu dessen Herstellung etwa 6 t Sulfadur-Zement zum Einsatz kamen.<sup>30</sup> Bei der jüngsten Instandsetzung wurde zudem in ausgewählten Teilbereichen und vorwiegend zur Reparatur gerissener Granitquader Zweikomponenten-Epoxydharzmörtel verwendet.

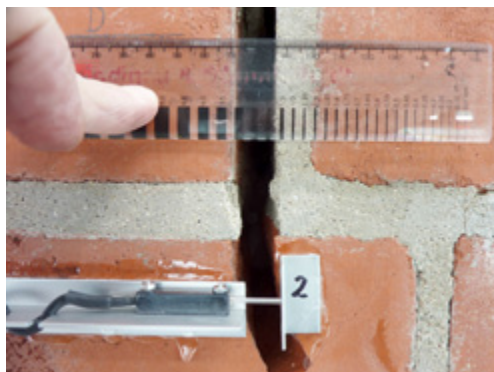
Eine Erneuerung weiterer Bereiche der Backsteinaußenschale der Turmwände erfolgte 1865, 1932, 1965 bis 1966 und 2003 bis 2006. Hierbei kamen 1932 und ab 1965 in großen Mengen zweitverwendete Backsteine zum Einsatz. Bei der jüngsten Instandsetzung wurde dagegen dem historischen Erscheinungsbild nachgebildetes Neumaterial verwendet. Proben der eingesetzten neuen und alten Backsteine wurden materialkundlichen Untersuchungen hinsichtlich ihrer Eignung für die Bauaufgabe unterzogen.

Die Problematik der Treibmineralbildung im Gipsmörtel war bereits vor der ersten hydraulischen Verpressung 1932 bekannt und wurde auch bei allen folgenden Instandsetzungskampagnen durch die Auswahl nach damaligem Kenntnisstand geeigneter Mörtel berücksichtigt. Als Ursache von in der Folgezeit auftretenden Rissbildungen wurden die vorangegangenen Verpressungen jedoch nicht in Betracht gezogen.<sup>31</sup>

Eine tatsächliche Feststellung von Treibmineralbildung erfolgte erstmals 1999 bei einer Mörtelprobe aus einem der Strebe Pfeiler des Kirchenschiffs, woraufhin sowohl die Entfernung älterer Verpressmörtel aus dem Turmmauerwerk wie auch die Neuverpressung mit einem nach damaligem Kenntnisstand angepassten Material (Trasskalk) ausgeführt wurde, für das der beteiligte Gutachter Karotke eine Treibmineralbildung jedoch ausdrücklich nicht völlig ausschließen konnte. Neuerlich bereits



303 Lübeck, Rissbildung am Nordturm der Marienkirche im Bereich der jüngsten Sanierungsfläche (Aufn. 12. Dez. 2012)



304 Lübeck, Rissmonitor am Nordturm der Marienkirche (Aufn. 5. Juni 2013)

während der jüngsten Instandsetzung festgestellte Rissbildungen wurden zunächst als Überlastungsrisse gedeutet, dürften jedoch nach aktuellem Kenntnisstand ebenfalls, wie auch schon vorangegangene Schäden, als Folgen von Treibmineralbildung anzusehen sein (Abb. 303 und 304).

#### ANMERKUNGEN

- 1 Die Grundlage zum vorliegenden Beitrag bildet ein am 25. März 2014 vorgelegter Kurzbericht von Bernd Adam (Bauforscher) zu einer systematischen archivalischen Recherche, die im Rahmen der Bauberatung der kirchlichen Bauverwaltungen von Kirchenkreis und Landeskirchenamt der Evangelisch-lutherischen Kirche in Norddeutschland (LKA) angeregt wurde (LKA: Objektakte 60-St. Marien Lübeck, Bd. 9).
- 2 Stadtarchiv Hansestadt Lübeck (StA-HL): Best. St. Marien, Akten, A.1 Nr. 10.
- 3 StA-HL: Best. 04.06-5 Nr. 449, Bericht vom 20. Apr. 1932 von Georg Rüth.

- 4** StA-HL: Best. 04.06–5 Nr. 449, Bedingungen für die Auftragserteilung an die Firma Ludwig Lange, Lübeck, vom 7. Juli 1932.
- 5** Otto/Rüth 1931, S. 76–83; Rüth 1932, S. 1–8, 26–36.
- 6** Rüth 1933, S. 89.
- 7** Ebd., S. 90.
- 8** Ebd., S. 99.
- 9** Ebd., S. 100.
- 10** Die Fotodokumentation sowie der zugehörige Schriftverkehr zur »örtlichen Aufnahme über Befund und Bauschäden von G. Rüth vom 15. März 1940« haben sich im Nachlass von Kirchenbaudirektor Overhage erhalten. Der Privatnachlass von Hans Overhage, Kirchbauamtsleiter von 1952–62 der bis 1977 selbständigen Lübeckischen Landeskirche, wurde 2010 von seinen Erben an das Landeskirchenamt gegeben. Heute wird der Nachlass von Bauamtsleiter Overhage im Landeskirchlichen Archiv der Evangelisch-Lutherischen Kirche in Norddeutschland in Kiel (NOKI Archiv) verwahrt (Acc. Nr. 11/2016). Die zugehörigen Pläne befinden sich im NOKI Archiv in den Akten Best. 42.01 Nr. 337 u. Best. 42.08 Nr. 341.
- 11** Adam/Seidel 2013; Pieper 1983, 183ff.
- 12** NOKI Archiv: Best. 42.01 Nr. 73, Bericht von Baurat Pieper vom 12. Juni 1956.
- 13** Walter Henn war seit 1946 als Professor für Baukonstruktion, Industriebau und Bautenschutz Nachfolger von Rüth an der TU Dresden und wechselte 1953 als Professor für Baukonstruktion und Industriebau an die TU Braunschweig.
- 14** NOKI Archiv: Best. 42.01 Nr. 73, nach Rechnung der August Wolfsholz GmbH vom 30. Okt. 1956 fanden hierbei sowohl Anker mit 20 mm Durchmesser wie auch solche mit einem Querschnitt von 30 mm Verwendung. Alle Anker bestanden aus Betonstahl I.
- 15** NOKI Archiv: Best. 42.01 Nr. 73.
- 16** NOKI Archiv: Best. 42.01 Nr. 440, Rechnung vom 9. Okt. 1961.
- 17** NOKI Archiv: Best. 42.01 Nr. 440, Rechnung vom 5. Okt. 1961.
- 18** Archiv des Kirchenkreises Lübeck-Lauenburg (Archiv KK-LL): Ordner Schadensaufnahme St. Marien Lübeck.
- 19** Gemeindearchiv St. Marien Lübeck: Bericht des Kirchenbauamtes zur beabsichtigten Sanierung des Außenmauerwerks (ohne Signatur). Auch abgelegt in LKA: Objektakte 60.4-St. Marien Lübeck, Bd. 1.
- 20** Ekkehard Karotke war zu dieser Zeit Akademischer Oberrat am Mineralogischen Institut der Universität Karlsruhe. Publiziert hat er vorrangig zu Sandsteinverwitterung und Schwarzkrustenbildung.
- 21** Registratur der Kirchenbauhütte Lübeck (KBH-HL): Mineralogische und bauchemische Untersuchung an Mörtelproben vom 3. Feb. 1999.
- 22** Ebd.
- 23** KBH-LL: Bericht des Kirchenbauamtes zur beabsichtigten Sanierung des Außenmauerwerks der beiden Türme.
- 24** KBH-LL: Wareneingangsbuch ab 15. März 1995, S. 172f. Der Trasskalk der Firma Märker enthält als hydraulischen Zuschlagstoff natürlichen Trass aus dem Nördlinger Ries. Sein Einsatz wird von der Firma Märker speziell bei der Instandsetzung gipshaltigen Mauerwerks zur Vermeidung von Ettringitbildung empfohlen. Sulfadur CEM I ist ein seit mehr als 50 Jahren von der Firma Dyckerhoff hergestellter C<sub>3</sub>A-reduzierter Portlandzement mit hohem Sulfatwiderstand.
- 25** V4A-Stahl ist ein rostfreier Edelstahl, der durch Legierung mit 2 % Molybdän besonders widerstandsfähig gegen Korrosion durch chloridhaltige Medien ist.
- 26** KBH-HL: Ordner Bautagebuch 07. Jan. 1991–22. Dez. 2006.
- 27** Ebd.
- 28** Archiv KK-LL: Ordner St. Marien A, Turmsanierung Außenmauerwerk 2003–2005.
- 29** Zum Einsatz kam hier Fischer Zweikomponenten-Epoxidharzkleber.
- 30** Belegt ist 2005 die Anschaffung von knapp 7 t Trasskalk und 3 t Sulfadurzement, die angesichts des Baufortschritts nur für die Instandsetzung des Nordturms zum Einsatz gekommen sein können. Die hier angegebenen Schätzwerte der Materialmengen für beide Türme basieren auf einer Verdoppelung dieser Angaben.
- 31** Klaus Pieper hielt 1987 die nach der Methode Rüth seit den 1930er Jahren mit Erzzement aus Hemmoor und Dyckerhoff-Sulfadur injizierten Gipsmörtelbestandsbauten in Hamburg und Schleswig-Holstein für schadensfrei. Vgl. Pieper/Hempel 1987, S. 80–82.