
DIE SANIERUNG DES MARIENDOMS IN NEVIGES MIT CARBONBEWEHRTEM SPRITZMÖRTEL

THE RESTORATION OF THE MARIENDOM IN NEVIGES WITH CARBONREINFORCED SHOTCRETE

Sergej **Rempel**, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, Aachen, Deutschland

Erich **Erhard**, Torkret GmbH, Essen, Deutschland

Heinz-Günter **Schmidt**, Torkret GmbH, Essen, Deutschland

Norbert **Will**, Lehrstuhl und Institut für Massivbau, Aachen, Deutschland

Die deutsche „Architektur-Ikone des 20. Jahrhunderts“ Gottfried Böhm hat in den 60er Jahren die Wallfahrtskirche „Maria, Königin des Friedens“ entworfen. Die Form der Kirche gleicht einem großen Faltenwerk. Aufgrund der komplizierten und monolithischen Gestalt waren genaue statische Berechnungen unmöglich. Die Folge sind Risse, die wasserführend sind und nicht durch Mörtel verpresst werden können, da eine ständige Bewegung stattfindet. Aus diesem Grund wurde ein Sanierungskonzept mit carbonbewehrtem Spritzmörtel entwickelt. Der gute Verbund der Textilien zum Mörtel sorgt für eine feine Rissverteilung. Somit wird der breite Riss in viele feine aufgeteilt. Die neue Rissbreite ist danach so fein, dass ein Selbstheilungsprozess stattfinden kann.

The German Architect-Icon of the 20th century Gottfried Böhm designed in the sixties the pilgrimage church "Maria, queen of peace". The form of the church is a folded plate. Because of the complicated and monolithic shape no exact structural analysis was possible. Consequently, concrete cracks appeared, which are water-bearing and cannot be injected with mortar, because of steady movements. Therefore, a new restoration concept with carbon reinforced shotcrete was founded. The good bond-behavior between the textile reinforcement and the shotcrete leads to a fine distribution of the cracks. That means that one big crack can be spread into many small cracks. The width is so small, that a self-healing process can take place.

1. Bedeutung des Bauwerkes

Mit dem Mariendom (Bild 1) in Velbert-Neviges hat Prof. Gottfried Böhm eines der bedeutendsten Bauwerke der Nachkriegsmoderne mit einzigartiger Architektur entworfen. Das Sakralbauwerk wurde von der Ed. Züblin AG erbaut und birgt heute Platz für über 2.500 Besucher. Die 1968 errichtete räumliche Faltenkonstruktion des monumentalen Kirchendachs erscheint wie eine überdimensionale Zeltstadt mit vielfältig geneigten Betonflächen, Spitzen und Kanten. In dem Nevigeser Ortsbild erscheint sie von weitem wie eine expressionistische Monumentalplastik, in der einzelne Baukörper zu einer kristallinen Form zusammengefügt werden. Trotz der einzigartigen Form passt sich die Kirche in die enge Tallandschaft an.

Der Dom befindet sich auf einer leichten Anhöhe, die man über einen breiten Pilgerweg erreicht. Sobald das Ziel der christlichen Wallfahrt erreicht ist, erscheint der Mariendom wie die „Stadt Gottes auf dem Berge“. Die äußere Form des Daches deutet ebenfalls auf eine Pilgerreise hin. Die vielen Spitzen des Daches sind unregelmäßig und erscheinen wie eine große Zeltstadt, was ein Zeichen für das „Unterwegs-Seins“ ist. Das zweite vatikanische

Konzil definiert den Dom als eine Gemeinschaft aus Menschen auf ihrer Pilgerreise zum Reiche des Vaters.



Bild 1: Ansicht des Mariendoms im Winter

Aber auch der Innenraum (Bild 2) der Kirche wirkt wie ein einladender Marktplatz. Die Emporen, die Fenster und die Betonoberflächen lassen den zentralen Raum wie einen großen öffentlichen Platz aussehen. Es erinnert an eine römische Piazza, mit Straßenlaternen, die ringsum den Markt beleuchten.



Bild 2: Ansicht des Innenraums – a) „Marktplatz“; b) Kanzel [1]

Eine weitere symbolische Aussage hat auch die Hauptstütze, die das Betondach trägt. Sie dient nicht nur zum Lastabtrag, sondern auch als Kanzel. Das Wort Gottes, das von hier aus ausgelegt wird, trägt die Kirche.

2. Problemstellung und Ziel der Sanierung

Das Tragwerk ist ein räumliches Faltwerk aus Stahlbeton. In den letzten Jahrzehnten traten verschiedene Risschäden im Stahlbetondach auf. Diese befinden sich vor allem in den Kehlbereichen, in den Übergängen Wand/Faltwerkdach, an kompliziert gestalteten Eckbereichen und auf der ebenen Dachfläche (Bild 3). Die damit verbundenen Undichtigkeiten sollten durch ein textilbewehrtes Sanierungskonzept instandgesetzt werden, um eine langfristige Sicherung des Bauwerks zu ermöglichen.

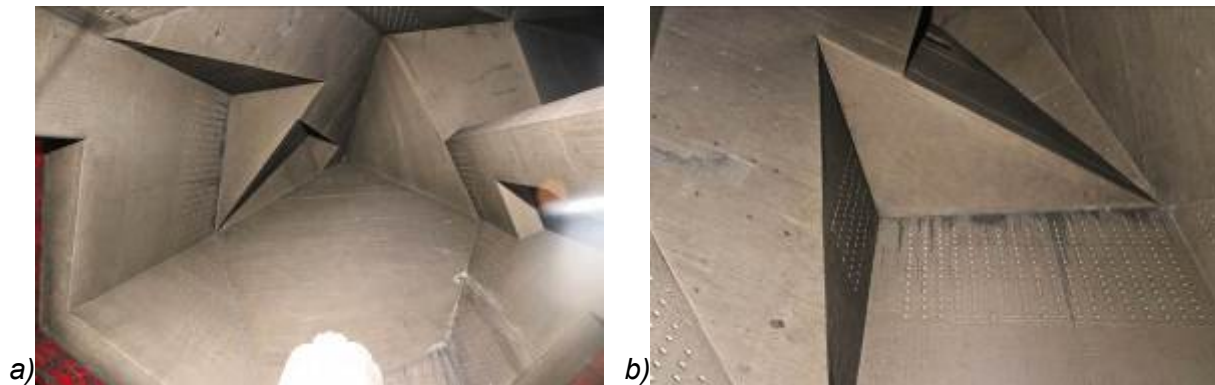


Bild 3: Ansicht des Innenraums – wasserführende Risse im Kehlbereich

Ziel der Sanierungsmaßnahme ist es das Dach abzudichten. Die aufgebraute Schicht soll nicht zur Steigerung der Tragfähigkeit des Daches angesetzt werden, sondern wirkt wie eine flächige Beanspruchung auf das Faltwerk. Trotz der Zunahme der ständigen Belastung bleibt das Dach gemäß der statischen Untersuchung ohne weitere Maßnahmen tragfähig.

3. Sanierungskonzept

3.1 Allgemeines

Bei dem Instandsetzungskonzept für den Mariendom wird nach Bild 4 eine flächig applizierte Mörtelschutzschicht mit einer Dicke von 28 mm und einer zweilagigen textilen Bewehrung aus Carbon auf den Dachaußenflächen aufgebracht. Zusätzlich wird eine äußere Mörteldecklage aufgetragen, sodass die Gesamtdicke des Schutzsystems ca. 35 mm beträgt.

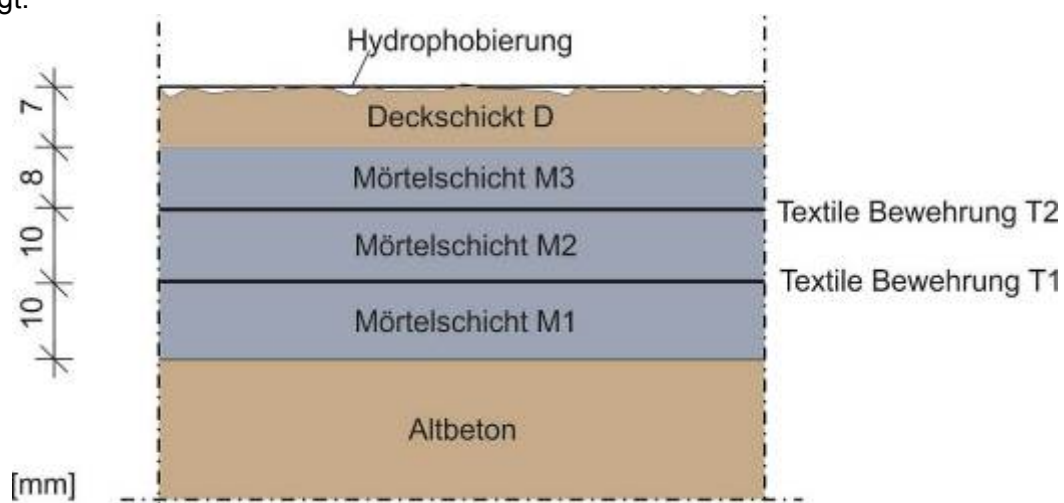



Bild 4: Aufbau des Sanierungskonzeptes

Mit der textilbewehrten Schutzschicht sollen die sich z.B. aus Temperaturbeanspruchung zyklisch öffnenden Einzelrisse im Stahlbetondach in ein fein verteiltes und damit unschädliches Rissbild im Instandsetzungsmörtel überführt werden. Im Bereich von Bauteilrissen wird dazu unter dieser Schutzschicht ein Enthaftungstreifen aufgetragen.

3.2 Materialien

Das Sanierungskonzept sieht vor, den Riss mit einem 18 cm breiten Enthaftungstreifen (StoCrete FS) vorzubehandeln, damit sich der Einzelriss nicht durch die Schutzschicht fortsetzt, sondern sich im Enthaftungsbereich auf viele kleinere Risse verteilt wird. Der Verbund des Spritzmörtels (StoCrete TS 100) zum Altbeton des Doms wird durch Adhäsion realisiert. Die textile Bewehrung (solidian GRID Q85/85-CCE-21) wird während der Herstellung lagenweise eingebaut. Zum Abschluss erfolgt der Auftrag der letzten Deckschicht (StoCrete TS 100-V1) und eine Hydrophobierung (StoCryl HC 100). In Tab. 1 werden die Materialeigenschaften für die Bewehrung zusammengefasst und in Tab. 2 für die eingesetzten Mörtel.

Tab. 1: Eigenschaften der verwendeten Textilien

Eigenschaften	Bewehrung
Ansicht	
Material	Carbon
Hersteller	solidian
Tränkung	Epoxidharz + Besandung
Besandung	Quarz 0,3 – 0,8 [mm]
Rovingabstände	21 / 21 [mm]
Querschnitt	85 / 85 [mm ² /m]
Querschnitt Faserstrang	1,81 / 1,81 [mm ²]
Bruchspannung	3000 / 3000 [N/mm ²]
Bruchdehnung	23,7 / 11,5 [%]

Im Projekt wurde das Carbontextil solidian GRID Q85/85-CCE-21 eingesetzt. Dieses besteht aus haardünnen Filamenten mit einem Durchmesser von ca. 7 µm. Mehrere tausend dieser Filamente werden zu Fasersträngen gebündelt, die anschließend zu flächigen Textilien weiterverarbeitet werden. Die textile Bewehrung wird mit einem Epoxidharz getränkt, das für

eine Erhöhung der Bruchspannung und für eine Steigerung des Effizienzgrades sorgt. Mit einer Epoxidharztränkung kann die Bruchspannungssteigerung bis auf 3000 N/mm² gesteigert werden. Zusätzlich wurde das Textil mit einer Quarzabsandung modifiziert. Diese Maßnahme verbessert den bereits guten Verbund zwischen der Bewehrung und dem Mörtel, um noch feinere Rissbreiten zu erhalten. Dieses konnte in den Vorversuchen bestätigt werden. Dort wurden in Rissüberbrückungskörpern neu verteilte Risse mit Rissbreiten von maximal 0,07 mm gemessen. Das ist deutlich kleiner als die geforderten 0,1 mm.

Tab. 2: Eigenschaften der verwendeten Mörtel

Eigenschaften	StoCrete FS	StoCrete TS 100	StoCrete TS 100 + Pigment
Beanspruchbarkeitsklasse	Abdichtung bis 70 m Wassersäule	M2 + M3	M2 + M3
Größtkorn	k. A.	2 mm	2 mm
E-Modul	k. A.	23000 N/mm ²	23000 N/mm ²
Druckfestigkeit	k. A.	60 – 70 N/mm ²	60 – 70 N/mm ²
Biegezugfestigkeit	k. A.	10 – 12 N/mm ²	10 – 12 N/mm ²
Haftzugfestigkeit Untergrund	Mittel = 1,0 N/mm ²	Mittel = 1,5 N/mm ²	Mittel = 1,5 N/mm ²
Zugaben	-	-	Eisenoxid + Titanoxid,

Der ausgewählte Spritzmörtel StoCrete TS 100 ist ein Mörtel mit der Beanspruchbarkeitsklasse M2 und M3 und hat ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis. Dieser Mörtel wurde in Kombination mit der textilen Bewehrung ausführlich am Institut für Bauforschung (ibac) der RWTH Aachen untersucht.

Dabei wurden verschiedene Parameter untersucht, um die Eignung feststellen zu können. So wurde die Dauerhaftigkeit der Systemkomponenten bestimmt, indem die Festigkeiten nach unterschiedlichen Lagerungsarten und –dauern, das Quell- und Schwindmaß und Haftzugfestigkeiten nach unterschiedlichen klimatischen Randbedingungen ermittelt wurden. Zusätzlich wurde das Verhalten der bewehrten Verbundkörper beobachtet, um so die Rissüberbrückung feststellen zu können. Abschließend wurde noch die Karbonatisierungstiefe nach 90 Tagen festgestellt. Abschließend wurde das Urteil gefällt, dass das Instandsetzungssystem als grundsätzlich geeignet ist.

Für den Enthaltungstreifen wurde das Material StoCrete FS eingesetzt. Dieses zementmodifizierte Material wird zur Abdichtung von Betonbauteilen verwendet. Es ist flexibel, hat eine gute Haftung und dichtet gegen Wasserdruck ab.

An die Deckschicht wurden hohe optische Anforderungen gestellt. Zum einen sollte nach der Instandsetzung die ursprünglich vorhandene Schalbrettstruktur sichtbar sein und zum anderen sollte die farbliche Erscheinung des Altbetons erhalten bleiben. So wurde der Ausgangsmörtel StoCrete TS 100 zusätzlich mit Pigmenten gemischt. Dafür haben wenige Gramm ausgereicht um den gewünschten rötlichen Farbton zu erhalten. Die Oberflächenstruktur wurde manuell im frischen Mörtel erzeugt.

3.3 Anforderungen an das Sanierungskonzept

In der DAfStb-Richtlinie Teil 1 [2] werden die grundsätzlichen Anforderungen an das Instandsetzungssystem beschrieben. Das Ziel der Schutzmaßnahmen ist die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Betonbauteilen gegen das Eindringen von betonangreifenden oder korrosionsfördernden Stoffen. Dabei müssen die Systeme einen dauerhaften Schutz bieten. Insbesondere müssen folgende Punkte erfüllt werden, damit die Sanierungsmaßnahme gemäß der DAfStb-Richtlinien Teil 1 [2], Teil 2 [3], Teil 3 [4] und Teil 4 [5] grundsätzlich eingesetzt werden darf:

- **Mechanische Kennwerte:** Die eingesetzten Materialien müssen eine ausreichende Druck- und Zugfestigkeit aufweisen.
- **Verformungsverhalten:** Das Sanierungssystem muss eine feine Rissverteilung ermöglichen.
- **Haftung am Beton und zwischen einzelnen Schichten:** Die Haftung der Schutzschicht am Beton und die Haftung der verschiedenen Schichten untereinander muss ausreichend groß und dauerhaft sein.
- **Dauerhaftigkeit:** Die verwendeten Baustoffe müssen den Einwirkungen aus Umwelt und Gebrauch innerhalb einer geplanten Nutzungsdauer widerstehen.

Zur Beurteilung der grundsätzlichen Eignung wurde das Institut für Bauforschung ibac der RWTH Aachen und das Ingenieurbüro Raupach-Bruns-Wolff beauftragt. Mit der gutachterlichen Stellungnahme wurde die grundsätzliche Eignung des Instandsetzungskonzeptes bestätigt und für die Sakramentskapelle empfohlen.

4. Ausführung

4.1 Beschreibung der Ausführung

Die sehr anspruchsvolle Ausführung der Arbeiten über der Sakramentskapelle erfolgte 2016 durch das Standortteam Essen der TORCRET GmbH. Nach der komplexen Einrüstung und Einhausung der zu bearbeitenden Flächen wurden diese hinsichtlich Schäden, Fehlstellen und Rissen untersucht und kartiert. In Abstimmung mit der Bauüberwachung wurden die Schadstellen entsprechend DAfStb-Richtlinie „Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen“ (Instandsetzungs-Richtlinie) partiell behandelt und oberflächenbündig mit systemgeprüftem alkalischem Mörtel und Spritzbeton reprofiliert.

Zum Auftrag der carbontextilbewehrten Schutzschicht und der Enthäftungsstreifen im Bereich der Risse wurden die gesamten Betonflächen mit festem Strahlmittel tragfähig vorbereitet. Dazu wurden minderfeste Schichten und alle trennend wirkenden Substanzen entfernt. Die vorhandene Epoxidharzbeschichtung und –spachtelung wurde vollständig abgetragen, Poren und Lunker wurden geöffnet bis das mittlere Korngefüge des Betonuntergrundes sichtbar freigelegt war.

Die markierten und im Risskataster aufgeführten Bauteilrisse wurden in der Betonoberfläche mittig mit einem 18 cm breiten elastifizierten mineralischen Spachtel StoCrete FS in einer gleichmäßigen Schichtdicke von 3 mm geglättet überdeckt und abgedichtet. Die Randflächen wurden dabei sauber abgeklebt und abgegrenzt (Bild 5).

Der Mörtelauftrag erfolgte - bis auf die schwachgeneigten Flächen - im genormten Trockenspritzverfahren durch geprüfte Düsenführer (Düsenführerschein) mit grundgeprüfter Spritz-ausrüstung.



Bild 5: Schadstellen- und Rissbearbeitung mit Enthaftungsstreifen

Vor der Applikation des Spritzmörtels wurde der aufgeraute Altbetonuntergrund - beginnend erstmals etwa 24 Stunden vorher bis zum Zeitpunkt des Spritzmörtelauftrags - bis zur Wassersättigung vorgehässelt um dem frischen Zusatzmörtel während dem Abbinden kein Anmachwasser zu entziehen.

Das Aufspritzen der 8 bis 10 mm dicken Egalisierungsschicht, der Einbau der ersten textilen Bewehrungslage, der Einbau einer weiteren 10 mm starken Einbettmörtelschicht, der Einbau der 2. textilen Bewehrungslage und der abschließende 8 mm dicke Spritzmörtelauftrag erfolgte möglichst frisch in frisch (Bild 6).

Bei unvermeidbaren, längeren Arbeitsunterbrechungen wurden die Anschlussflächen erneut sorgfältig aufgeraut und vorbereitet um den Verbund der Zwischenschichten zu gewährleisten. Die Mörtelschichtdicken wurden während des Spritzens hinsichtlich Schichtdicken und Ebenflächigkeit fortlaufend kontrolliert. Zum lagegerechten Einbau der Carbonbewehrung waren Toleranzen von lediglich 3 mm zulässig.

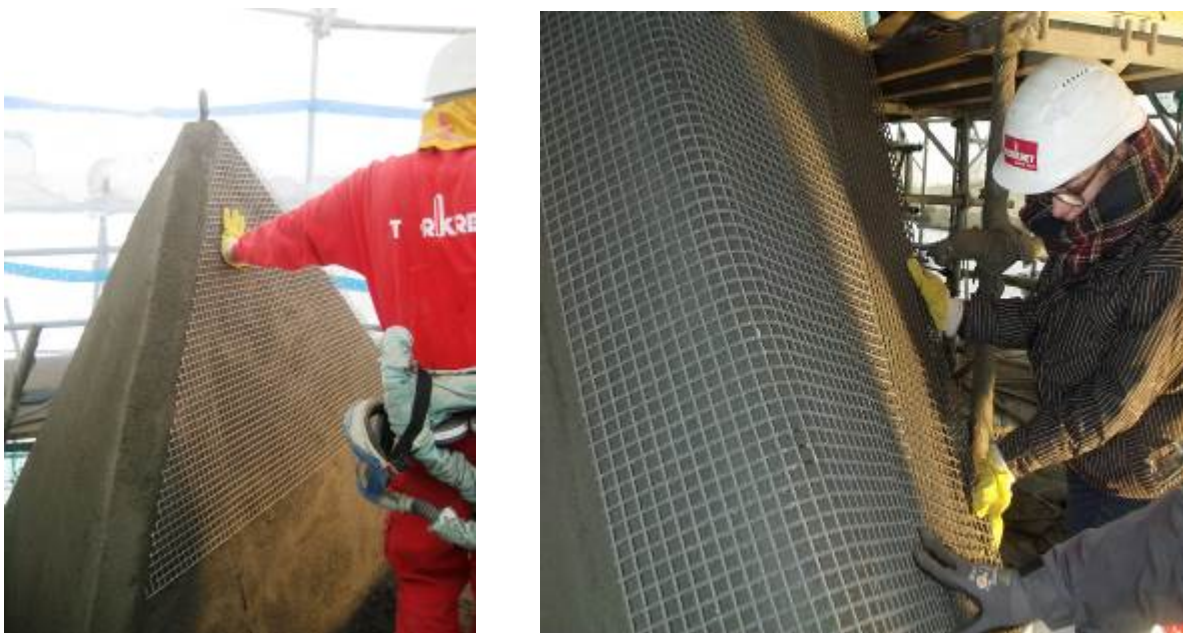


Bild 6: Einbau Carbontextilgelege

Die steifen, vorab zugeschnittenen epoxidharzgetränkten Textilgelege Solidian Q90-CEP-21 wurden jeweils unmittelbar an die noch frische Egalisierungsschicht bzw. Zwischenmörtelschicht angelegt, ausgerichtet und in der Lage durch leichtes Andrücken an den noch frischen Mörtel fixiert und dann wiederum mit Trockenspritzmörtel StoCrete TS 100 kraftschlüssig eingebettet.

Die verwendete Textilbewehrung lässt sich nur noch in geringem Maß verformen (biegen). Deshalb mussten für die Armierung der Kehlen, Ecken, Grate und Kanten besondere Formteile im Werk vorgefertigt werden. Der Profilwinkel konnte nicht mehr als +/- 5° von dem tatsächlichen Bauteilwinkel abweichen. Die Schenkellänge der Winkelprofile betrug zwischen 250 und 500 mm. Übergreifungslängen und Versatzmaße waren beim Verlegen zu beachten.

Randzonen, an denen die notwendige Verankerungslänge der Carbonbewehrung nicht ausreichte, wurden zusätzlich mittels eingeklebter Edelstahlanker (M 8, 6 Stück je 1 m) mechanisch gegen „Aufschüsseln“ gesichert.

Aus optischen und gestalterischen Gründen wurde die Oberfläche der carbontextilbewehrten Schutzschicht zusätzlich mit einer farbig pigmentierten, in der Oberfläche bearbeiteten Deckmörtelschicht, versehen. Eigens werksmäßig hergestelltem, kunststoffmodifizierten Mörtel auf Weißzement-Basis wurden vor Ort Farbpigmente manuell hinzugemischt um zunächst eine ca. 5 mm dünne Schicht auf die zuvor angestrichelte Schutzmörtelschicht aufzutragen (Bild 7). Nach ausreichender Standfestigkeit (dies ist in der Regel der Fall, wenn sich die frische Spritzmörteloberfläche mit dem Finger nur noch leicht eindrücken lässt) wurde frisch in frisch die letzte Oberflächenschicht aufgespritzt und ebenflächig abgezogen. Abschließend wurde die ehemals vorhandene Schalstruktur in der noch frischen Mörteloberfläche mit Reibebrett und Glättkelle als Schalbrettstrukturen nachgebildet. Die gesamte zusätzliche Schutzschicht aus textilbewehrtem Spritzmörtel in den geneigten bis senkrechten Dachflächen beträgt einschließlich Deckschicht maximal 40 mm.



Bild 7: Pigmentierte Deckschicht mit Schalbrettstruktur

In den Bereichen horizontaler oder schwach geneigter Dachflächen wurden die textilbewehrten Schutzmörtel analog, jedoch händisch mit geprüften kunststoffmodifizierten Mörtelsystemen einschl. Haftbrücken entsprechend Instandsetzungsrichtlinie, eingebaut.

Alle bearbeiteten Flächen wurden entsprechend nachbehandelt und mit der Hydrophobierung StoCryl HC 100 auf Silan-Basis nach Vorschriften des Herstellers imprägniert.

Um Vor- und Nachbehandlung der Flächen zu jeder Zeit sicher zu stellen und um die zu bearbeitenden Flächen vor erneuter Verschmutzung durch Staub, Rückprall und Spritznebel während des Mörtelauftrags zu schützen waren umfangreiche Maßnahmen notwendig.

Aufgrund der exponierten Lage und der besonderen Bauwerksgeometrie waren aufwendige Gerüste, Zuwegungen und Transporthilfen erforderlich. Die wesentlichen Arbeiten wurden im Herbst und Winter 2016/2017 unter Einhausung ausgeführt. Zeitweise musste das Schutzzelt beheizt werden.



Bild 8: Ansicht der instandgesetzten Sakramentskapelle (linker Bildrand)

4.2 Beurteilung der Ausführung

Für die Beurteilung der Ausführung wurden Abreißfestigkeiten an verschiedenen Tagen ermittelt. Hierfür wurden Bohrkerne aus den instandgesetzten Flächen gezogen (Bild 9). Dazu wurde ein Prüfstempel mit einem Durchmesser von 50 mm verwendet. Die zugehörige Bohrtiefe betrug 55 mm und war ausreichend tief, so dass der Schnitt bis in den Altbeton reichte. Mit dem Versuch wurden sowohl die Oberflächenzugfestigkeit, wie auch die Abreißfestigkeit zwischen den Schichten ermittelt. Die Lage mit dem geringsten Wert führte zum Versagen. Die Abreißkraft wurde mit der vorhandenen Prüfstempelfläche in eine Abreißfestigkeit umgerechnet.



Bild 9: Ansicht der Bohrkern

In Bild 10 sind die Entnahmestellen auf dem Dach der Sakramentskapelle angegeben. Insgesamt wurden 24 Abreißfestigkeiten ermittelt. Diese sind in Bild 10 mit roten Kreisen markiert. Bei der Festlegung der Positionen wurde darauf geachtet, dass Flächen untersucht werden, die sowohl mit dem Handlaminier-, wie auch mit dem Spritzverfahren hergestellt wurden. Somit können Unterschiede zwischen den beiden Verfahren gezeigt werden. Zusätzlich wurde ebenfalls eine Probe im Randbereich gezogen, um zu kontrollieren ob „Aufschüsseln“ stattgefunden hat.

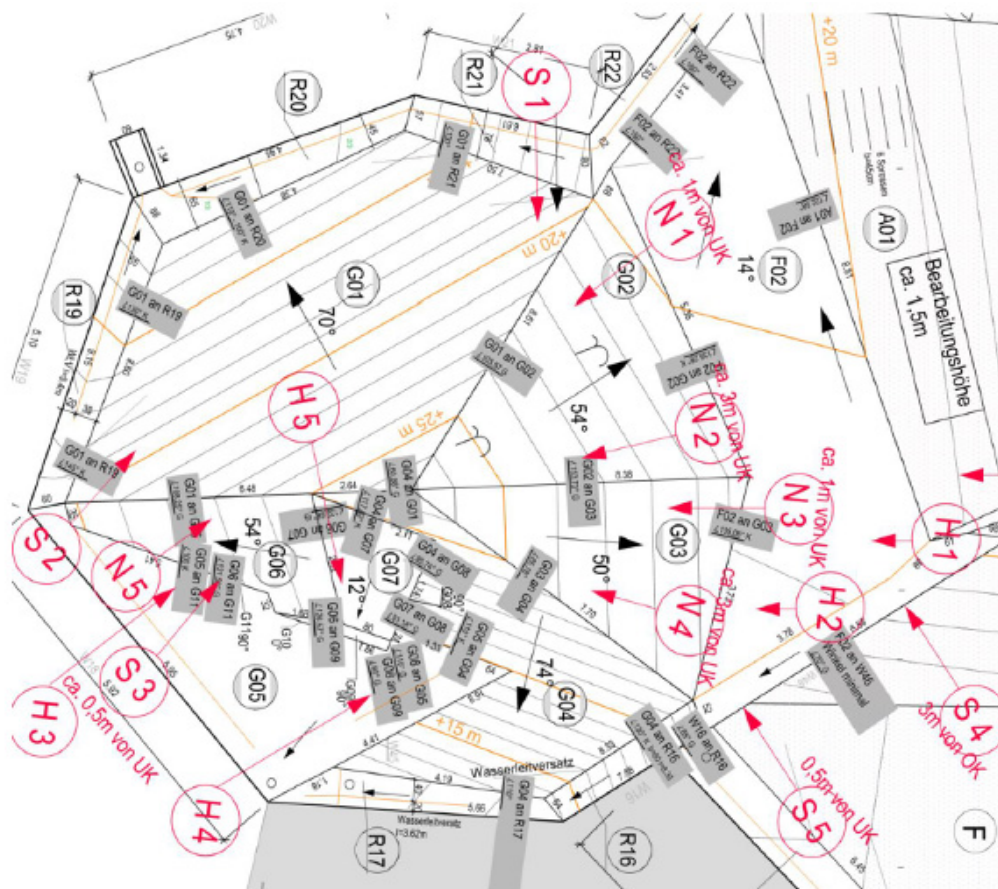


Bild 10: Position der entnommenen Abreißfestigkeiten

Die mittleren Werte der Abreißfestigkeiten liegen immer deutlich über dem geforderten Wert nach DAfStb-Richtlinie von 1,5 N/mm². Wie erwartet erreicht der Mittelwert in den Flächen, die im Handlaminierverfahren erstellt wurden, mit 1,75 N/mm² nicht den Mittelwert der im Spritzbetonverfahren erstellten Instandsetzungsschicht von 2,44 N/mm². Auch das Ergebnis im Randbereich von 1,69 N/mm² liegt oberhalb des geforderten Mindestwertes.

Anhand der gezogenen Bohrkerne wurde ebenfalls die Sollage der Bewehrung beurteilt. In Bild 9 sind beispielhaft drei Bohrkerne für die Positionen N5, S2 und N4 gezeigt. Hierfür wurde die vorhandene Schichtdicke gemessen und mit der Solldicke, gemäß Bild 4, verglichen. In Tab. 3 werden die Werte miteinander verglichen.

Tab. 3: Gemessene Schichtdicken und Solldicken in [mm]

Probe	Schicht M1		Schicht M2		Schicht M3		Deckschicht D	
	Ist	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll	Ist	Soll
N5	n. e. ¹⁾	10	n. e.	10	8	8	6	7
S2	n. e.	10	9	10	6	8	7	7
N4	11	10	10	10	7	8	8	7

¹⁾ n. e.: Die genau Schichtdicke ist nicht eindeutig erkennbar, bzw. nicht messbar.

Gemäß Tab. 3 weichen die gemessenen Schichtdicken nur geringfügig von den Sollwerten ab. Die größte Abweichung beträgt 2 mm und befindet sich damit unterhalb des empfohlenen Toleranzbereiches von +/- 3 mm. Auch das lässt auf eine gute Qualität in der Ausführung schließen.

5. Zusammenfassung

Die Wallfahrtskirche „Maria, Königin des Friedens“ wurde in den 60er Jahren als monolithische Betonkonstruktion errichtet. Die Wände und die Decken sind miteinander fest verbunden, sodass die Form einem Origamikunstwerk gleicht. Aufgrund der komplizierten Gestaltung konnten keine genauen statischen Berechnungen durchgeführt werden, sodass Risse entstanden sind, die zu Wasserdurchtritt führten. Diese wasserführenden Risse können aufgrund von zyklischen Bewegungen nicht verpresst werden, sodass ein Sanierungskonzept mit carbonbewehrtem Spritzmörtel entwickelt wurde. Der gute Verbund der Textilien zum Mörtel sorgt für eine feine Rissverteilung der wasserführenden Risse. Somit wird der breite Riss in viele feine verteilt. Die neuen Rissbreiten sind so fein, dass Wasserdurchtritt unterbunden wird und ein Selbstheilungsprozess stattfinden kann.

Im ersten Bauabschnitt wurde die Dachfläche der Sakramentskapelle mit dem neuen Verbundwerkstoffsystem saniert. Dabei wurde eine ganz besondere Beachtung auf das Erscheinungsbild gelegt. Gottfried Böhm war selbst mit seinen 97 Jahren auf dem Dach und hat die Ausführung kontrolliert. Er legte einen großen Wert auf die Farbe, aber auch auf die Form. So verlangte er, dass die ursprüngliche Schalbrettstruktur auch nach der Sanierung wieder sichtbar werden sollte.

6. Literatur

- [1] Mariendom: www.mariendom.de. August 2018.
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen: Instandsetzungsrichtlinie. Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Berlin, 10.2001.
- [3] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen: Instandsetzungsrichtlinie. Teil 2: Bauprodukte und Anwendungen. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Berlin, 10.2001.
- [4] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen: Instandsetzungsrichtlinie. Teil 3: Anforderungen an die Betriebe und Überwachung der Ausführung. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Berlin, 10.2001.
- [5] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
DAfStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen: Instandsetzungsrichtlinie. Teil 4: Prüfverfahren. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Berlin, 10.2001.

Zu den Autoren

Dipl.-Ing. Sergej Rempel

Studium des Bauingenieurwesens an der RWTH Aachen, 2010 - 2012 Tragwerksplaner im Ingenieurbüro HS&P, seit 2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl und Institut für Massivbau der RWTH Aachen

srempel@imb.rwth-aachen.de

Dipl.-Ing. Erich Erhard

Studium des Bauingenieurwesens an der Fachhochschule Würzburg, seit 1983 bei der Torkret GmbH, zunächst als Bauleiter und Standortleiter, seit 2007 Technischer Leiter in der Zentrale in Essen

erich.erhard@torkret.de

Dipl.-Ing. Heinz-Günter Schmidt

Studium an der Fachhochschule Aachen, seit 1979 bei der Torkret GmbH, zunächst als Bauleiter, Standort- und Bereichsleiter, seit 2012 als Technischer Geschäftsführer

Heinz-guenter.schmidt@torkret.de

Dr.-Ing. Norbert Will

Studium des Bauingenieurwesens an der RWTH Aachen, 1985 – 1988 Technischer Angestellter bei der Philipp Holzmann AG, 1996 Dissertation an der RWTH Aachen, seit 1995 Oberingenieur des Lehrstuhls und Instituts für Massivbau der RWTH Aachen

nwill@imb.rwth-aachen.de