

Was die Richtlinien anrichten: die Anwendung geltender Betoninstandsetzungsrichtlinien auf Denkmale

Der Betonierprozess besteht zunächst daraus, mit der Schalung ein »Negativ« der gewünschten Form zu erstellen; dabei sind der Vielfalt der Konstruktionstechniken und Materialien kaum Grenzen gesetzt. Der Betonbau selbst entsteht erst durch das Ausgießen der Schalung – die anschließend entsorgt wird. Der fertige Betonbau stellt damit eine Momentaufnahme des Zustands einer Konstruktion dar, welche selbst nicht mehr vorhanden ist. Oberfläche und Tragstruktur des fertigen Baukörpers entstehen gleichzeitig und in »einem Guss«. Die Oberfläche enthält dabei detaillierte Informationen über den Entstehungsprozess.

Insbesondere mit der Nachkriegsarchitektur beginnend ist die Auswahl und Anordnung der Schalung und damit die Oberflächengestaltung ein wichtiges Spielfeld künstlerischer Gestaltung. Aber auch weniger durchgestaltete Schalabdrücke auf Betonoberflächen sind aus denkmalfachlicher Sicht wertvoll, da sie das Erscheinungsbild bestimmen und Rückschluss auf die Herstellungstechnik und verwendete Materialien zulassen. Nicht selten bestimmt der Erhaltungszustand der Oberfläche eines Gebäudes über dessen Denkmalstatus.

In Hinblick auf nachträgliche Veränderungen stellt uns der Betonbau daher aber auch vor besondere Schwierigkeiten: Eine erneute Anwendung der ursprünglichen Technik zur Wiederherstellung der Oberfläche ist nicht möglich. Eine verloren gegangene Oberfläche kann nur noch unter Zuhilfenahme von »Ersatztechniken« als ein annäherndes Abbild des Originals wiederhergestellt werden. Dem Er-

halt der Oberfläche muss daher bei Maßnahmen an Denkmalen aus Beton höchste Priorität eingeräumt werden. In krassem Gegensatz hierzu stehen jedoch die geltenden Richtlinien, die einen Erhalt der Oberfläche nach Instandsetzungsmaßnahmen schlichtweg nicht vorsehen.

Die Instandsetzungsrichtlinien: Rückblick und Überblick

Beton war das vorherrschende Material des »Baubooms« der 1960er-/1970er-Jahre. An dessen Gebäudebestand entstand in den 1980er-Jahren ein Instandsetzungsbedarf, auf den die Baustoffindustrie mit der Entwicklung und dem Vertrieb von Betoninstandsetzungsmaterialien reagierte. Zusammensetzung und Anwendung waren unregelt; die Erfahrung seitens ausführender Handwerksbetriebe war gering. Die Darstellung von Schadensprozessen und vermeintlichen Abhilfen trieb in der Werbung nicht selten die abenteuerlichsten Blüten.

Eine geregelte Instandsetzungspraxis war daher nötig, sodass im Jahr 1990 die RICHTLINIEN ZUM SCHUTZ UND ZUR INSTANDSETZUNG VON BETONBAUTEILEN (kurz: RiLi-SIB) vom Deutschen Ausschuss für Stahlbeton (DAfStB) formuliert und bauaufsichtlich eingeführt wurden. Vom Bundesminister für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen wurden im gleichen Jahr, auf seine Bauwerke zugeschnitten, die ZUSÄTZLICHEN TECHNISCHEN VERTRAGSBEDINGUNGEN UND RICHTLINIEN FÜR SCHUTZ UND INSTANDSETZUNG VON BETONBAUTEILEN



Abb. 1: Marburg, Hauptpostamt – vor der Instandsetzung; Architekt: Johannes Möhrle, 1973 bis 1976 (Fotos: Hessisches Landesamt für Denkmalpflege, Christine Krienke)

(ZTV-SIB 90) herausgegeben. Ersetzt wurden diese 2003 mit den heute noch gültigen ZUSÄTZLICHEN VERTRAGSBEDINGUNGEN UND RICHTLINIEN FÜR INGENIEURBAUTEN (ZTV-ING). Die ZTV-SIB gaben konkrete Systemaufbauten für die in den RiLi-SIB benannten Instandsetzungsprinzipien vor. In der Ausgabe 2001 der RiLi-SIB wurden daher Regelungen der ZTV-SIB übernommen. Beide Regelwerke – RiLi-SIB und ZTV-ING – gelten heute als »anerkannte Regeln der Technik«.

Auch die europäische Norm DIN EN 1504 gibt Instandsetzungsprinzipien vor und ist seit ihrer Einführung im Jahr 2009 gültig. In Deutschland sind jedoch nach wie vor ergänzend die bisher bestehenden Regelungen in Hinblick auf Produkte und Systeme zu beachten.

Die Richtlinien benennen das Schadenspotenzial des Karbonatisierungsprozesses, geben Instandsetzungsmethoden für den geschädigten Beton vor und beschreiben Maßnahmen zur Unterbindung einer weiteren Karbonatisierung des Betons.

Schadprozesse, Schutz und Instandsetzung

Beton altert, indem er karbonatisiert: Durch die Einwirkung von Kohlendioxid aus der Luft schiebt sich der Karbonatisierungshorizont von der Oberfläche beginnend immer weiter ins Innere des Betons. Nicht-karbonisierter Beton ist mit $\text{pH} = 12,5$ bis 14 alkalisch; der Bewehrungsstahl ist im alkalischen Milieu vor Rost geschützt. Durch die Karbonatisierung verliert der Beton seine Alkalität: bei $\text{pH} < 10$ ist der Bewehrungsstahl im Falle von Feuchtigkeitseinwirkung nicht mehr vor Rost geschützt. Das Ergebnis: rostende Bewehrung, abplatzende Oberflächen.

Der Schadensverlauf lässt sich von vornherein verhindern, indem die Karbonatisierung des Betons in der Umgebung von Stahl unterbunden wird. Sofern ausreichend Betonüberdeckung vorgesehen wird, kann der oberflächennahe Beton karbonatisieren, ohne dass davon die Ebene des Bewehrungsstahls betroffen ist. Auch die Betonqualität ist entscheidend für den Verlauf der Karbonatisierung: Ein fester und damit dichter Beton karbonatisiert langsamer.

Nachträglich lässt sich der Karbonatisierungsprozess aufhalten, indem mit einem »Oberflächenschutzsystem« das Eindringen von CO_2 verhindert wird. Die einzelnen Komponenten eines Oberflächenschutzsystems sind in den ZTV-

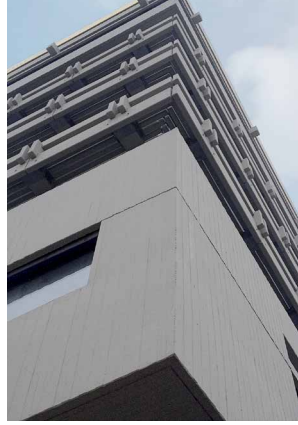
ING festgelegt. Die Industrie bietet hierzu Produkte im Baukastensystem an. Das System besteht mindestens aus einer vollflächigen Spachtelung und einem gasdichten Anstrich – meist Acrylat. Damit die Spachtelung auch die kleinsten Hohlräume ausfüllen kann und sich keine Luftblasen in der Spachtelschicht bilden, müssen bei der Ausführung zunächst die Poren und Lunker der Betonoberfläche durch Sandstrahlen aufgeschlossen werden. Bereits bei diesem Schritt gehen Schalspuren, etwa die feinen Abdrücke einer sägerauen Bretterschalung, unwiederbringlich verloren. Die Spachtelung lässt nur noch die größten Oberflächenstrukturen erahnen; mit dem folgenden Acrylatanstrich geht jeglicher Eindruck einer mineralischen Oberfläche verloren.

Die einzelnen Schritte der Betoninstandsetzung sind ebenfalls in den Richtlinien aufgeführt: Schadstellen werden aufgestemmt; die Bewehrung wird freigelegt, mittels Sandstrahlen entrostet und mit Rostschutz versehen. Anschließend wird eine Haftbrücke aufgetragen und die Fehlstelle verschlossen. Alle verwendeten Materialien müssen nach ZTV-ING zugelassen sein; es handelt sich meist um verschiedene kunststoffmodifizierte Zementmörtel. In jedem Fall, in dem lokale Reparaturen ausgeführt werden, ist nach Richtlinien ein Oberflächenschutzsystem vorgeschrieben. Das Ergebnis: Eine Betoninstandsetzung nach ZTV-ING hat immer den Verlust der Originaloberfläche der gesamten Fassade zur Folge. Denkmalwert und künstlerische Aussage gehen dabei mitunter komplett verloren.

Die Einführung der Richtlinien hat zwar einen »Wildwuchs« in der Betoninstandsetzungspraxis erfolgreich verhindert, jedoch berücksichtigen die Richtlinien nicht, ob die vorgeschriebenen Maßnahmen überhaupt für den zu behandelnden Beton notwendig sind. Insbesondere beim Thema »nachträglicher Karbonatisierungsschutz« lohnt es sich, die vorgeschriebene Vorgehensweise näher zu betrachten:

Der Karbonatisierungshorizont rückt mehr oder weniger gleichmäßig ins Betoninnere vor. Dabei handelt es sich allerdings nicht um einen linear verlaufenden Prozess: Die Geschwindigkeit des Eindringens nimmt immer mehr ab, je mehr der Beton karbonatisiert. Durch die Karbonatisierung kommt es nämlich zu einer Kalksteinbildung und damit zu einer Erhöhung der Festigkeit und der Dichte der oberflächennahen Bereiche im Beton. Es dringt weniger

Abb. 2: Marburg, Hauptpostamt –
nach der Instandsetzung 2014
(Fotos: Elke Hamacher)



CO₂ ein und der weitere Karbonatisierungsfortschritt wird verlangsamt – so weit, dass sich die Lage des Karbonatisierungshorizonts einem bestimmten Grenzwert nähert. Bei einem ca. 30 Jahre alten C 20/25-Beton kann man von einer so gut wie endgültigen Karbonatisierungstiefe von ca. 20 mm ausgehen.

Notwendige Voruntersuchungen am Beton schließen die Untersuchung auf Karbonatisierungstiefe (mittels Alkali-reagenz auf frisch aufgeschlagenem Beton), auf Druckfestigkeit (z.B. mittels Schmidt'schem Prallhammer) und auf Betonüberdeckung und Lage der Bewehrung (mittels elektromagnetischer Sondierung) ein. Von der Betonfestigkeit kann man indirekt auf die Dichte und somit auf den Karbonatisierungswiderstand der Oberfläche schließen.

Sinn und Unsinn der vorgeschriebenen Karbonatisierungsbremse

Häufiger als erwartet stößt man am Denkmal durchaus auf Beton ausgezeichneter Qualität – insbesondere bei Bauten aus den 1970er-Jahren und bei vorgefertigten Elementen.

Die Karbonatisierungstiefe ist dabei gering, die Betonfestigkeit hoch. Die Überdeckung des Bewehrungsstahls ist ausreichend vorhanden, sodass der Karbonatisierungshorizont in sicherem Abstand zur Bewehrung liegt. Da bei einem Beton im Alter von ca. 30 Jahren die Gefahr einer weitergehenden Verschiebung des Karbonatisierungshorizonts sehr gering ist, ist ein flächenhaft aufgetragener Karbonatisierungsschutz schlichtweg nicht nötig!

Dennoch können lokale Schäden vorhanden sein. Betroffen sind oft besonders wasserbelastete Bereiche, Sockelzonen mit Streusalzeintrag oder Bereiche, in denen die Bewehrungslage beim Betonieren lokal nach außen »verrutscht« ist. Rostfahnen deuten nicht unbedingt auf beginnende Bewehrungskorrosion hin, sondern es kann sich um Drähte oder metallene Abstandhalter handeln, die zur Montage der Schalung dienten. Eine nachhaltige, wirtschaftliche und denkmalfachlich befriedigende Lösung wäre die lokale Reparatur der Schäden mit angepassten Mörteln ohne anschließenden flächendeckenden Karbonatisierungsschutz. Dieses Vorgehen widerspricht jedoch den geltenden Richtlinien.

VERANSTALTUNGSHINWEIS

Das grüne Museum

Nichts ist für ewig? Fragen der präventiven Konservierung

08.10.2015 Frankfurt/Main | 14.10.2015 Berlin | 28.10.2015 Wien

*Aber wie lange
ist ewig?*

Mit dieser und vielen weiteren Fragen befasst sich die Veranstaltungsreihe **Das grüne Museum**. Es erwarten Sie Vorträge zu Themen, wie Bestandserhaltung, präventive Konservierung, Sicherheit und Forschungsergebnisse.

www.das-grüne-museum.de

**DEUTSCHE
KONGRESS**

Mit dem
Rabattcode
„**MuseumB2015-50**“
einen Preisvorteil
von 50,- Euro*
sichern!

*auf die reguläre Teilnahmegebühr



Abb. 3: Senden, Pfarrkirche St. Josef der Arbeiter: gestrahlte Betonoberfläche – Musterfläche zur Anlage eines Oberflächenschutzsystems (Foto: Elke Hamacher)



Abb. 4: Augsburg, Kongresshalle: Betonoberfläche mit Schalungsspuren – unbehandelt (Foto: Elke Hamacher)

Bei historischen Betonen ebenfalls häufig anzutreffen ist der »durchkarbonatisierte« Beton, d. h., der Karbonatisierungshorizont hat bereits die Ebene des Bewehrungsstahls erreicht oder gar überschritten. Ursache hierfür ist zu geringe Betonüberdeckung der Bewehrung und/oder poröser Beton mit geringer Druckfestigkeit. Es ist bereits zu spät, um mithilfe eines Karbonatisierungsschutzes den Karbonatisierungsprozess aufzuhalten. Auch im Bereich nicht sichtbarer Schäden ist beim beschriebenen Befund eine weitere Schädigung des Betons zu erwarten, wenn keine weiteren Maßnahmen getroffen werden.

Nach abgeschlossener Instandsetzung lokaler Schäden muss bei »durchkarbonatisiertem« Beton eine flächendeckende Behandlung der Oberfläche vorgenommen werden, um Rost zu vermeiden: Ein Wasserschutz des Betons ist **unbedingt notwendig**. Der in den Richtlinien vorgeschriebene Aufbau eines Oberflächenschutzsystems ist zwar wirksam gegen das Eindringen von Wasser, geht aber mit der CO₂-dichten Ausbildung (Verschließen aller Poren und Lunken, gasdichter Anstrich) in den meisten Fällen über das notwendige Maß hinaus. Denn: Wassermoleküle sind größer als Gasmoleküle, und ein Wasserschutz lässt sich mit weniger eingreifenden Methoden verwirklichen als ein nachträglicher CO₂-Schutz.

Neben mehreren Möglichkeiten der Fassadenbeschichtung stellt gerade die Hydrophobierung eine wirksame und optisch unauffällige Methode des Wasserschutzes dar. Gegen Hydrophobierung gibt es – insbesondere seitens der Denkmalpflege – vielfältige Vorbehalte: Schlechte Erfahrung, die in Zusammenhang mit Naturstein und Putz gemacht wurde, wird dabei auf das Material Beton übertragen. Beton unterscheidet sich von seiner Festigkeit, der Porenstruktur und dem homogenen Aufbau grundlegend von Naturstein, der weich, porös und inhomogen sein kann. Schäden, die man von der Natursteinhydrophobierung kennt, sind bei Beton daher nicht bekannt.

Gegenüber unbehandeltem Beton, der auf Feuchtigkeitseinwirkung mit lebendigem hell-dunkel-Farbenspiel reagiert und der mit der Zeit eine natürliche Patina annimmt, wird nach einer Hydrophobierung der »Abperlereffekt« an der Oberfläche als ästhetische Beeinträchtigung erlebt. Durch ultraviolette Strahlung aus der Sonne wird das Hydrophobierungsmittel an der Oberfläche aber mit der Zeit abgebaut und der Effekt lässt nach. Da eine wirksame Hydrophobierung die innen liegenden Porenwände –

und nicht die Oberfläche – wasserabweisend ausbildet, ist dies keineswegs schädlich.

Die Anwendung des vorgeschriebenen Karbonatisierungsschutzes ist also weder bei gealtertem »gutem« Beton, dessen Karbonatisierungstiefe keine Gefahr für die Bewehrungslage darstellt, noch bei Beton, dessen Bewehrungsstahl längst von karbonatisiertem Material umgeben ist, sinnvoll. Das Aufhalten des Karbonatisierungsprozesses durch ein Oberflächenschutzsystem auf gealterten Betonoberflächen ist nur dann sinnvoll, wenn die Karbonatisierungstiefe ihren Grenzwert noch nicht erreicht hat und der Beton auf Höhe der Bewehrungsebene noch an der Karbonatisierung gehindert werden kann: ein Fall, der bei Beton im Alter von 30 Jahren und älter selten anzutreffen ist.

»Sonderfall« Beton?

Auch wenn Beton als »Sonderfall« aufgefasst wird: Die Methodik zur denkmalgerechten Instandsetzung von Beton unterscheidet sich wenig vom Vorgehen zur Instandsetzung anderer Materialien und Konstruktionen in der Denkmalpflege. Die Maßnahme ist auf den individuellen Befund abzustimmen. Hierzu sind umfassende Voruntersuchungen eines erfahrenen, unabhängigen Ingenieurbüros nötig, welches nach Gerüststellung oder mit Hebebühne den Beton flächendeckend u. a. auf Festigkeit, Karbonatisierungstiefe, Überdeckungshöhe, Bewehrungslage und Zustand der Bewehrung überprüft. Ergänzende Laboruntersuchungen geben Auskunft über den Salzgehalt und liefern eine Analyse des vorhandenen Mörtels (Sieblinie, Bindemittel, Art des Zuschlages). Schäden sind qualitativ und quantitativ auf dem Wege einer Kartierung und Beschreibung zu erfassen. Hierauf aufbauend kann eine Prognose über den zu erwartenden Schadensverlauf in der Zukunft und ein Instandsetzungskonzept erstellt und mit der Denkmalpflege abgestimmt werden. Das Instandsetzungskonzept umfasst Maßnahmen zur Behebung der Schäden sowie ggf. Angaben zur Beschichtung oder Hydrophobierung. Aus den Erkenntnissen der Mörtelanalyse kann ein Ersatzmaterial für lokale Instandsetzungsmaßnahmen rezeptiert werden, welches sich in den technischen und optischen Eigenschaften dem Bestand anpasst – eine Entscheidung über das zu verwendende Material erfolgt nach der Begutachtung von Musterflächen gemeinsam mit Vertretern der Denkmalpflege. Ein Pflege- und Monitoringplan stellt sicher, dass evtl. in Zu-

kunft auftretende Schäden frühzeitig erkannt und behoben werden, bevor sich ein schwerwiegenderer Schadensverlauf einstellt. Die WTA-Merkblätter **NATURSTEINSANIERUNG** und **KUNSTSTEINSANIERUNG** (im Entwurf vorliegend) liefern wertvolle Hinweise zum Vorgehen.

Da die nach ZTV-ING zugelassenen Materialien für die Betoninstandsetzung hochpreisig sind und insbesondere die Herstellung eines Oberflächenschutzsystems sehr material- und arbeitsaufwendig ist, liegt der Kostenaufwand der beschriebenen denkmalgerechten Vorgehensweise in der Regel unter der einer klassischen Instandsetzung. Der Kostenaufwand kann sich vom Material hin zu einer fachtechnischen Begleitung verschieben – mit umfangreichen Voruntersuchungen und ggf. einer Nachbetreuung. Außerdem gilt: Auch Betonbauten mit Oberflächenschutzsystem nach ZTV-ING bedürfen früher oder später wieder einer Überarbeitung. Insbesondere die Versprödung der kunststoffgebundenen Materialien durch Sonneneinstrahlung wirkt sich negativ auf die Haltbarkeit aus. Wenn – wie so oft – ein flächendeckendes Abstrahlen der vorhandenen Beschichtungen notwendig ist, ist die Instandsetzung »in zweiter Runde« erneut eine kostspielige Angelegenheit.

Gegen die Richtlinien handeln?!

Der Vorschlag, gegen die geltenden Richtlinien zu handeln, erregt unter den am Bau Verantwortlichen stets größten Widerstand und ist – alleine als Forderung vonseiten der Denkmalpflege formuliert – äußerst schwer durchsetzbar. Erfahrungsgemäß steht zum Zeitpunkt erster Absprachen mit der Denkmalpflege bereits ein Konzept fest, nicht selten erstellt von einem Betoninstandsetzungsbetrieb in Zusammenarbeit mit einem Materialhersteller. Voruntersuchungen werden dabei auf das Notwendigste beschränkt. Hier hilft es, sehr früh im Planungsprozess Kontakt mit der Denkmalpflege aufzunehmen und Voruntersuchungen und die Erstellung eines Maßnahmenkonzepts durch ein erfahrenes Ingenieurbüro einzuplanen. Dieses kann und muss dem Bauherrn die Sicherheit einer technisch verlässlichen – wenn auch nicht richtlinienkonformen – Lösung vermitteln. Für Vorprojekte dieser Art werden von den Denkmalämtern oft Fördermittel gewährt.

Da die Instandsetzung denkmalgeschützter Betonbauten ein junges Thema ist, herrscht seitens der Planenden sowie der Denkmalpflege noch oft Unsicherheit; zudem ist

die Zahl an Ingenieurbüros mit Erfahrung in der denkmalgerechten Betoninstandsetzung bisher recht übersichtlich. Zu wünschen wäre daher die verstärkte Kommunikation von Best-Practice-Beispielen. Um größtmögliche Sicherheit für alle Beteiligten zu erreichen wäre es sinnvoll, wenn sich zukünftig vielleicht mehr Möglichkeiten zur Differenzierung innerhalb bestehender Richtlinien eröffnen könnten. Vielleicht bietet die Harmonisierung nationaler Normen durch die neue europäische Normung ja eine Chance dazu.

Literatur

- [1] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V. (Hrsg.): Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Tl. 1 bis 4. Berlin: Beuth Verlag, 2001
- [2] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten (ZTV-ING). Tl. 3, Abschnitt 4 »Betoninstandsetzung«. Dortmund: Verkehrsblatt-Verlag, 2010
- [3] DIN EN 1504 Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken, verbunden mit DIN V 18026 Oberflächenschutzsysteme für Beton aus Produkten nach DIN EN 1504
- [4] Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. (Hrsg.): WTA Merkblatt 3-16-09/D Kunststeinsanierung
- [5] Sauder, Martin: Einer der spannendsten Orte der Welt – Betonrestaurierung im UNESCO-Weltkulturerbe Völklinger Hütte. Bauen im Bestand B + B 35(2012), Nr. 2, S. 71–76
- [6] Müller, Harald S.: Untersuchung und Instandsetzung von Massivbauten (Technisch-wissenschaftliche Grundlagen). URL: http://www.denkmalpraxismoderne.de/handbuch_massivbau_mueller.php [Stand: 16.07.2015]

INFO/KONTAKT



Dipl.-Ing. Elke Hamacher

1994 bis 2001 Studium der Architektur an der TU Kaiserslautern, Abschluss: Diplom; 2001 bis 2003 Wissenschaftliches Volontariat am Landesamt für Denkmalpflege Rheinland-Pfalz; 2005 bis 2006 Gebietsreferentin für Bau- und Kunstdenkmalpflege im Landesdenkmalamt des Saarlands; 2008 bis 2012 Key-Account-Managerin Denkmalpflege und Anwendungstechnikerin bei der Keimfarben GmbH; 2012 bis 2015 Gebietsreferentin für Bau- und Kunstdenkmalpflege und seit 2015 Wissenschaftliche Mitarbeiterin für den Fachbereich »Mineralische Baustoffe« am Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege.

Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege
Klosterberg 8
86672 Thierhaupten
E-Mail: elke.hamacher@bldf.bayern.de
Internet: www.bldf.bayern.de