

Planungshinweise Betonschutz

Schadensursachen, Gesetze, Verordnungen, Normen, Diagnose, Instandsetzung, Oberflächen- schutz, Aufmaß und Abrechnung

Ziel dieses Abschnittes ist es, Planern und Verarbeitern, die sich mit dem Schutz und der Instandsetzung von Betonbauteilen auseinandersetzen, praktische Hilfestellung bei der Beurteilung von Schäden und bei der Ausarbeitung von Sanierungskonzepten zu bieten. Darüber hinaus soll ein Überblick über die einschlägigen Vorschriften und Normen gegeben werden, die bei Sanierungsmaßnahmen zu beachten sind.

Stahlbeton hat sich seit vielen Jahren als dauerhafter und wirtschaftlicher Baustoff bewährt. Die Anforderungen, die in der DIN 1045 »Beton und Stahlbeton« festgelegt sind, sind so ausgelegt, dass sachgerecht hergestellte Bauwerke aus Stahlbeton alle Anforderungen an Standsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit erfüllen. Ein zusätzlicher Schutz ist danach nur in Ausnahmefällen, zum Beispiel bei starkem chemischen Angriff oder aus optischen bzw. gestalterischen Gründen, notwendig.

Dennoch sind bei einer Vielzahl von bestehenden Betonbauwerken zum Teil massive Schäden an der Bausubstanz zu finden. Dies ist nur teilweise auf Unregelmäßigkeiten in der Bauausführung zurückzuführen. Aufgrund zunehmender Umweltbelastungen und neuer Erkenntnisse über Schadensursachen an Betonteilen wurden immer wieder die Anforderungen korrigiert und verschärft. Die Schäden treten hauptsächlich auf sichtbaren Betonflächen an Fassaden und Betonbauteilen auf, die der Witterung ausgesetzt sind. Viele Bauwerke dürften nach heutigen Anforderungen so nicht mehr gebaut werden, da die Betonüberdeckung über der Bewehrung zu gering ist und die Bauteile zu dünn dimensioniert sind. Gerade deshalb gilt es, diese Bauwerke, die zum Teil denkmalpflegerischen Wert besitzen, in Stand zu setzen und zu erhalten.

Schadensursachen

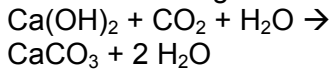
Beton besteht aus Zement, Zuschlägen und Wasser. Seine Widerstandsfähigkeit ist dabei unter anderem abhängig von der Zementart, der Sieblinie der Zuschläge und dem Wasser-Zement-Wert. Wird der Beton mit einer Stahlarmierung versehen, so bildet der Stahlbeton im erhärteten Zustand ein festes und dauerhaftes Gefüge, bei dem der Stahl primär für die Aufnahme von Zugkräften und der Beton für die Aufnahme von Druckkräften verantwortlich ist.

Durch die hohe Alkalität des Porenwassers im Beton wird der Stahl normalerweise vor Korrosion geschützt, der Stahl wird passiviert. Verantwortlich für die hohe Alkalität (pH-Wert 12,6) ist das Calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), das bei der Erhärtung des Zements (Hydratation) in großen Mengen entsteht. Schäden an dem Gefüge entstehen dann, wenn es an dem Stahl zur Korrosion kommt. Für das Auftreten von Korrosion sind drei Bedingungen verantwortlich:

- Aufhebung der Passivierung
- Sauerstoffzutritt
- Feuchtigkeit

Aufhebung der Passivierung

Durch das Einwirken von Kohlendioxid (CO₂) und Wasser (H₂O) auf die Bauteiloberfläche wird Calciumhydroxid in Calciumcarbonat umgewandelt, die Alkalität wird abgebaut:

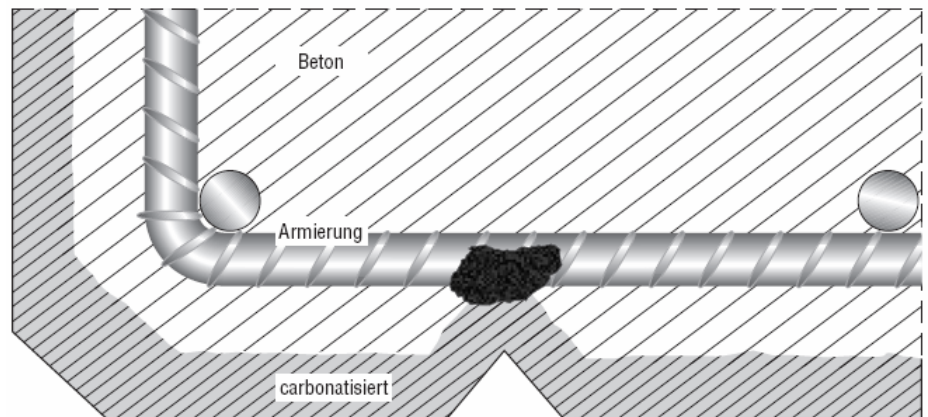


Dieser Vorgang, der auch als Carbonatisierung bezeichnet wird, beginnt an der Bauteiloberfläche, schreitet in der Regel sehr gleichmäßig voran und verlangsamt sich mit zunehmender Tiefe. Dabei verfestigt sich die Betonoberfläche, der pH-Wert sinkt unter 9,5 und die passivierende Wirkung geht verloren. Bei ungenügender Betonüberdeckung und geringer Betongüte dringt der carbonatisierte Bereich schon nach wenigen Jahren bis zur Bewehrung vor und kann so zu Korrosionsschäden an dem Bewehrungsstahl führen. Durch den entstehenden Korrosionsdruck entstehen Risse im Betongefüge, der Beton wird abgesprengt. Eine typische Schwachstelle, an der oftmals die vorgeschriebene Betonüberdeckung unterschritten wird, sind die Tropfkanten an Balkonkragplatten (siehe *Abbildung 1*).

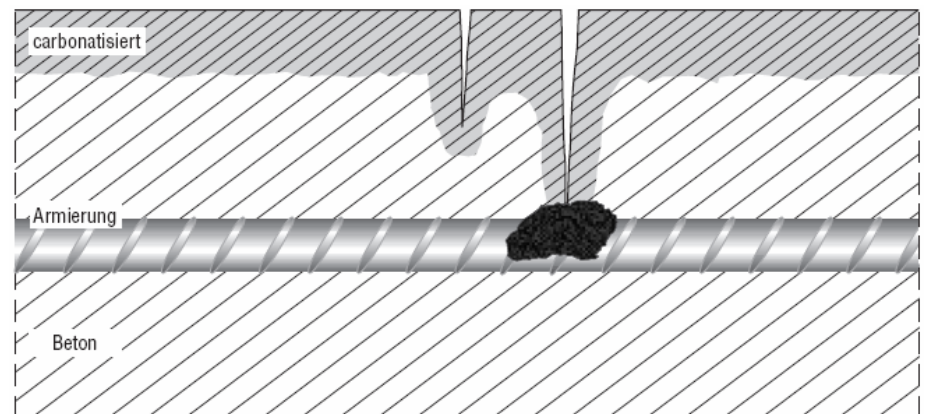
Auch an Rissen, Poren und Kiesnestern kann partiell eine tiefere Carbonatisierung auftreten. Aus diesem Grund ist eine sorgfältige Verarbeitung, Verdichtung und Nachbehandlung des Betons für die Dauerhaftigkeit eines Gebäudes wichtig (siehe *Abbildung 2*).

Abbildung 1

Korrosion durch partiell unzureichende Überdeckung

**Abbildung 2**

Korrosion durch oberflächennahe Risse



Eine örtliche Zerstörung der Passivschicht kann auch von Chloriden verursacht werden, die in gelöster Form an die Bewehrung gelangen und dort zu Lochfraßkorrosion führen. Solche Korrosionsschäden treten unabhängig vom Carbonatisierungsfortschritt auf. Diese Gefährdung tritt hauptsächlich in Bereichen auf, die von Tausalzen belastet sind, aber auch die Verbrennung von PVC-haltigen Stoffen kann Auslöser von Chloridkorrosion sein. Betonbereiche, die einen kritischen Chloridgehalt aufweisen (> 0,4 Massenprozent bezogen auf den Zementgehalt), müssen häufig vollständig abgetragen werden.

Feuchtigkeit

Vollständig trockener oder wassergesättigter Beton carbonatisiert praktisch nicht. Aber auch in einem carbonatisierten Beton kommt es nicht zwingend zu einem Korrosionsprozess. Stahl korrodiert im Beton nur, wenn der Feuchtegehalt oberhalb von 85 bis 90 % (bezogen auf den Sättigungsfeuchtegehalt) liegt. Aus diesem Grund sind Betonflächen in Innenräumen und auf Außenwänden, die zum Beispiel mit Wärmedämm-Verbundsystemen versehen sind, nicht gefährdet. Es muss jedoch durch eine sorgfältige Planung und Detailausbildung dafür gesorgt werden, dass es nicht zu Hinterfeuchtung oder zu Tauwasserbildung kommt. Auch bei der Instandsetzung ist die Begrenzung des Wassergehaltes im Beton ein Hauptziel.

Richtlinien und Normen

Sollen Betonflächen behandelt werden, so stellt sich zunächst die Frage, ob es sich bei der Maßnahme um eine Beschichtung oder um eine Instandsetzung handelt. Eine Vielzahl von Brillux Spachtelmassen, Putzen und Beschichtungen sind für den Einsatz auf Beton bestens geeignet und bieten einen guten Schutz für die Fassade. Für solche Leistungen ist die DIN 18 363 »Maler- und Lackiererarbeiten« maßgeblich.

DIN 18 349 »Betonerhaltungsarbeiten«

Für Betonerhaltungsarbeiten gilt die DIN 18 349, die auch im Teil C der VOB (Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen) enthalten ist. In dieser Vorschrift sind unter anderem die Vorbehandlung des Betonuntergrundes und die Behandlung des Stahls im Beton festgelegt. Das Erstellen der Schadensdiagnose und des Instandsetzungskonzeptes, die Durchführung der Fremdüberwachung sowie die Anfertigung von Schadensdokumentationen sind als besondere Leistung gesondert zu vereinbaren und zu vergüten.

DafStb-Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen (Instandsetzungs-Richtlinie) ¹⁾

Für die Ausführung der Arbeiten wird in der DIN 18 349 auf die »Richtlinie Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen«, herausgegeben vom »Deutschen Ausschuss für Stahlbeton« (DAfStb), verwiesen. Diese Richtlinie zeigt verschiedene Instandsetzungsprinzipien auf, lässt dem Planer jedoch genügend Freiheit, die Instandsetzungsmaßnahmen auf die jeweilige Objektsituation anzupassen.

Die Richtlinie umfasst folgende Teile:

- Teil 1: Allgemeine Regelungen und Planungsgrundsätze
- Teil 2: Bauprodukte und Anwendung
- Teil 3: Anforderung an die Betriebe und Überwachung der Ausführung
- Teil 4: Prüfverfahren

ZTV-ING Teil 3: Massivbau, Abschnitt 4: Schutz und Instandsetzung von Bauteilen ²⁾

Für die Instandsetzung von Ingenieurbauwerken im Zuge von Straßen und Wegen wurden vom Bundesministerium für Verkehr, Abteilung Straßenbau, »Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Ingenieurbauten« (ZTV-ING) herausgegeben. Diese müssen in einem Bauvertrag gesondert vereinbart werden und umfassen neben besonderen Anforderungen an die Baustoffe und die Bauausführung auch umfangreiche Vorschriften zur Eigen- und Fremdüberwachung auf der Baustelle.

BFS-Merkblatt Nr. 1 ³⁾

»Schutz und Instandsetzung von Betonaußenflächen im Hochbau«. Das Merkblatt gilt für Beschichtungen auf Außenflächen aus Beton im Hochbau und für Instandsetzung schadhafter Betonflächen. Insbesondere wenn die Standsicherheit nicht gefährdet ist.

Bezugsquellen:

¹⁾ Beuth Verlag GmbH, Berlin und Köln

²⁾ Verkehrsblatt-Verlag Borgmann GmbH & Co KG, Schleefstr. 14, 44287 Dortmund

³⁾ Hoehl-Druck GmbH & Co. Gutenbergstraße 1, 36251 Bad Hersfeld

Schadensdiagnose, Untergrundprüfung

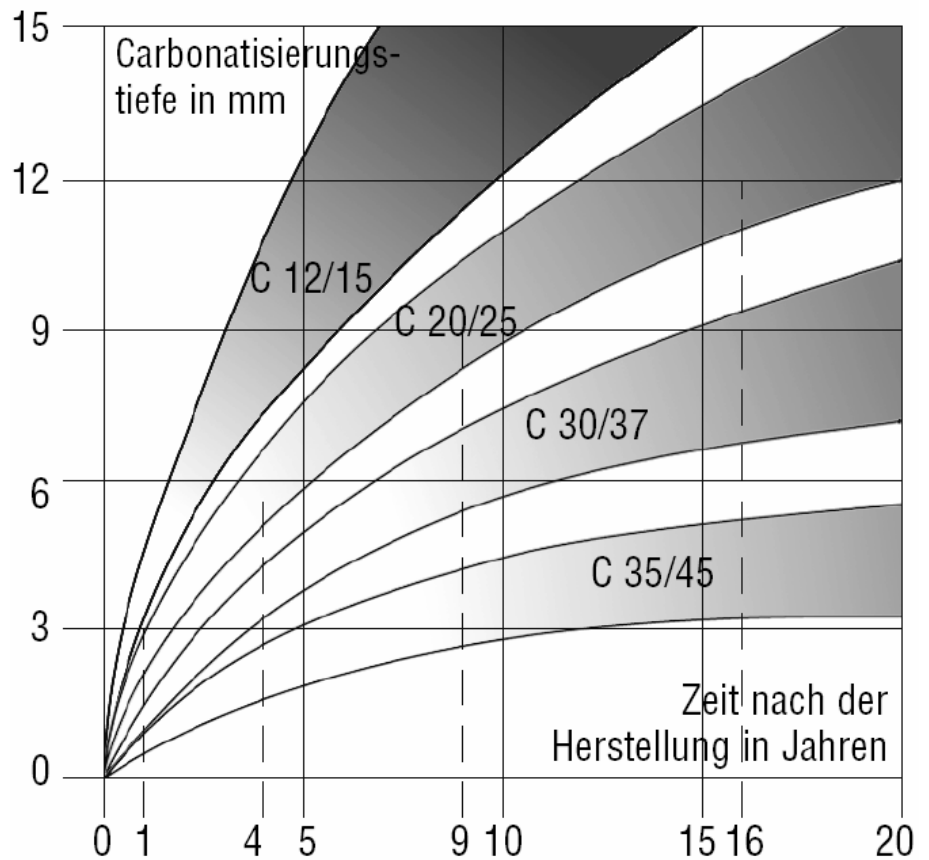
Der Umfang einer Untergrunduntersuchung ist abhängig von den individuellen Objektgegebenheiten und dem Schadensausmaß. Je sorgfältiger die Schadensdiagnose im Vorfeld der Arbeiten erfolgt, desto genauer lassen sich der Aufwand und die Kosten für die Arbeiten ermitteln.

Die Entscheidung, welche Untersuchungen und Analysen erforderlich sind, muss von dem Ausführungsplanenden getroffen werden. Der Brillux Beratungsdienst unterstützt dabei als kompetenter Ansprechpartner. Mit Know-how und mit speziellen Prüfgeräten stehen Experten vor Ort zur Verfügung und sind bei der Ermittlung des »Ist-Zustandes« behilflich.

Die wichtigsten Faktoren, die einen Überblick über den Zustand des Objektes liefern, sind dabei neben der Sichtprüfung, die Carbonatisierungstiefe, die Betonüberdeckung und die Betondruckfestigkeit. Anhand dieser Angaben lässt sich abschätzen, ob bzw. wann der Bewehrungsstahl im carbonatisierten Bereich liegt und wann mit Betonschäden zu rechnen ist.

Abbildung 3

Carbonatisierungsfortschritt in Abhängigkeit von der Betongüte



Untergrundprüfung, -bewertung und -vorbehandlung

| Prüfkriterien | Prüfung | Erkennungsmerkmal / Bewertung | Maßnahme / Untergrundvorbehandlung |
|---|---|---|--|
| Hohlstellen | Abklopfen, z. B. mit Hammer | Nach Klang, dumpfer klang = Hohlstelle | Hohl liegende Betonteile abschlagen |
| Korrosion an der Bewehrung | Augenschein und Abklopfen | Freiliegender rostender Stahl, Rostfahnen, Hohlstellen, geradlinig und parallel verlaufende Risse, Betonabsprengungen | rostende Bewehrung freilegen und entrostern (SA 2 ½) |
| Betonüberdeckung | elektromagnetische Messung | Überdeckung in mm | in Verbindung mit der vorhandenen Carbonatisierungstiefe notwendige Carbonatisierungsbremse festlegen |
| Carbonatisierungstiefe | Mit Indikatorlösung, z. B. Phenolphthalein auf frische Bruchfläche | Farbumschlag, carbonatisierte Betondicke in mm | in Verbindung mit der notwendigen Betondeckung notwendige Carbonatisierungsbremse festlegen |
| Oberflächenfestigkeit | Wischprobe, Kratzprobe, Haftzugprobe | Kreiden, Sanden, Haftzugfestigkeit N/mm ² (Soll $\geq 1,5$ N/mm ²) | kreidende, sandende, mürbe Betonteile entfernen |
| Druckfestigkeit | Prüfhammer nach Schmidt | Druckfestigkeit | nicht ausreichend feste Betonteile entfernen |
| Feuchtigkeit | Augenschein, Abkleben mit Folie, Messen z. B. nach der CM-Methode | Farbtonunterschied, Feuchtgehalt in % | Ursache beseitigen, Untergrund austrocknen lassen |
| Risse | Augenschein, Wasserbenetzung, Risslupe, Rissbreitenmessstab, Setzdehnungsmessen | Verlauf, Abmessungen, umfang, Bewegung | je nach Erfordernis Rissinjektion oder Risse aufweiten und verfüllen, rissüberbrückende Beschichtung zuordnen |
| Grobporen, Lunker, Kiesnester | Augenschein | Intensität, Umfang | Lunker öffnen, Kiesnester bis zum tragfähigen Beton entfernen |
| Ausblühungen, Bewuchs, Verschmutzung | Augenschein | Intensität, Umfang | Restlos entfernen durch z. B. Hochdruckreinigung oder mechanisch entfernen |
| Sinterschichten | Kratzprobe, Wasserbenetzung | Benetzungsfähigkeit | Sinterschicht mechanisch entfernen durch z. B. Strahlen mit festem Strahlmittel |
| Schalölrückstände | Wasserbenetzung | Benetzungsfähigkeit (Abperlen) | Schalöl entfernen durch z. B. Hochdruckreinigung, Reinigungsmittel |
| Beschichtungen | Wischprobe, Kratzprobe, Gitterschnitt, Lösemittelbenetzung | Kreiden, Haftung, Anlösen, Tragfähigkeit / Verträglichkeit | Tragfähige Beschichtung reinigen, nicht tragfähige entfernen durch z. B. abbeizen oder mechanisch z. B. Strahlen |
| Chloride | Augenschein, Bohrprobe und Laborprüfung | Farbumschlag, Chloridgehalt %, Konzentrationsprofil | Chloridverseuchte Betonteile entfernen |
| Fugendichtung | Augenschein, Druck mit z. B. Fingerkuppe | Funktionsfähigkeit, Flankenhaftung | nicht mehr funktionsfähigen Dichtstoff restlos entfernen |

Instandsetzung mit PCC-Materialien

Zur Instandsetzung und Reprofilierung von Betonausbrüchen haben sich Mörtel auf Basis von PCC (Polymer Cement Concrete) bestens bewährt. Durch den Polymerzusatz erhalten die Mörtel eine höhere Haftzugfestigkeit und eine höhere Elastizität, sodass sie eine optimale Verbindung mit dem Altbeton erreichen. Außerdem wird das Schwindverhalten minimiert, und durch die verflüssigende Wirkung der Polymere lässt sich ein geringerer Wasser-Zement-Wert erzielen. Ebenfalls wird durch diese Zusätze das Wasserrückhaltevermögen erhöht und dadurch die Gefahr des zu schnellen Wasserverlustes gemindert.

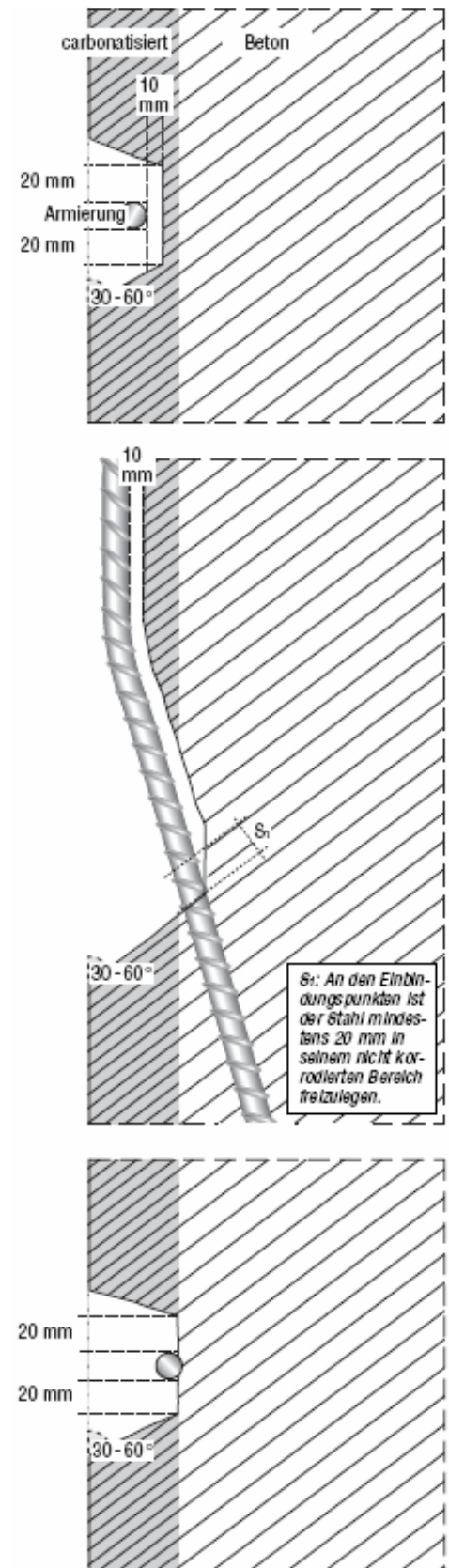
Die PCC-Mörtel entsprechen der DIN 4102-1. Sie können nicht als statisch wirksame Baustoffe eingesetzt werden. An Bauteilen, bei denen die statische Tragfähigkeit erhöht werden soll, dürfen nur Mörtel und Betone nach DIN 1045 bzw. Spritzbeton nach DIN 18 551 oder CFK-Lamellen mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung eingesetzt werden. Die Bemessung von statisch wirksamen Verstärkungen und die Überprüfung der Standsicherheit kann nur durch einen sachkundigen Planungsingenieur durchgeführt werden.

Das Brillux PCC-Instandsetzungssystem erfüllt die strengen Prüfanforderungen der ZTV-ING (früher: ZTV-SIB 90) und kann daher auch bei der Sanierung von Ingenieurbauwerken eingesetzt werden. Bei großflächigem Auftrag ist bei PCC Füllmörtel 803 und bei PCC Feinspachtel 804 auch die Spritzverarbeitung möglich.

Durch die hohe Alkalität des Mörtels wird eine Realkalisierung des Untergrundes erzielt, die den Stahl vor einer weiteren Korrosion schützt. In Verbindung mit einem Oberflächenschutzsystem wird zusätzlich die Wasseraufnahme des Betons über die Betonoberfläche verhindert, sodass auch die nicht reprofilierten Bereiche vor Korrosionsschäden geschützt werden. Es ist daher nicht notwendig, den gesamten carbonatisierten Beton abzutragen, sondern es genügt, alle korrodierten Eisenteile sorgfältig freizulegen und entsprechend dem PCC-Instandsetzungssystem zu behandeln.

Die Schadstellen sind vor dem Auftrag von PCC-Materialien mattfeucht vorzunässen. Dadurch wird verhindert, dass das Anmachwasser des Mörtels in den Untergrund abwandert und der Zement genug Feuchtigkeit für eine vollständige Hydratation behält. Aus diesem Grund müssen die Mörtel auch in der Trocknungsphase durch »Nachbehandlung« vor einem vorzeitigem Wasserentzug geschützt werden. Die Gefahr von Trockenschwundrissen wird so vermieden.

Abbildung 4
Freigelegte Schadstelle



Oberflächenschutz

Durch das Aufbringen eines Oberflächenschutzsystems soll die Wasseraufnahme des Betons begrenzt und das Eindringen von CO₂ vermieden werden. Gleichzeitig soll die Diffusion von Wasserdampf weiterhin möglich sein, um eine Hinterfeuchtung zu vermeiden. Gemäß der Instandsetzungsrichtlinie sind von den Beschichtungstoffen folgende Grenzwerte einzuhalten:

Diffusionswiderstand gegen Kohlendioxid s_d (CO₂) ≥ 50 m
Diffusionswiderstand gegen Wasserdampf s_d (H₂O) ≤ 4 m

Der Diffusionswiderstand beschreibt, wie dampfdicht ein Stoff im Vergleich zu ruhender Luft ist. Die Diffusionswiderstände errechnen sich aus der Diffusionswiderstandszahl μ multipliziert mit der Schichtstärke der Beschichtung in Meter.

Die Schutzbeschichtungen im Brillux Betonschutz-System Betonacryl OS 859, Betonelast OS 862, Betonschutz LF 861, Multi-Protect 800 und Betonfinish 839 erfüllen alle die Anforderungen eines ausreichenden Diffusionswiderstandes gegen Kohlendioxid bei gleichzeitiger Diffusionsfähigkeit gegenüber Wasserdampf.

Die weiteren Werkstoffkenndaten und Angaben zur Verarbeitung sind in den Praxismerkblättern ausführlich beschrieben.

Besonderes Augenmerk ist bei einem Oberflächenschutzsystem auf einen vollständigen Porenverschluss zu legen, da Poren und Lunker Fehlstellen in der Beschichtung erzeugen, durch die Wasser und Kohlendioxid in den Beton eindringen können. Ein Porenverschluss kann durch vollflächige Spachtelung mit PCC-Feinspachtel erfolgen. Es können aber auch dispersionsgebundene Lunkerspachtel oder dickschichtige Schlämmanstriche aufgebracht werden, der Aufwand für die Untergrundvorbehandlung ist in diesem Fall wesentlich geringer, da das Freilegen des Korngefüges entfällt. Der Hellbezugswert von Endbeschichtungen für Betonbauteile im Außenraum soll nach DIN 18 349 »Betonerhaltungsarbeiten« den Wert 35 nicht unterschreiten.

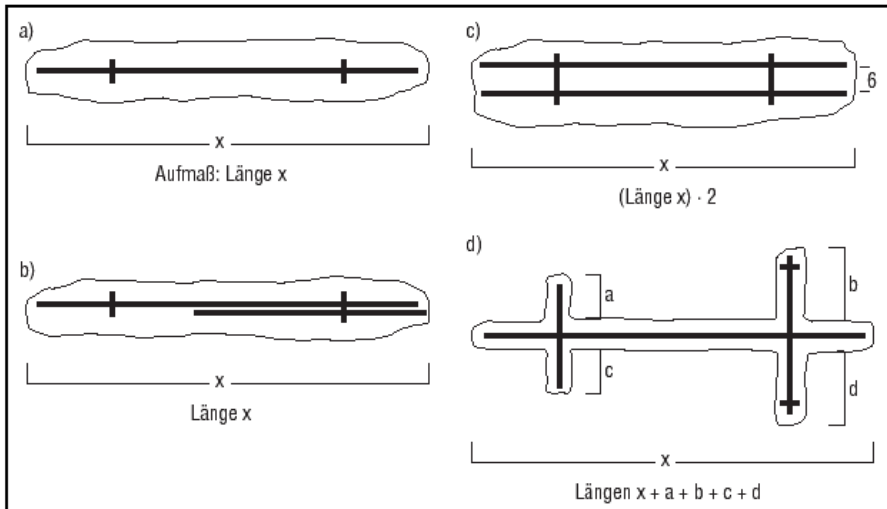
Ausschreibung, Aufmaß, Abrechnung

Bei den Ausschreibungen und Abrechnungen von Betonerhaltungsarbeiten kommt es immer wieder zu Meinungsverschiedenheiten, da das wahre Schadensausmaß sich oft erst im Verlauf der Sanierungsarbeiten zeigt. Eine zu pauschale Abrechnung des Objektes, zum Beispiel nach Quadratmetern, birgt für den Auftraggeber und für den Unternehmer ein nicht kalkulierbares Risiko. Bei einer Betoninstandsetzung sind eine Vielzahl von Arbeitsgängen notwendig. Diese sind zu unterschiedlich, als dass sie pauschalisiert abgerechnet und vergütet werden können.

Ein Beispiel: Der Aufwand, um 10 Schadstellen von 10 cm Länge zu bearbeiten, ist um ein Vielfaches höher als der Aufwand für eine Schadstelle von 100 cm Länge. Die DIN 18 349 und das Standard-Leistungsbuch »Betonerhaltungsarbeiten« geben eindeutige Abrechnungsmodalitäten vor, die in den Brillux Leistungsbeschreibungen entsprechend formuliert und umgesetzt wurden. Nach Abschluss der Arbeiten sind die einzelnen Arbeitsgänge in der Regel nicht mehr überprüfbar, sodass die konkrete Massenermittlung nur während der Ausführung möglich ist (siehe Abbildung 5).

Das Erstellen einer Schadensdiagnose und eines Instandsetzungskonzeptes sowie die Durchführung einer Fremdüberwachung gemäß Instandsetzungsrichtlinie sind wie die Anfertigung von Schadensdokumentationen vom Auftraggeber zu veranlassen und demnach als »Besondere Leistung« nach DIN 18 349 gesondert zu vergüten. Die Eigenüberwachung auf der Baustelle ist eine Nebenleistung, die in den Bestimmungen der Richtlinie des DAfStb in Teil 3 Absatz 2.2 festgelegt ist.

Abbildung 5
Aufmaß der Reparaturstellen



Technische Beratung

Für weitere technische Auskünfte steht Ihnen der Brillux Beratungsdienst zur Verfügung.
Tel. +49 (0)251 7188-406
Tel. +49 (0)251 7188-158
Fax +49 (0)251 7188-106
tb@brillux.de

Anmerkung

Diese technische Info basiert auf intensiver Entwicklungsarbeit und langjähriger praktischer Erfahrung. Der Inhalt bekundet kein vertragliches Rechtsverhältnis. Der Verarbeiter/Käufer wird nicht davon entbunden, unsere Produkte auf ihre Eignung für die vorgesehene Anwendung in eigener Verantwortung zu prüfen. Darüber hinaus gelten unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen. Mit Erscheinen einer Neuauflage dieser Info mit neuem Stand verlieren die bisherigen Angaben ihre Gültigkeit.

Brillux
Postfach 16 40
48005 Münster
Tel. +49 (0)251 7188-0
Fax +49 (0)251 7188-105
www.brillux.de
info@brillux.de