

Ermittlung der Karbonatisierungstiefe mittels Indikatormethode

Bei der Aushärtung von Beton entsteht Zementstein, welcher u.a. für die hohe Alkalität im Beton verantwortlich ist. Diese hohe Alkalität schützt wirksam den Bewehrungsstahl vor Korrosion. Im Bereich von karbonatisiertem Beton ist dies nicht mehr der Fall und der Bewehrungsstahl beginnt bei zusätzlicher Anwesenheit von Feuchtigkeit und Sauerstoff zu korrodieren. Deshalb ist es wichtig zu wissen, wie weit die Karbonatisierung im Bauwerk vorangeschritten ist und ob sich die Bewehrung noch im passivierten Bereich befindet. Eine ausreichende Betonüberdeckung soll gewährleisten, dass sich die Bewehrung über die Lebensdauer eines Bauwerkes immer im alkalischen Milieu befindet und somit dauerhaft vor Korrosion geschützt ist.

Das in der Praxis am häufigsten angewendete Verfahren zur Bestimmung der Karbonatisierungstiefe ist die Prüfung mittels einer Phenolphthalein-Lösung. Da Phenolphthalein eine karzinogene Wirkung besitzt, wurde der Stoff durch Thymolphthalein ersetzt. Beide Indikatoren rufen eine Farbumwandlung auf der Probefläche hervor, welche eine ausreichende Betonalkalität signalisiert. Nicht verfärbte Flächen weisen auf einen karbonatisierten Beton hin.

Indikator	Farbumwandlung	Bedeutung
Phenolphthalein	Farblos zu violett	<u>Farblos:</u> Karbonatisierung, pH-Wert 8,2 – 9,8 <u>Violett:</u> ausreichende Betonalkalität, pH-Wert ca. 12,5 <u>Farbumwandlung:</u> Karbonatisierungsgrenze
Thymolphthalein	Farblos zu blau	<u>Farblos:</u> Karbonatisierung, pH-Wert 9,3 – 10,5 <u>blau:</u> ausreichende Betonalkalität, pH-Wert ca. 12,5 <u>Farbumwandlung:</u> Karbonatisierungsgrenze

Thymolphthalein hat eine eingeschränkte optische Wirkung bei Betonen mit HOZ-Zementen, da der Beton selbst schon eine bläuliche Grundfarbe hat.

Bauwerksprüfung

Die Bestimmung der Karbonatisierung ist keine Grundleistung im Rahmen der Bauwerksprüfung und ist gesondert zu vergüten bzw. auszuschreiben.

Bei dem Verfahren zur Bestimmung der Karbonatisierungstiefe handelt es sich um eine zerstörende Prüfung und sollte nur bei Verdachtsmomenten, z.B. bei älteren Bauwerken mit geringen Betonüberdeckungen oder bei sichtbaren Betonabplatzungen mit freiliegender Bewehrung, etc. angewendet werden.

Ausführung

Typisches Prüfmaterial:

- am Bauwerk aufgebrochener Beton (meist mit Hammer und Meißel)
- am Bauwerk entnommener Festbeton: Bohrkerne oder Bruchstücke

Die Prüfung wird i.d.R. sofort an der frischen Bruchfläche durchgeführt. Bohrkerne sind entlang ihrer Längsachse und möglichst nahe am Kerndurchmesser aufzubrechen.

Die frisch gebrochenen Oberflächen sind von losen Partikeln und Staub ohne Verwendung von Wasser und ohne Abreiben zu reinigen. Die Indikatorlösung wird mit einem Zerstäuber auf die vorbereitete Betonoberfläche so aufgesprüht, dass die Probefläche nur befeuchtet wird. (Bei sehr trockenem Beton kann unmittelbar vor dem Indikator-test vorsichtig ein leichter Wasserdampf auf die gebrochene Oberfläche aufgebracht werden.)

Die Farbumwandlung ist innerhalb von 30 Sekunden nach dem Besprühen zu messen und aufzuzeichnen. Eine unklare Farbumwandlungsgrenze oder eine nur sehr langsame Farbumwandlung zeigen eventuell eine nur teilweise Karbonatisierung des Betons an.

Nachfolgende Bilder zeigen exemplarisch Messungen der Karbonatisierungstiefe mittels Phenolphthalein:

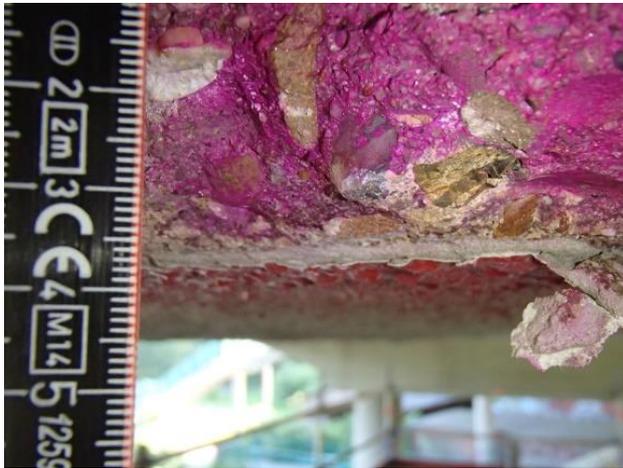


Bild 1.1: Messung am Bauwerk



Bild 1.2: Messung an entnommenen Bohrkernen

Um den Karbonatisierungsfortschritt eines Betonbauteils abzuschätzen, kann sie mit vereinfachtem \sqrt{t} – Gesetz abgeschätzt werden.

Beispiel: Bauwerksalter 35a, ermittelte Karbonatisierungstiefe $d_k = 25$ mm, gemessene Betondeckung $c = 30$ mm.

Frage: Wann ist die Karbonatisierungsfront an der Bewehrung?

$$d_k(t) = k \cdot \sqrt{t} \rightarrow k = d_k / \sqrt{t} = 25 \text{ mm} / \sqrt{35 \text{ a}} = 4,23 \text{ mm/a}^{1/2} \rightarrow t = (c/k)^2 = (30/4,23)^2 = 50,3 \text{ a}$$

Ergebnis: mit einem Bauwerksalter von ca. 50 Jahren ist die Karbonatisierungsfront voraussichtlich an der Bewehrung. Eine erneute Überprüfung der Karbonatisierung sollte in ca. 12 Jahren durchgeführt werden, um den Karbonatisierungsfortschritt zu überprüfen.

Wird die Ermittlung der Karbonatisierungstiefe notwendig, sind mindestens 3 und maximal 10 Messstellen anzulegen.

Um die Messwerte entsprechend beurteilen zu können, ist eine parallele Messung der Betonüberdeckung erforderlich. Welche Verfahren zur Messung der Betonüberdeckung zum Einsatz kommen können, entnehmen Sie dem Merkblatt „Bestimmung der Betonüberdeckung“.

Quantifizierung des Karbonatisierungsfortschrittes

Die Karbonatisierungstiefe wird entsprechend der DIN EN 14630 gemessen und bezeichnet den Abstand von der Betonoberfläche bis hin zur Farbumwandlung.

Die Karbonatisierungsgrenze verläuft zumeist unregelmäßig. Daher wird neben dem Mittelwert auch die maximale Tiefe auf 1 mm genau bestimmt.

Das Ergebnis ist zu dokumentieren.

In Bezug genommene Normen, Richtlinien und Merkblätter:

- [1] **DIN EN 14630** Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken - Prüfverfahren - Bestimmung der Karbonatisierungstiefe im Festbeton mit der Phenolphthalein-Prüfung; Stand 01/2007

Die Merkblätter stellen die abgestimmte und mehrheitliche Meinung der Mitglieder im Arbeitskreis Bauwerksprüfung nach DIN 1076 dar. Sie stellen keine verbindliche Festlegung dar, sondern verstehen sich als Empfehlung für den in der Praxis tätigen Ingenieur.

Für Rückfragen, Hinweise und Anregungen wenden Sie sich bitte an den Arbeitskreis Bauwerksprüfungen nach DIN 1076. Für dieses Merkblatt ist der Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Steffen Keinath