

Die Gefahr der Betonkarbonatisierung: Beispiele aus der Praxis

Autor(en): **Merminod, Charles**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 24

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74142>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Gefahr der Betonkarbonatisierung

Beispiele aus der Praxis

Von Charles Merminod, Genf

Stahleinlagen in einem zementgebundenen Beton sind durch das alkalische Porenwasser gegen Korrosion geschützt. Bei der Zementhärtung entsteht auch wasserlösliches Kalziumhydroxid, das mit dem immer vorhandenen Porenwasser eine gesättigte alkalische Kalkmilch mit einem pH-Wert von etwa 12,5 bildet.

Beton ist luftdurchlässig, und Luft enthält normalerweise mindestens 0,04 Prozent Kohlensäure, in Industriegebieten sogar mehr. Durch die Reaktion zwischen Kalziumhydroxid und Kohlensäure entsteht nun ein unlösliches Kalziumkarbonat - Karbonatisierung des Betons genannt - und das entsprechende alkalische Porenwasser wird allmählich neutralisiert. Bei einem pH-Wert des Porenwassers unterhalb 9 sind aber die Stahleinlagen nicht mehr gegen Korrosion geschützt - das Eisen kann rosten! Die Karbonatisierungsgeschwindigkeit ist hoch an der Oberfläche des Betons und vermindert sich gewaltig mit zunehmender Tiefe. Als Faustregel wird mit einer Karbonatisierungstiefe von 1 mm in drei Monaten, 1 cm in zehn Jahren und 2 cm in dreissig Jahren gerechnet.

Gerade die *niedrige Geschwindigkeit* des Karbonatisierungsvorganges ist wahrscheinlich dafür massgebend, dass auch heute noch dieser Eigenschaft des Betons von Fachkreisen nur wenig oder keine Beachtung geschenkt wird. Zu der Tatsache, dass man der Karbonatisierung eine weit grössere Aufmerksamkeit widmen muss, sollen die hier beschriebenen Untersuchungen und Erfahrungen beitragen.

Untersuchungen an drei Brücken

Zwecks einer geplanten Verstärkung von drei *stark befahrenen Strassenbrücken* wurde unsere Abteilung «Recherches & Applications» durch das Bauamt einer Schweizer Stadt mit der Untersuchung auf *Karbonatisierungstiefe* und *Eisenüberdeckung* beauftragt. Die

drei Brücken befinden sich am gleichen Ort, auf der gleichen Strassenachse und wurden *im Jahre 1937* gleichzeitig von verschiedenen Unternehmern gebaut.

Methode

Nachdem an zwanzig Stellen jeder Brückenunterseite die genaue Lage des Armierungseisens mit einem elektronischen Detektor genau festgelegt war, wurde die Betonüberdeckung an jeder Stelle keilförmig so angespitzt, dass die entsprechende Stahleinlage auf mindestens 5 cm Länge ersichtlich war.

Durch *Besprühen mit einem flüssigen Indikator* der fachgerecht vorbereiteten Betonfläche färbt sich alkalischer Beton rot, während die karbonatisierte Zone ihre Naturfarbe beibehält. An jeder Stelle wurde die maximale und minimale Karbonatisierungstiefe sowie die Tiefenlage des Eisens gemessen und protokolliert.

Karbonatisierungstiefe Überdeckung der tragenden Stahleinlagen

Brücke A

Sämtliche Einlagen befinden sich in einer Tiefe zwischen 29 mm und 45 mm.

Die Karbonatisierungsgeschwindigkeit ist so niedrig, dass die ersten Eisen erst in mehr als 50 Jahren durch die Karbonatisierung erreicht werden sollten.

Brücke B

7% der Eisen liegen innerhalb der durchschnittlichen Karbonatisierungstiefe und sind somit nicht mehr gegen Korrosion geschützt.

80% der Eisen liegen innerhalb der maximalen Karbonatisierungstiefe und sind somit teilweise oxidationsgefährdet.

13% der Eisen liegen noch in alkalischem Beton.

Durch eine fachgerechte Karbonatisierungsbremse kann diese Brücke noch gegen zukünftige Beschädigungen geschützt werden.

Brücke C

30% der Eisen befinden sich innerhalb der minimalen Karbonatisierungstiefe und sind korrodiert! An sechs Stellen wurde die Betonüberdeckung bereits gesprengt und die entsprechenden Eisen durch Oxidation vernichtet.

30% der Eisen liegen innerhalb der durchschnittlichen Karbonatisierungstiefe. Sämtliche dieser Eisen sind wenig bis stark oxidiert. An zwei Stellen ist die Betonüberdeckung gesprengt und die darunterliegenden Stähle zerstört.

35% der Tragarmierung liegt innerhalb der maximalen Karbonatisierungstiefe und ist somit teilweise gefährdet.

5% der Tragarmierung liegt noch in der alkalischen Zone.

Die zuständige Behörde sah sich zu unfallverhütenden Massnahmen gezwungen. Teilabbruch und Ersatz der Tragarmierung dieser Brücke sind unumgänglich.

Zusammenfassung

Drei gleichzeitig gebaute Brücken am gleichen Ort, mit derselben Verkehrsbelastung und Umwelt haben sich völlig unterschiedlich verhalten. Während die Tragfähigkeit der Brücke A als neuwertig zu bezeichnen ist, besteht bei einer anderen eine bedenkliche Bruchgefahr bei eventueller Überlastung.

Eine allgemeine Beachtung der karbonatisierungsbedingten Alterung von Stahlbetonbauten ist sicher erforderlich. Systematische Untersuchungen der vor dem letzten Weltkrieg gebauten Brücken hätte zum mindesten den Vorteil, für jedes Bauwerk den Zeitpunkt bestimmen zu können, an dem karbonatisierungshemmende und korrosionsschützende Massnahmen zu treffen sind. Kostspielige, um nicht zu sagen gefährliche Überraschungen wie hier beschrieben, könnten dann vermieden werden.

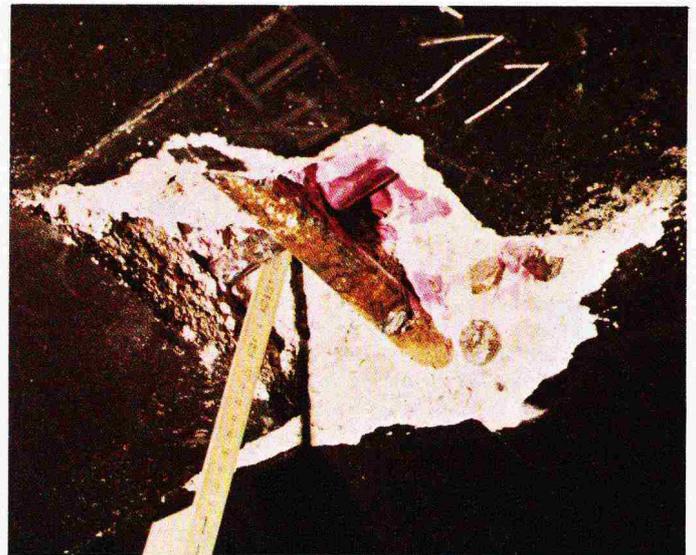
Tabelle. Vergleich der Karbonatisierungstiefen der drei Brücken. Jede Zahl ist als Mittelwert sämtlicher Messungen zu verstehen

	Brücke A	Brücke B	Brücke C
Minimale Karbonatisierungstiefe	3 mm	5,6 mm	16 mm
Maximale Karbonatisierungstiefe	17,4 mm	31,4 mm	35,4 mm
Durchschnittliche Karbonatisierungstiefe	10,2 mm	18,5 mm	25,7 mm
Maximal gemessene Tiefe	44 mm	51 mm	80 mm

Adresse des Verfassers: Charles Merminod, SA Conrad Zschokke, Service Recherches et Applications, Rue du XXXI Décembre 42, 1207 Genève.



Brücke A. Keine Spur von Karbonatisierung im Alter von 42 Jahren! Der Verbund zwischen Stahleinlage und Beton ist gesund



Brücke C. Das unterschiedliche Aussehen des Verteileisens in der karbonatisierten Zone (links) und in der alkalischen Zone (rechts) ist bedeutungsvoll. Die Korrosion der Trageinlage wird in einigen Jahren die Betonüberdeckung absprennen



Brücke B. Die rote Färbung von Beton und Eisen zeigt, dass die Stahleinlage noch vollständig in der alkalischen Zone des Bauwerkes liegt



Brücke C. Die Resthaftung (rote Zone) dieser abgedrückten Betonüberdeckung war die Ursache, dass dieser Zustand bis zum Tage der Untersuchung unbekannt blieb



Brücke C. Der untere Drittel dieses Armierungseisens wurde durch die Karbonatisierung erreicht und die beginnende Oxidation bewirkt bereits eine Trennung von Eisen und Beton



Brücke C. Die Stahleinlage von 30 mm Durchmesser besteht nur noch aus Eisenoxid!