

CARBONATISIERUNGSTIEFE IM BETON MESSEN

KONTROLLIERTE CO₂-REGELUNG IM KLIMASCHRANK

Die DIN EN 206 geht von einer Nutzungsdauer für Betonbauteile von mindestens 50 Jahren aus. Eine Korrosion der Bewehrung im Stahlbeton durch CO₂-Eintritt kann diese Nutzungsdauer verkürzen. Welche Eigenschaften ein Beton aufweisen muss um diese Carbonatisierung zu minimieren, untersucht die Holcim HüttenZement GmbH im Memmert Klimaschrank ICH C mit CO₂-Regelung.



**Betonprüfung
im
Klimaschrank
mit CO₂
-Regelung**

Carbonatisierung kurz erklärt

Beton und Bier haben erstaunlicherweise einiges gemeinsam: Beide bestehen nur aus wenigen Zutaten, für die Zubereitung existiert eine Fülle an Rezepturen und sowohl Beton als auch Bier altern, wenn sie Umwelteinflüssen ausgesetzt sind. Während beim Lieblingsgetränk der Deutschen vor allem Oxidationsprozesse für das Ende der Haltbarkeit verantwortlich sind, ist es bei Stahlbeton in vielen Fällen die witterungsbedingte Korrosion der Bewehrung. Als eine

wesentliche Ursache wurde das Eindringen von Chloriden identifiziert. Der zweite Hauptangreifer, der Stahlbeton vorzeitig zum Sanierungsfall machen kann, ist CO_2 , das aus der Luft oder über CO_2 -haltiges Wasser in die äußeren Betonschichten eindringt. Ein chemischer Prozess, der in der Fachsprache als Carbonatisierung bezeichnet wird.

Beton wird in der Hauptsache aus Wasser, Gesteinskörnungen und Zement hergestellt. Zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit oder der Dauerhaftigkeit werden oft auch Zusatzstoffe und/oder Zusatzmittel der Betonmischung beigefügt. Da Beton zwar extrem druckfest, aber nicht ausreichend zugfest ist, verstärkt man Beton meist mit Stahlkonstruktionen. Zu Beginn ist die vollständig von Beton umgebene Stahlbewehrung bestens vor Korrosion geschützt. Verantwortlich dafür ist das hoch alkalische, wasserlösliche Calciumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$, das beim Aushärten des Betons durch die Reaktion von Calciumsilikaten mit Wasser entsteht. Der hohe pH-Wert des Wassers in den Zementsteinsporen sorgt für eine reaktionsträge Passivierungs-Schicht aus Eisenoxiden auf der Stahlbewehrung und verhindert so die Rostbildung. Wirken nun im Laufe der Zeit Feuchte und CO_2 in Kombination auf das Bauwerk ein, wird das Calciumhydroxid in Calciumcarbonat (CaCO_3) umgewandelt, woraufhin der pH-Wert sinkt und der Korrosionsschutz verloren geht. Die Tiefe der Carbonatisierungsfront ist abhängig von einer Reihe an Kriterien wie Feuchtegehalt, Porosität und Alter des Betons.

Expositionsklassen Beton geben Orientierung

In Europa gibt die DIN EN 206-1 vor, wie die Ausprägungen unterschiedlicher Umwelteinflüsse in so genannten Expositionsklassen Beton klassifiziert werden. Diese sind nicht exklusiv, auf ein Bauwerk können also mehrere Expositionsklassen zutreffen. Je Klasse sind in der Norm Grenzwerte unter anderem für Wasserzementwert, Mindestzementgehalt oder Luftgehalt des Betons vorgegeben, um die Dauerhaftigkeit des eingesetzten Betons für alle erdenklichen Anwendungsfälle sicherzustellen. Die Carbonatisierung des Betons ist in der

Expositionsklasse XC „Bewehrungskorrosion durch Carbonatisierung“	Bedingungen	Beispiele für die Einordnung
XC1	Trocken oder ständig nass	Bauteile in Innenräumen mit üblicher Luftfeuchte (z. B. Bad, Küche, Waschküche); Beton, der ständig unter Wasser ist
XC2	Nass, selten trocken	Teile von Wasserbehältern, Gründungsbauteile
XC3	Mäßige Feuchte	Bauteile mit häufigem/ständigem Zugang zur Außenluft (z. B. offene Hallen, Innenräume mit hoher Luftfeuchtigkeit, gewerbliche Küchen und Bäder, Wäschereien, Feuchträume von Hallenbädern und Schwimmbädern etc.)
XC4	Wechselnd nass und trocken	Außenbauteile mit direkter Beregnung

Expositionsklasse XC für Beton nach DIN EN 206-1

Klasse XC zusammengefasst.

Im Rahmen der Überarbeitung der Norm EN 206 wird in der zuständigen Arbeitsgruppe des Europäischen Komitees für Normung derzeit ein neuer Ansatz diskutiert, um die Dauerhaftigkeit von Beton sicherzustellen: die Einordnung in Widerstandsklassen, bei der die Eindringgeschwindigkeit der Carbonatisierungsfront in den Beton zugrunde liegt. Erste Versuche zur Einstufung verschiedener Betonsorten werden derzeit vielerorts in der Praxis durchgeführt – unter anderem bei der Holcim HüttenZement GmbH in Dortmund.

Die Ermittlung der Carbonatisierungstiefe

Wie in den meisten Branchen nähert man sich der Lebensdauervorhersage über die künstliche Alterung. Hierzu werden die Prüfkörper – Betonwürfel oder -balken – 28 Tage in Wasser gelagert. Anschließend trocknen sie unter Normalklima (20 °C, 65% rh) 14 Tage im Klimaschrank oder Klimaraum, bevor das Team um Laborleiterin Dr. Christine Eckhardt sie für 70 Tage bei 20 °C, 55 % rh und 3 % CO₂ im Memmert Konstantklimaschrank ICH750C lagert. Nach 56, 63 und 70 Tagen wird die Carbonatisierungstiefe gemessen.

Dafür wird der Prüfkörper gespalten und die Prüffläche mit einem Indikator besprüht. Im hoch basischen pH-Bereich färbt sich die Fläche rot-violett (siehe Abbildung), es ist also ausreichender Korrosionsschutz gegeben, im Eindringbereich des CO₂ bleibt die Fläche farblos. Die Messung der Carbonatisierungstiefe erfolgt mit einer klassischen Schieblehre.

Flexibler, mobile Klimaraum: Memmert Klimaschrank ICH

Der Memmert Klimaschrank ICH C, in dem die Betonwürfel im Konstantklima mit CO₂ begast werden, ist mit Teleskopauszügen und verstärkten Edelstahl-Gitterrosten ausgestattet, um das Maximum aus den verfügbaren 749 Litern Innenraumvolumen herauszuholen. Rund 50 Kilogramm Gewicht liegen auf einem Rost, jeder Prüfkörper



Betonausbruch mit Carbonatisierung bis hinter die oberste Bewehrungslage, Nachweis mit Phenolphthaleinlösung (<https://commons.wikimedia.org/w/i>)

Baustoffprüfung im Trockenschrank

Julius Berger Nigeria Plc nutzt zahlreiche Memmert Trockenschränke für die Konditionierung und Trocknung der Baustoffproben.

[mehr Information](#)

wiegt alleine 12 Kilogramm. Frau Dr. Eckhardt schätzt besonders die Flexibilität ihres Klimaschranks. „Der ICH ist quasi semi-mobil einsetzbar, denn er kann problemlos von einem Raum in den anderen umgesetzt werden. Er besitzt eine eigene Klimateinheit, die CO₂-Zufuhr ist separat zuschaltbar, ich brauche also keine riesige Klimakammer bzw. muss nicht den gesamten Raum klimatisieren, um meine Versuche zur Carbonatisierung durchzuführen.“

AtmoSAFE bedankt sich bei der Holcim HüttenZement GmbH in Dortmund, insbesondere bei Frau Dr. Christine Eckhardt, für die freundliche Unterstützung bei der Erstellung dieses Artikels.

Themenschwerpunkte in der Übersicht

- Betonprüfung, Baustoffprüfung, Betontest
- Carbonatisierung, Carbonatisierungstiefe
- Carbonatisierungsfront
- Künstliche Alterung
- Memmert Klimaschrank

Memmert Laborgeräte für die Materialprüfung

Wärmeschrank (Trockenschrank)

UN/UF

Vakuumtrockenschrank VO

Konstantklima-Kammer HPP

Konstantklimaschrank ICH

Klimaprüfschrank CTC

Temperaturprüfschrank TTC

Feuchtekammer HCP

Quellen und Basiswissen:

www.baunetzwissen.de

www.beton.org

http://www.dafstb.de/akt_Fachkolloquium_2015_Widerstandsklassen.html

Autor: Memmert GmbH + Co. KG

www.atmosafe.net > [Anwendungen](#) > [Materialtests](#) > [Carbonatisierung](#)

AtmoSAFE is a brand of Memmert GmbH + Co. KG
Copyright © 2009 Memmert GmbH + Co. KG.
All Rights Reserved.



memmert
Experts in Thermostatics