

**Projekt 201807****Sicherstellung der Dauerhaftigkeit von Stahlbetonbauten bei Karbonatisierung**

Projektdauer 2019 – 2020 (12 Monate)

Projektteam: Prof. Dr. Ueli Angst, Dr. Matteo Stefanoni, Prof. Dr. B. Elsener. ETH Zürich.

**Ausgangslage**

Stahlbeton ist praktisch immer CO<sub>2</sub> aus der Umwelt ausgesetzt, was grundsätzlich zur Betonkarbonatisierung und damit potenziell zur Bewehrungskorrosion führen kann. Dies wird in den aktuellen Europäischen (und Schweizer) Normen mit den Expositionsklassen XC abgebildet. Das Konzept zur Sicherstellung der Dauerhaftigkeit mit diesem Normvorgehen ist es, sicherzustellen, dass die (mittlere) Karbonatisierungstiefe die Bewehrung während der geplanten Lebensdauer nicht bzw. höchstens sehr spät erreicht. Die anschliessende Phase des Korrosionsfortschritts wird dabei nicht berücksichtigt. Dies ist ein sehr konservativer Ansatz, der möglicherweise zu unnötig hohen Überdeckungen bzw. Zementgehalten im Beton führt.

**Zielsetzung des Projektes**

Mit diesem Projekt soll der bisher in den Normen nicht berücksichtigte Aspekt des Korrosionsfortschritts untersucht werden. Aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse und Entwicklungen bieten hier neue Möglichkeiten, diesen Aspekt quantitativ zu betrachten.

**Methodik und Vorgehen**

In einer an der ETH Zürich durchgeführten Dissertation wurde ein physikalisch-chemisches Modell entwickelt, welches die Korrosionsgeschwindigkeit im karbonatisierten Beton vorhersagen kann (M. Stefanoni, U.M. Angst, B. Elsener, «Kinetics of electrochemical dissolution of metals in porous media» Nature Materials 2019, 18, 942). Im Gegensatz zu verbreiteten Ansätzen, welche die Korrosionsgeschwindigkeit in Abhängigkeit von empirischen Parametern wie beispielsweise dem spezifischen elektrischen Betonwiderstand ausdrücken, basiert das vorgeschlagene Modell auf theoretischen Überlegungen zu den elektrochemischen Korrosionsvorgängen sowie Transportprozessen im Zementstein der Korrosionsprodukte (Porenstruktur, Wassersättigung, etc.). Dadurch kann die Zuverlässigkeit des Modells gegenüber herkömmlichen, empirischen Modellen deutlich verbessert werden.

Die Methodik dieses Projekts besteht im Wesentlichen darin, bewehrte und karbonatisierte Betonprüfkörper unter verschiedenen klimatischen, im Labor simulierten Bedingungen auszulagern. Während der Auslagerung wird die Korrosionsgeschwindigkeit mit etablierten elektrochemischen Verfahren zerstörungsfrei gemessen. Diese experimentellen Ergebnisse werden anhand des entwickelten theoretischen Modells für die Korrosionsgeschwindigkeit ausgewertet.

Untersucht werden die folgenden Systeme:

Vier verschiedene Zemente:     - CEM I  
                                      - CEM II/B-M(T-LL)  
                                      - CEM II/B-LL  
                                      - CEM III/B

Zwei verschiedene w/b Werte: - w/b = 0.5  
                                      - w/b = 0.6

### Erste Zwischenergebnisse

Erste Resultate sind in Abb. 1 dargestellt. Die Daten zeigen im Wesentlichen, dass der Einfluss der untersuchten Zementsorten sowie der w/b Werte eher untergeordnet ist. Der entscheidende Parameter für die Korrosionsgeschwindigkeit ist die Expositionsfeuchte.

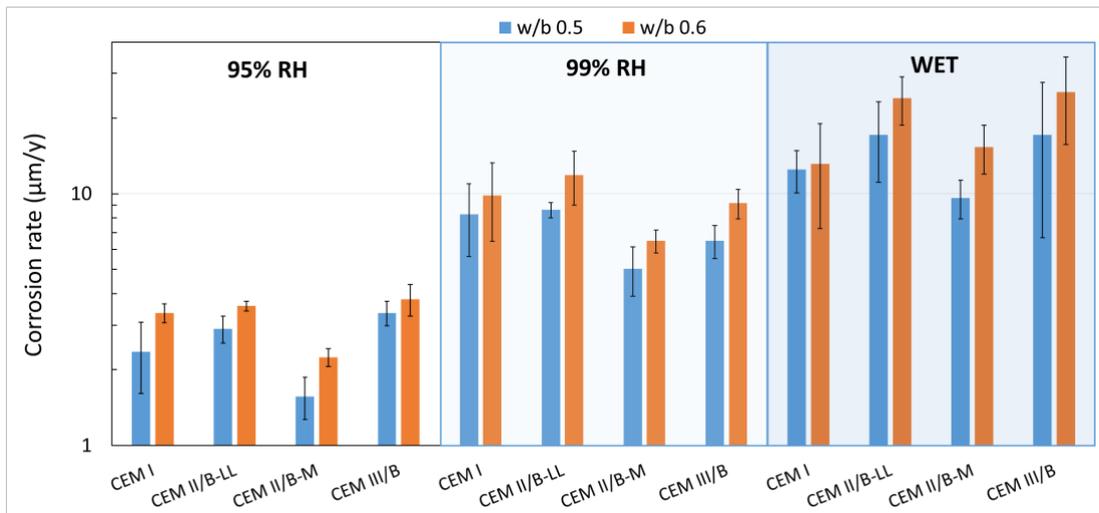


Abbildung 1. Vergleich der Korrosionsgeschwindigkeit in verschiedenen karbonatisierten Mörteln und in Abhängigkeit der Feuchtigkeitsbedingungen.

### Erkenntnisse für Wissenschaft, Praxis und Öffentlichkeit

Basierend auf diesen ersten Erkenntnissen kann gefolgert werden, dass künftige Ansätze in Wissenschaft und Ingenieurwesen vermehrt den Fokus auf die Kontrolle des Feuchtezustands am im Beton eingebetteten Bewehrungsstahl legen sollen. Unter gewissen Bedingungen kann die Korrosionsgeschwindigkeit somit so stark reduziert werden, dass die Phase des «Korrosionsfortschritts» bei der Sicherstellung der Dauerhaftigkeit über die Lebensdauer mitberücksichtigt werden kann.

### Bedeutung für Forschung und Praxis: Innovation

Wir erwarten, mit diesem Projekt für praxisrelevante Systeme (Zemente, w/b Werte) die wissenschaftliche Datenbasis zu legen, um damit das aktuelle Normkonzept aus einer neuen Perspektive zu beleuchten und zu überprüfen. Gegebenenfalls können die Empfehlungen der Schweizer Normen (SIA 262, SIA 262/1) optimiert werden.