

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Forschungsvereinigung:	VDZ Technology gGmbH (Zementwerke)
Forschungseinrichtung 1:	VDZ Technology gGmbH Forschungsinstitut der Zementindustrie
Forschungseinrichtung 2:	Technische Universität München School of Engineering and Design Centrum Baustoffe und Materialprüfung Lehrstuhl für Werkstoffe und Werkstoffprüfung im Bauwesen
IGF-Vorhaben-Nr.:	21789 N
Bewilligungszeitraum	01.05.2021 – 31.10.2023
Veröffentlicht VDZ-Webseite	<a href="https://www.vdz-online.de/wissensportal/forschungsprojekte/dauerhaftigkeit-von-beton-nach-dem-performance-prinzip-zustandserfassung-projekt-1-objekt-sammlung">https://www.vdz-online.de/wissensportal/forschungsprojekte/dauerhaftigkeit-von-beton-nach-dem-performance-prinzip-zustandserfassung-projekt-1-objekt-sammlung</a>

Forschungsthema:

## **Dauerhaftigkeit von Beton nach dem Performance-Prinzip – Zustandserfassung (Projekt 1: Objektsammlung)**

### **1 Hintergrund und Ziele des Projektes**

Mit der europäischen Betonnorm DIN EN 206-1:2000 und den deutschen Anwendungsregeln DIN 1045-2:2001 wurde für die Dauerhaftigkeit der Betonbauwerke eine europäisch abgestimmte Systematik hinterlegt. In den europäischen Normen DIN EN 1992-1-1:2005 und DIN EN 1990:2002 werden z. B. folgende Anforderungen an die Dauerhaftigkeit gestellt: „Ein Tragwerk ist so zu planen und auszuführen, dass es in der vorgesehenen Nutzungszeit mit angemessener Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit den möglichen Einwirkungen und Einflüssen standhält und die geforderten Gebrauchseigenschaften behält. Die Anforderungen an ein angemessen dauerhaftes Tragwerk sind erfüllt, wenn dieses während der vorgesehenen Nutzungsdauer seine Funktion hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit ohne wesentliche Verluste erfüllt.“ Zur Umsetzung kommen bisher überwiegend deskriptive Ansätze zur Anwendung.

Die Einführung leistungsbezogener Nachweise als Alternative zu den deskriptiven Regeln des Betonbaus kann eine sinnvolle Ergänzung darstellen. Das Regelwerk des Betonstraßenbaus z.B. sieht seit einigen Jahren zur Vermeidung einer schädigenden Alkali-Kieselsäure-Reaktion Performanceprüfungen der Betone vor. Ähnlich ist es bei Bahnschwellen aus Beton. In beiden Fällen leisten diese Konzepte gute Dienste: Seit ihrer Einführung werden Schäden sicher vermieden. Das ist ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Verwendung des Betons. In weiten Teilen des Betonbaus wird das Thema Dauerhaftigkeit derzeit dagegen durch deskriptive Regeln (maximaler Wasserzementwert, Mindestzementgehalt, Mindestdruckfestigkeitsklasse, Mindestbetondeckung) behandelt. Die nächste Ausgabe des Eurocode 2 beinhaltet mit den „Exposure Resistance Classes, ERC“ nun auch ein Konzept für einen leistungsbezogenen Nachweis der Dauerhaftigkeit. Im Deutschen Ausschuss für Stahlbeton DAfStb wird die Frage behandelt, ob und wie dieses Konzept in Deutschland umgesetzt werden könnte. Zwei Aspekte sind dabei wichtig: Widersprüche zum deskriptiven Ansatz sollten sich in Grenzen halten und bereits Erreichtes bei der Dekarbonisierung und der Ressourceneffizienz darf nicht konterkariert werden.

Vor diesem Hintergrund wurde in diesem Forschungsvorhaben untersucht, welche rechnerische Zuverlässigkeit bezüglich dauerhaftigkeitsrelevanter Eigenschaften bei Wasserbauwerken, Brücken-/Ingenieurbauwerken und Hochbauten nach den zugrunde gelegten Regelwerken erreicht wurden. Die „Bemessung“ auf Dauerhaftigkeit der Bauwerke erfolgte während der Planung nach deskriptiven Vorgaben (Hochbauten nach DIN EN 1045:2001, Wasserbauwerke nach ZTV W LB 215 und Brücken-/Ingenieurbauwerke nach ZTV-ING).

## 2 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten für die untersuchten Bauwerke, dass unter Rückgriff auf die deskriptiven Vorgaben in DIN EN 1045:2001 für normale Hochbauten, in ZTV W LB 215 für Wasserbauwerke und in ZTV-ING für Brücken-/Ingenieurbauwerke - bei Anpassung an die projektspezifischen Gegebenheiten - im Allgemeinen ein hohes Zuverlässigkeitsniveau erreicht wurde.

Der Zuverlässigkeitsindex bei Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung lag an den Wasserbauwerken bei  $> 2,3$ . Dieser Wert charakterisiert ein sehr niedriges Risiko für Bewehrungskorrosion. Ähnlich hohe und teilweise höhere Zuverlässigkeitsindizes (mit wenigen Ausnahmen) wurden an Brückenbauwerken und Hochbauten bei Betrachtung der Bewehrungskorrosion durch Karbonatisierung bestimmt. Dabei ist insbesondere bei den Hochbauten zu berücksichtigen, dass diese nicht mit der Grenzrezepturen der Betonnorm hergestellt wurden.

Von den untersuchten Brückenbauwerken waren nur wenige Bauteile (normalerweise die Mittelpfeiler) einer starken Chlorideinwirkung ausgesetzt. Die Chloridprofile aus Mittelpfeilern zeigten Chloridgehalte im Beton, die teilweise deutlich oberhalb von 0,5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt lagen. Aus Sicht eines Infrastrukturbetreibers weisen die deskriptiven Vorgaben bei starker Chloridbelastung (XD3) zum Teil Defizite auf. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn der Anteil latent-hydraulischer bzw. puzzolanischer Stoffe in Zement bzw. Beton gering ist. Obwohl die Brückenüberbauten im Bereich der Fahrspuren durchaus im

Sprühnebelbereich liegen, konnten in der Betonrandzone der Überbauten nach 10-15 Jahren Nutzung keine Chloridgehalte über dem Schwellenwert von 0,5 M.-% bezogen auf den Zementgehalt festgestellt werden.

Die Untersuchungen an allen drei Bauwerkstypen zeigten, dass mit den am Markt verfügbaren Zementen und Betonen ein hohes Zuverlässigkeitsniveau erreicht werden kann. Voraussetzung für ein hohes Zuverlässigkeitsniveau sind neben der entsprechenden Betonzusammensetzung die Einhaltung der Betondeckung sowie eine sorgfältige Bauausführung (insbesondere Nachbehandlung). Für Bauteile mit zu niedriger Betondeckung wurden vergleichsweise geringere Zuverlässigkeiten ermittelt, die unterhalb der geforderten Mindestzuverlässigkeiten liegen.

### **Förderhinweis**

Das IGF-Vorhaben Nr. **21789 N** der VDZ Technology gGmbH, Toulouser Allee 71, 40476 Düsseldorf wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.