

...realistisch simulieren – naturgetreu testen



Baustoffprüftechnik

zur Beurteilung des AKR-Schädigungspotentials



Feutron-Klimasimulationskammer für Performance-Prüfverfahren zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Beton

Eine Prognose der Dauerhaftigkeit von Beton anhand von Erfahrungswerten (description-Prinzip) wird durch die Anwendung neuer Bindemittelsysteme, Betonarten und Bauweisen und durch steigende Belastungen aus der Nutzung zunehmend schwieriger. Die für ein Betonbauwerk tatsächlich erzielte Dauerhaftigkeit ist immer das Ergebnis einer Vielzahl veränderlicher Einflussfaktoren in Wechselwirkung mit den jeweilig einwirkenden Umgebungsbedingungen. Für Performance-Prüfverfahren ist daher die Zielstellung abzuleiten, die Dauerhaftigkeit von Beton möglichst konsequent in Abhängigkeit von:

- der vorgesehenen Betonzusammensetzung
- den Erhärtungsbedingungen (Temperatur, Art und Dauer der Nachbehandlung)
- den zu erwartenden Nutzungsbedingungen zu beurteilen.

Die auf frei bewitterte Außenbauteile aus Beton einwirkenden Umgebungsbedingungen beanspruchen den Baustoff Beton durch häufige Feuchte- und Temperaturwechsel und können zu thermischen und hygrischen Zwangsbeanspruchungen, zum Stoffaustausch mit der Umgebung sowie zu Transport-, Lösungs- und Reaktionsvorgängen im Betongefüge führen. Bei nicht sachgerecht zusammengesetzten und/oder hergestellten Betonen können diese Vorgänge Schadensmechanismen auslösen, die die Dauerhaftigkeit des Bauwerks beeinträchtigen, seine Nutzungsdauer reduzieren und aufwändige Sanierungsmassnahmen erforderlich machen.

Zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit von Betonen für Außenbauteile wurde am F.A. Finger-Institut für Baustoffkunde (FIB) erfolgreich die Beanspruchung von Betonprobekörpern durch alternierende Feuchte- und Temperaturwechsel zur Simulation mitteleuropäischer Klimabedingungen erprobt, um zeitraffend die Vorgänge zu provozieren, die während der Nutzung durch komplex einwirkende Umgebungsbedingungen im Beton ausgelöst werden.

Diese sog. Klimawechsellagerung wird inzwischen mit hoher Präzision hinsichtlich der festgelegten

Prüfbedingungen in einer speziellen Klimasimulationskammer (Bild 1) durchgeführt, die gemeinsam mit der Thüringer Firma Feutron Klimasimulation entwickelt wurde und die seit Dezember 2001 am FIB im Einsatz ist.

Das Ziel der am FIB entwickelten Klimawechsellagerung ist es, die Neigung projektspezifischer Betone zu betonschädigenden Reaktionen (**Alkali-Kieselsäure-Reaktion**, verspätete Ettringitbildung) und Gefügeveränderungen zu beurteilen und eine dadurch eingeschränkte Dauerhaftigkeit bereits im Vorfeld von Baumaßnahmen zu erkennen.

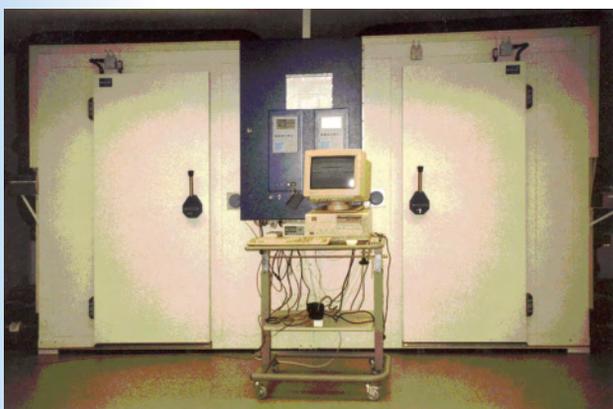
Für die aktuelle Problematik der Vermeidung einer betonschädigenden AKR wurde in umfangreichen Vorversuchen schrittweise ein spezielles Klimawechsellagerungsprogramm entwickelt.

Ein Zyklus dieser AKR-Klimawechsellagerung dauert 21 Tage und besteht aus Trocknungs-, Befeuchtungs- und Frost-Tau-Wechsel-Phase (Bild 2). Nach bisherigen Erfahrungen sind 6 bis 8 Zyklen erforderlich, um die Dauerhaftigkeit projektspezifischer Betone hinsichtlich AKR beurteilen zu können. Die erforderliche Zyklenanzahl ist dabei sowohl von der Betonzusammensetzung, insbesondere vom wirksamen Alkaligehalt und von der Alkaliempfindlichkeit der verwendeten Gesteinskörnung abhängig als auch von spezifischen Nutzungsbedingungen wie Alkalizufuhr von außen durch Taumittelauftrag z.B. bei Rollwegen auf Flughäfen oder Betonfahndecken.

Die FIB-Klimawechsellagerung wird an Betonbalken (10x10x40 cm³) durchgeführt. Als zerstörungsfreie Beurteilungskriterien hinsichtlich Beginn und Intensität von betonschädigenden Reaktionen und Gefügeveränderungen werden irreversible Dehnungen und Massezunahmen sowie der Abfall des dynamischen E-Moduls herangezogen. Es erfolgt außerdem eine augenscheinliche Beurteilung der Probekörper hinsichtlich Rissbildung, Verfärbung, Abwitterung, Gelastritt, Auftreten von "popouts" und Verformungen. Vor den Messungen werden die Betonprobekörper auf 20°C temperiert, um den Einfluss der Temperatur, insbesondere auf die Dehnungsmessung, zu eliminieren. Der für den Betonversuch mit Nebelkammerlagerung nach Alkali-Richtlinie T. 3 festgelegte Dehnungsgrenzwert von 0,6 mm/m wurde daher um den Anteil der reinen Temperaturdehnung auf 0,4 mm/m reduziert.

Für AKR-Untersuchungen mittels Klimawechsellagerung an Betonen nach ZTV-Ing ohne nutzungsbedingte Alkalizufuhr von außen wird die in der Befeuchtungsphase angestrebte intensive Feuchtezufuhr durch aufsteigenden Nebel über einem temperierten Taupunkt-Wasserbad am Boden der Klimasimulationskammer erreicht. Diese Art der Nebelerzeugung verhindert unerwünschte Auslaugungseffekte, wie sie bei herkömmlichen Sprühnebelssystemen mit Aerosolbildung auftreten.

Bild 1



AKR-Untersuchungen für Bauvorhaben im Verkehrswegebau (ZTV Beton-StB-01, ARS 12/2006) betreffen dagegen Betone, die während der Nutzung mit alkalihaltigen Taumitteln behandelt werden. Für derartige Anwendungsfälle erfolgt während der Befeuchtungs- und Frost-Tau-Wechsel-Phase in jedem Zyklus der Klimawechsellagerung zusätzlich eine Beaufschlagung der Probekörper mit Taumittellösung (Bild 3). Die stärkere Feuchtedehnung der Betone bei Taumittel-einwirkung wird durch einen erhöhten Dehnungsgrenzwert von 0,5 mm/m berücksichtigt. Nach Abschluss der Klimawechsellagerung werden zur Feststellung und Bewertung von Gefügeveränderungen

und Phasenneubildungen lichtmikroskopische Untersuchungen (Polarisationsmikroskop) an Dünnschliffen sowie rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen (REM/ESEM; EDX) an Bruchflächen durchgeführt (Bild 4, Bild 5). Die FIB-Klimawechsellagerung als Performance-Prüfverfahren zur Beurteilung der Dauerhaftigkeit projektspezifischer Betone hat sich als geeignet erwiesen, vermeidbare baustoffliche Schädigungspotentiale bereits im Vorfeld von Baumaßnahmen zu erkennen und damit zu einer hohen Lebensdauer von Betonbauwerken beizutragen, insbesondere im Brücken- und Verkehrswegebau.

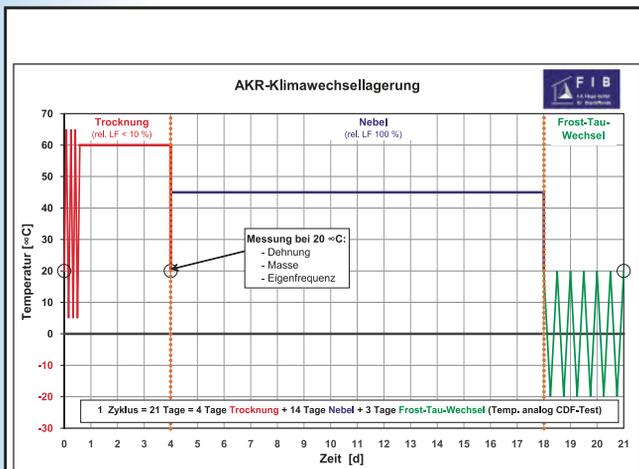


Bild 2: Schematische Darstellung der zeitlichen Änderung von Temperatur- und Feuchtebedingungen bei Klimawechsellagerung; 1 Zyklus - Dauer 21 Tage, mind. 6 Zyklen (ca. 20 Wochen) zur prognostischen Beurteilung erforderlich

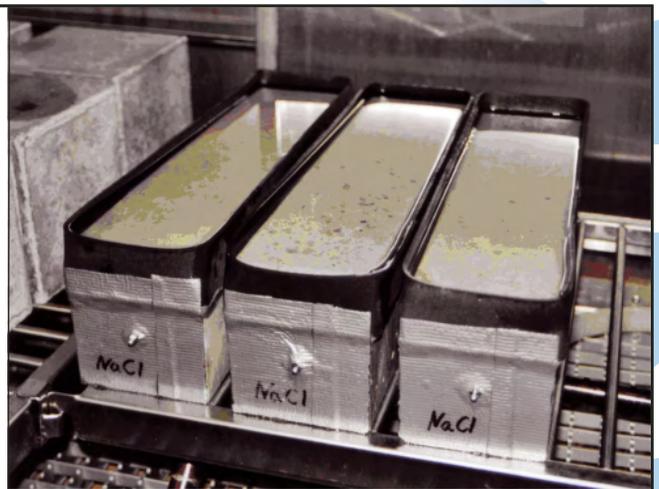


Bild 3: Alkalizufuhr von außen durch Taumittelbeaufschlagung (Probenpräparation analog schwedischem slab-Test)

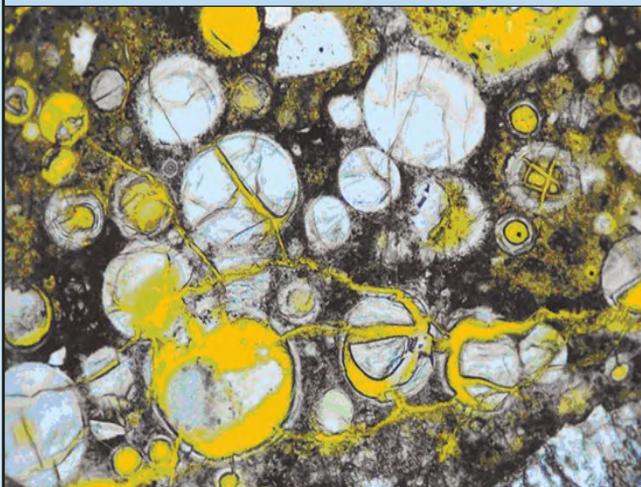


Bild 4: Dünnschliffaufnahme mittels Polarisationsmikroskop Fahrbahndeckenbeton mit AKR-Gel im Luftporensystem

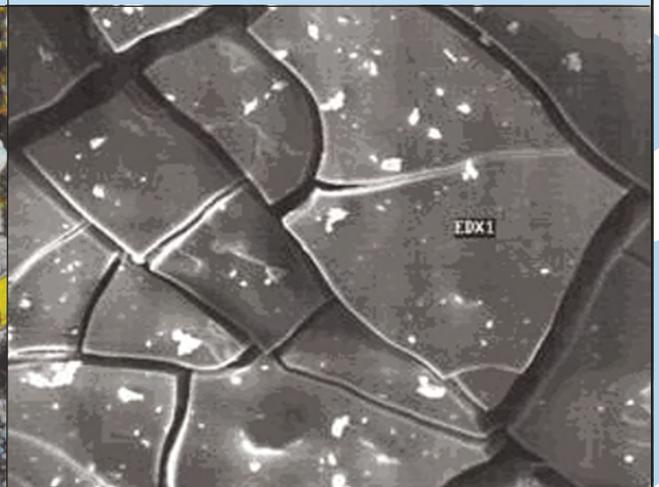


Bild 5: REM-Aufnahme Bruchfläche Fahrbahndeckenbeton mit schollenartig gerissenem AKR-Gel

Literatur

- [1] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Allgemeines Rundschreiben Straßenbau Nr. 12/2006, Sachgebiet 06.1: Straßenbaustoffe; Anforderungen, Eigenschaften / Sachgebiet 06.2: Straßenbaustoffe; Qualitätssicherung
- [2] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton - DAfStb: Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-reaktion im Beton. DAfStb - DIN, Berlin, 2001 (Alkali-Richtlinie)
- [3] Stark, J. und Wicht, B.: Dauerhaftigkeit von Beton - Der Baustoff als Werkstoff. Basel, Birkhäuser Verlag, 2001

Weitere Einsatzmöglichkeiten:

Es können nationale und internationale genormte Prüfverfahren in den Prüfkammern mit verschiedenen Größen, z.B. von 600 l bis 5m³, durchgeführt werden. Der Anwender kann die zeitlichen Abläufe sowie die Temperatur- und Feuchtebedingungen flexibel seinen Anforderungen und Normen anpassen.

1. Alkali-Richtlinie des DAfStb (gültige/überarbeitete Fassung):
 - a) Betonversuch mit Nebelkammerlagerung bei 40 °C
 - b) Betonversuch bei 60 °C über Wasser (60 °C-Betonversuch)
 - c) Schnellprüfverfahren (80 °C) - Gesteinskörnungsprüfung
 - d) Mörtelschnelltest (70 °C) - Gesteinskörnungsprüfung
2. Norm NF P-18-454, 05-2004.
Reaktionsvermögen eines Betons auf Alkalireaktion-Performance-Prüfung, Association Francaise de Normalisation
3. verschiedene Frostprüfung
(Prüfung von Gesteinskörnungen, schwedischer slab-Test etc.)

Die Trocknungs- und Frostfunktionen können variabel für anderweitige Untersuchungen verwendet werden.

Die Klimaprüfkammern ermöglichen die komplette Realisierung von Wärmebehandlungsprogrammen nach der Wärmebehandlungsrichtlinie des DAfStb von 1989 mit Vorlagerung, Aufheizen, Durchwärmen und Abkühlen.

Innovativ ist die Möglichkeit, an Probekörpern die in massiven Bauteilen während der Anfangserhärtung auftretenden erhöhten Temperaturen infolge Eigenwärmeentwicklung und/oder sommerlicher Witterungsbedingungen anhand gemessener oder berechneter Temperaturverläufe zu simulieren und nachfolgend Untersuchungen zur Dauerhaftigkeit durchzuführen.

Mit der Klimaprüfzelle können Untersuchungen zum gesamten Problemkomplex "Einfluss erhöhter Temperaturen während der Hydratation auf die Eigenschaften und die Dauerhaftigkeit des erhärteten Betons" durchgeführt werden.

Produktionsprogramm

Temperaturprüfkammer
Klimaprüfkammer
Frost/ Tauprüfkammer
Temperatur- und Lagerprüfkammer
Prüfzellen
Temperatur - Klima - Licht - Nebel - Frost - Tauwechsel
Lagerzellen
Kundenspezifische Sonderanlagen



Klimaprüfkammer mit Sonnenlichtsimulation

Frost-Tau-Wechselprüfkammer

Doppelprüfkammer 600 l

