

Ermittlung und Signalisierung von korrosionsauslösenden Bauwerksparametern mit Hilfe von draht- und energieloser Sensorik

Bauwerke werden trotz umfangreicher Maßnahmen unter Beachtung von entsprechenden Expositionsclassen immer stärker mit klimatischen, mechanischen und chemischen Belastungen konfrontiert. Dazu kommen nicht vermeidbare konstruktive und baustofftechnische Schwachstellen hinzu – nichts hält ewig.

Um den gestiegenen Anforderungen an das Bauwerk gerecht zu werden, muss dessen Zustand regelmäßig überprüft werden. Aus den Erfahrungen der letzten Jahrzehnte wird deutlich, dass der Betreiber und Besitzer von Bauwerken einfache und verständliche Aussagen über den IST-Zustand erwarten. In diesem Zusammenhang sind folgende Kenngrößen maßgeblich für die Bewertung des Bauwerkszustandes:

- Feuchtigkeit
- Potentiale
- Korrosive Einflüsse im Bereich der Bewehrung

Kenngröße „Feuchtigkeit“

Um beurteilen zu können, ob die im Beton vorhandene Feuchtigkeit gut oder schlecht für das Bauwerk ist, muss eine Möglichkeit geschaffen werden eine, sowohl quantitative als auch qualitative Messung innerhalb des Betons einfach durchführen zu können.

Die Beurteilung der Feuchtigkeit durch Messsysteme an Oberflächen von Bauwerken hat sich für die Feuchtebestimmung im Inneren des Betonbauwerkes und damit eine Bewertung hinsichtlich der Dauerhaftigkeit als nicht tauglich erwiesen. Man muss die Messung im Baustoff direkt vornehmen. Hierbei spielt die Zugänglichkeit und Messtiefe eine große Rolle.

Eine Möglichkeit, den Wassergehalt im Beton zu bestimmen, besteht in der Messung des Elektrolytwiderstandes, der stark mit dem Wassergehalt korreliert. Dabei ist zu beachten, dass bei der Bestimmung der Feuchtigkeit innerhalb des Betons mit Hilfe der Elektrolytwiderstandsmessung Abhängigkeiten von der Temperatur des Elektrolyten und die Porenraumstruktur zu berücksichtigen sind. Um ein quantitatives Messergebnis zu ermitteln, gibt es zwei Möglichkeiten:

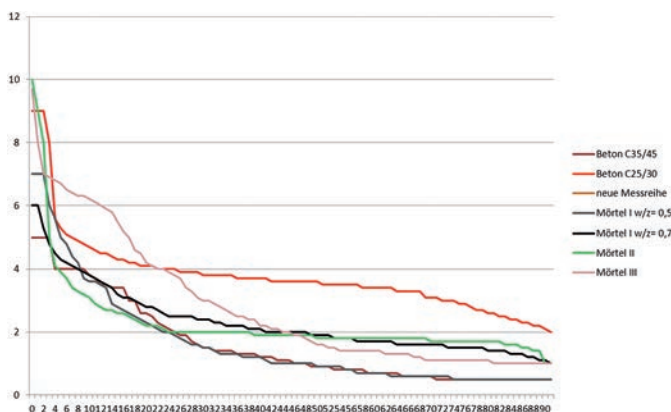


Bild 1 Grafik Baustoffkennwert

- Erstellung baustoffspezifischer Kalibrierkurven beim Neubau von Bauwerken
- Indirekte Bestimmung durch Messung der Feuchtigkeit des Ankopfmörtels der Sensorik bei der Instandsetzung von Bauwerken (Bild 1)

Kenngröße „Potential“

Sowohl bei der Erstellung von Bauwerken, als auch bei der Instandsetzung spielen Potentiale eine große Rolle. Änderungen der Elektrochemie im Inneren des Bauwerkes haben immer einen schädigenden Hintergrund, da dadurch die Passivierung des Bewehrungsstahls aufgehoben wird. Diese Tatsache wird bei der Potentialfeldmessung genutzt, um aktive Korrosionsherde zu detektieren. Bei dieser Messmethode ist Korrosion schon eingetreten und der direkte Kontakt zum Beton muss gewährleistet sein.

Für eine frühzeitige Bewertung des Bauwerkszustandes, bzw. für eine Bewertung der Instandsetzung ist es wichtig, aus dem Inneren des Betons die elektrochemischen Potentiale zu kennen. Dazu müssen, unabhängig von der Bewehrung, Potentiale ähnlich der Potentialfeldmessung erfasst werden. Für die Erfassung der Potentiale wird die Spannungsdifferenz innerhalb der elektrochemischen Spannungsreihe genutzt, wobei hier für die Sensorik materialspezifische Anforderungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit zu beachten sind (Bild 2).

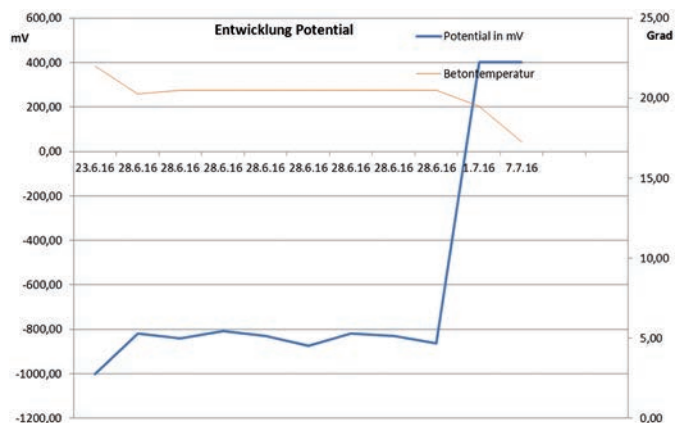


Bild 2 Grafik Potentialentwicklung nach dem Betonieren

Kenngröße „Korrosive Einflüsse“

Um sicher korrosive Einflüsse im Bereich oberhalb der Bewehrung erfassen und bewerten zu können, wird die sogenannte Stellvertreterkorrosion angewendet.

Die Korrosion eines Sensordrahtes stellt sicher, dass ein definiertes Ereignis stattgefunden hat. Die schädigenden Einflüsse die auf den Sensordraht wirken, werden später mit Sicherheit auch die Bewehrung angreifen. In dem Zusammenhang ist es wichtig, eine Flächenaussage über korrosive Einflüsse zu bekommen (Bild 3).

Erfassung der Daten aus dem Bauwerk

Um massive Aufwendungen bei der Installation von Sensorsystemen zu vermeiden sowie eine extrem lange Funktion zu gewährleisten, haben sich draht- und energielose Sensorsysteme seit 10 Jahren in der Praxis bewährt. Hierbei wird mit der sogenannten RFID-Technologie (Radio Frequenz Identifikation) die

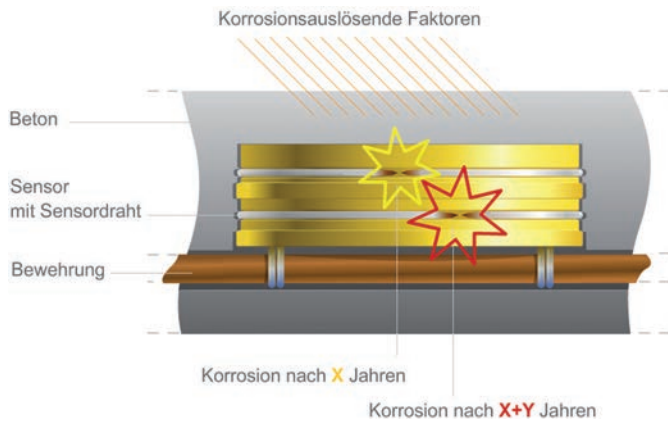


Bild 3 Funktionsprinzip Korrosionssensor

Energie für den Sensor und gleichzeitig die Übertragung der Daten aus dem Sensor sichergestellt. Das setzt aber voraus, dass die Datenerfassung vor Ort vorgenommen werden muss. Grundsätzlich wird damit sichergestellt, dass der Bauingenieur auch gleichzeitig die Belastungssituation (klimatisch/mechanisch) vor Ort kennt, um die Ergebnisse aus den Sensoren sicher bewerten zu können.

Übertragung und Signalisierung von Soll-Wert Abweichungen

Bei bestimmten baulichen Gegebenheiten (kein oder erschwerter Zugang zum Bauwerk) oder erhöhten wirtschaftlichen Aufwendungen (Einsatz von Unterfahrgerüsten) ist es erforderlich, die Daten der Sensoren vor Ort automatisch zu ermitteln, zu bewerten und entweder Daten zu übertragen oder Soll-Wert Abweichungen zu signalisieren. Dies geschieht mittels moderner energieautarker Sensornetzwerke. Die Signalisierung von Soll-Wert Abweichungen erfolgt per SMS, der Zugriff auf die übertragenen Daten per I-Net (Bilder 4 u. 5).

Projektausführung am Beispiel einer Brücke

Ausgangslage:

Durch eine undichte Entwässerung der Brücke ist chloridbelastetes Oberflächenwasser in den Brückenhohlkasten eingedrungen. Bis zur nächsten Brückeninspektion stand auf eine Länge von ca. 40 m das Oberflächenwasser im mittleren Brückenabschnitt. Nach der Inspektion wurde der betroffene Abschnitt des



Bild 4 Daten-Fernabfrage per Funk



Bild 5 Signalisierung per SMS

Brückenhohlkastens trockengelegt und anschließend eine Bauwerksuntersuchung durchgeführt. Als Ergebnis wurden Chloridwerte bezogen auf den Beton von 3 bis 4 Masse % festgestellt.

Es standen folgende Alternativen zur Verfügung:

- Abriss der Brücke und Neubau
- Kathodischer Korrosionsschutz (aktiv)

BS2
Sicherheitssysteme

Ihr Spezialist für Bauwerksmonitoring.

Erkennen Sie Schäden & Mängel bevor es zu spät ist!

- Erhaltung der Bausubstanz und damit nachhaltige Sicherung der Investitionen
- Minimierung von Wartungs- und Instandsetzungskosten
- Nachweis für die Qualität des Bauwerks bzw. den Erfolg einer Instandsetzungsmaßnahme
- Maßgeblicher Beitrag zur Sicherheit des Bauwerks

corroDec
2G

Feuchtigkeitssensor

Korrosionssensor

✓ Einfache Bedienung & Auswertung
✓ Drahtlos & Energieelos
✓ Fernabfragbar
✓ Nachrüstbar

W. www.bs2-sicherheitssysteme.de

T. 06742 921 453



Bild 6 Fertig montiertes Schwellwert-Überwachungssystem

- Elektrochemischer Chloridentzug
- Feuchtigkeit und korrosive Einflüsse beobachten

Der Auftraggeber hat sich nach den Ergebnissen der Bauteilöffnung für das Prinzip „W-CL“ entschieden. Da ein ständiges Monitoring erforderlich ist, und sich der Abschnitt des Brückenhohlkastens in der Mitte der Brücke befindet, war die Forderung des Bauherren nach einer günstigen Schwellwertüberwachung mit einfacher Signalisierung umzusetzen.

Technische Konzeption

Für die technische Umsetzung wurden passive draht- und energiearme Sensorsysteme für die Erfassung von Feuchtigkeits- und Korrosionskennwerten eingesetzt. Als Abfragesystem für die Sensoren fungiert ein modifiziertes Datenerfassungsgerät, in diesem speziellen Fall mit einer Drahtanbindung an das Auswert- und Alarmierungssystem. Bei Schwellwertüberschreitung (Überschreitung eingestellter Schwellwert der Bauteilfeuchte; Korrosion eines Sensordrahtes) erfolgt eine Meldung per SMS an den Bauwerksbetreiber. Zusätzlich wurde ein Sensor für Oberflächenwasser in das System integriert (Bild 6).

Bauausführung

Nach Festlegung der Einbaustandorte des draht- und energiearmen Monitoringsystems wurden entsprechend den Vorgaben des Sensor-Herstellers Kernlochbohrungen (Standard Bohrkronen Innendurchmesser 100 mm) hergestellt und anschließend die entsprechenden Systeme mit Hilfe von Ankoppelmörtel montiert. Da hier der Brückenbestandsbeton beobachtet werden soll, erfolgte als Abschluss in den Kernlochbohrungen noch ein Verguss mit sehr dichtem und schwindfreiem Deckmörtel. Nach Ablauf der Hydratationszeit des Mörtels ist die gesamte Fläche des Hohlkastens mit einer Tiefen-Hydrophobierung behandelt worden. Im Anschluss wurde durch die Firma BS2 Sicherheitssysteme GmbH ein Schwellwert-Überwachungssystem installiert.

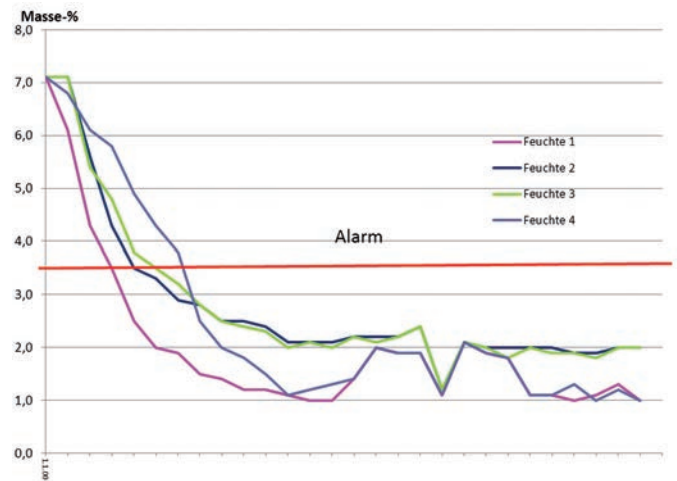


Bild 7 Feuchtigkeitsentwicklung der Sensoren mit festgelegtem Schwellwert für die Alarmierung

(Fotos/Abb.: BS2 Sicherheitssysteme)

Bei der technischen Konzeption waren vor allem die betrieblichen Belange der Bauherren zu beachten:

- Das System muss energieautark sein
- Es dürfen keine Betriebskosten für die Alarmierung anfallen
- Die Betriebskosten zum Warten der Anlage müssen gering sein
- Die Schwellwerte für die Feuchtigkeitsensoren müssen ohne besonderen Aufwand angepasst werden können
- Der Betreiber der Anlage muss selbst die Überprüfung der Funktion vornehmen können
- Der Betreiber der Anlage besitzt die Datenhoheit
- Zusätzlich soll ein erneutes Eindringen von Wasser alarmiert werden
- Die Auslesetechnik muss mechanischen Belastungen standhalten
- Die UVV-Vorgaben für den späteren Betrieb der Anlage sind zu beachten (Bilder 6 u. 7)

Zusammenfassung

Funktionsfähige und erprobte Sensorsysteme liegen ausreichend vor, um objektgegeben eine reale Erfassung der Bauwerkskenn-daten vorzunehmen bzw. eine Erfassung des kritischen Fortgangs der Bauwerkskenn-daten aufzuzeigen. Neben der Risikobewertung chloridbelasteter Bauwerke im Instandsetzungs-bereich, können die vorhandenen Monitoringsysteme im Neubau-bereich langfristig zu erheblichen Kosteneinsparungen führen, z. B. im Bereich des Beschichtungen-Monitorings.

Einen hohen Stellenwert besitzen Messdaten im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Mängelanzeigen. Die ermittelten Daten bieten den Bauherren Rechtssicherheit, sowie die Grundlage für eine zügige Instandsetzung der angezeigten und nachgewiesenen Mängel.

Das Frühwarnsystem „CorroDec®2G“ ist seit 2008 erfolgreich in ganz Europa bei Brücken, Tiefgaragen sowie Wasser- und Verkehrsbauwerken im Einsatz.

www.bs2-sicherheitssysteme.de