Forschung Xpress

Monitoring für massive Wasserbauwerke

Im Rahmen des BMDV-Expertennetzwerks „Wissen – Können – Handeln“

1 Aufgabenstellung und Ziel

Bei vielen älteren Wasserbauwerken lassen sich Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit nicht mit den üblichen statischen Berechnungsverfahren nachweisen. Das BAWMerkblatt TbW sieht in solchen Fällen als eine mögliche Kompensationsmaßnahme das Bauwerksmonitoring vor, dessen Einsatz zukünftig an WSV-Bauwerken deutlich zunehmen wird. Gegenstand dieses FuE-Projektes ist eine systematische, wissenschaftliche und intensive Auseinandersetzung mit Monitoringsystemen für massive Wasserbauwerke.

Das Ziel ist die Entwicklung eines modularen Monitoringsystems für Standardfälle im Bereich der WSV. Wesentliche Teilaspekte davon sind:

- Analyse von Szenarien beim Bauteilversagen (zeitlicher Verlauf, Duktilität, Erkennbarkeit)
- Erstellung von Messkonzeptionen und Aufgabenstellungen mit Zuordnung von Versagensabläufen
- Ermittlung von Entwicklungsstand und Verfügbarkeit von Messsystemen und Sensortechnik (Eignung, Langzeitstabilität, Messunsicherheit)
- Datenmanagement: Erfassung, Sammlung, Dokumentation, Analyse
- Entwicklung von Konzepten zur Festlegung von Grenzen für einen stufenweisen Alarm in Abhängigkeit von betrieblichen und umweltbedingten Randbedingungen (dynamische Alarmwerte)

2 Bedeutung für die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)

Der zuverlässige Betrieb der bestehenden Schleusen- und Wehranlagen ist eine Grundvoraussetzung zur Gewährleistung der Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt. Werden Schäden erkannt oder rechnerische Defizite bei Tragfähigkeit oder Gebrauchstauglichkeit identifiziert, können Monitoringanlagen den temporären Weiterbetrieb ermöglichen und Sperrungen verhindern, ohne das geforderte Sicherheitsniveau reduzieren zu müssen. Die Schleuse Uelzen I konnte nach etwa dreijährigem Stillstand trotz bekannter Schäden ohne auffällige Blockverformungen für circa einen Monat wieder in Betrieb genommen werden. Aufgrund langer Planungs- und Bauzeiten bei Instandsetzungen und Ersatzneubauten wird diese Möglichkeit in den nächsten

Auftragsnummer:

B3951.01.04.70007

Auftragsleitung:

Dr. Christoph Stephan
christoph.stephan@baw.de

Auftragsbearbeitung:

Charly Kühne
charly.kuehne@baw.de

Laufzeit:

2019 bis 2025

Jahren erheblich an Bedeutung gewinnen. Darüber hinaus ist zukünftig auch eine Verwendung der Ergebnisse von Monitoringanlagen zur Planung zustandsorientierter Instandhaltungsmaßnahmen denkbar.

3 Untersuchungsmethoden

Bauwerk

Durch eine systematische Auswertung der in WSVPruf dokumentierten Schäden nach der Relevanz für die Tragfähigkeit können Erkenntnisse über das Tragverhalten eines Bauwerkes gewonnen werden. Bauwerke bzw. Bauteile mit bekannten rechnerischen Defiziten werden dabei besonders betrachtet. Falls vorhergehende Messungen verfügbar sind, werden auffällige Entwicklungstendenzen ausgewertet, um die potenzielle Versagensart zu plausibilisieren. Weiterhin werden Berechnungsmodelle an den Messergebnissen kalibriert und verifiziert.

Sensorik

Unter kontrollierbaren Quasilabor-Randbedingungen werden gängige und geeignete Messeinrichtungen u. a. auf Messgenauigkeit und -unsicherheit, Langzeitstabilität sowie Empfindlichkeit gegenüber Rauschen und anderen Phänomenen erprobt und geprüft. Die Einflüsse auf die Messgenauigkeit, die aus den verwendeten Befestigungssystemen resultieren, werden zusätzlich betrachtet. Die notwendige Redundanz (Sicherheit des Messsystems) leitet sich aus den Langzeitbeobachtungen ab.

Datenanalyse

Die Kernkomponente eines Monitoringsystems ist die Auswertung der erfassten Daten. Auswertungsabläufe wie z. B. die Bereinigung und bei mehrfach überlagerten Messreihen die Trennung in Kurzzeitverhalten (betriebsbedingt, tagestemperaturbedingt) und Langzeitverhalten (bleibende Verformungen, jahrestemperaturbedingt) werden standardisiert. Durch multiple Regressionsanalysen lässt sich das zu erwartende Verhalten als Funktion mehrerer Variablen ermitteln und es lassen sich damit dynamische Alarmwerte festlegen.

4 Ergebnisse

Bisher konnten anhand einer Literaturrecherche und einer Umfrage in der WSV Erkenntnisse über den Stand der Technik für die Bereiche des Bauwerksmonitorings und der eingesetzten Sensorik gewonnen werden.

Ein Versuchsstand zur Ermittlung der Langzeitstabilität potenziell geeigneter Neigungssensoren wurde aufgebaut (Bild 1). Der Betonkörper hat keinen direkten Kontakt mit dem Fundament, sondern steht auf drei Nivellierelementen. Diese Elemente ermöglichen eine 0,01 mm/m genaue Neigungsänderung, um den Betonkörper auszurichten und die Empfindlichkeit der Sensoren zu prüfen. Als langzeitstabile Referenzmessung wird eine manuelle und automatische Umschlagsmessung verwendet. Zwölf Temperatursensoren erfassen den thermischen Einfluss auf die Messungen.

Aufgrund von konstanten Grenzwerten kommt es in den heißen und kalten Monaten im Jahr vermehrt zu Fehlalarmen, welche das Vertrauen in das Monitoringsystem untergraben. Optimierte Grenzwerte wurden erarbeitet, welche den aktuellen Wasserstand und die Bauwerkstemperatur in das typische Bauwerksverhalten statistisch berücksichtigen. Zur schnellen Konzeptionierung von Monitoringsystemen ist eine Defizit/Sensor-Matrix in Arbeit. Basierend auf dem Defizit des Bauwerks soll mit der Matrix eine Empfehlung auf geeignete Messsysteme erfolgen.

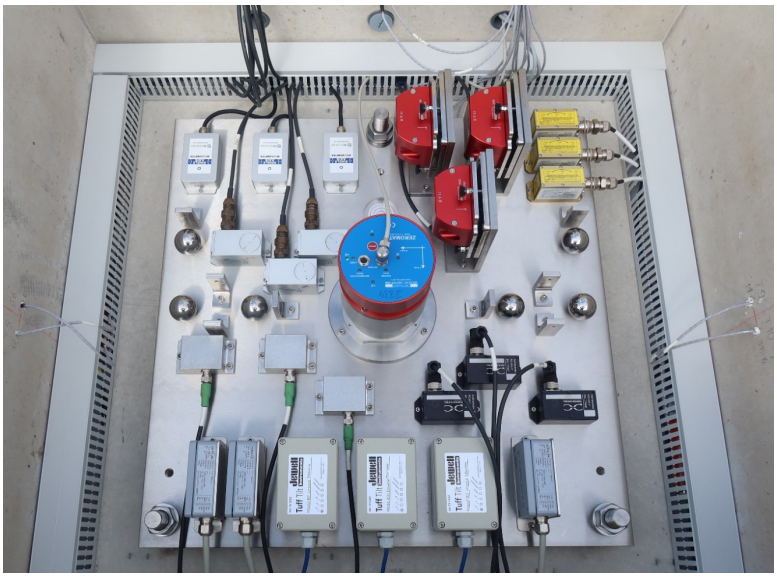

Bild 1: Versuchsstand für Neigungssensoren.

Literatur:

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2016): BAWMerkblatt Bewertung der Tragfähigkeit bestehender, massiver Wasserbauwerke (TbW). Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau (BAW-Merkblätter, -Empfehlungen und -Richtlinien).

CC BY 4.0