



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 BAWMerckblatt 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 Monitoringsysteme 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

CC-Lizenz:

CC BY 4.0

Jahren erheblich an Bedeutung gewinnen. Darüber hinaus ist zukünftig auch eine Verwendung der Ergebnisse von Monitoringsystemen 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 Bauwerks 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 Messunsicherheit, 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

Im abschließend zu erstellenden Leitfaden sollen auch praktische Erfahrungen mit bestehenden Monitoringsystemen berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurden 24 Monitoringsysteme der WSV analysiert, die mindestens seit einem Jahr das Strukturverhalten automatisiert überwachen. Folgende Ergebnisse konnten aus der anonymen Umfrage zusammenfassend evaluiert werden:

Seit 2005 gehen pro Jahr durchschnittlich ein bis zwei neue Monitoringsysteme in Betrieb. Zwei Drittel der Monitoringsysteme werden aufgrund von erkennbaren Schäden oder statisch-rechnerischen Defiziten installiert. Der Großteil der Monitoringsysteme hat trotz vorhandener Defizite am Bauwerk kein Alarmsystem. Das Strukturverhalten wird fast ausschließlich über die zwei geometrischen Eigenschaften Neigung und Verschiebung überwacht. Bild 1 stellt die verwendeten Sensoren in den Monitoringsystemen der WSV dar und zeigt, dass bei zwei Dritteln der Systeme Lotanlagen, Wegaufnehmer oder Neigungssensoren installiert wurden. Moderne Messsysteme hingegen, wie z. B. faseroptische Sensoren oder satellitengestützte Messsysteme, finden bisher keine Anwendung.

In der Anwendung zeigen Neigungssensoren Defizite, welche in einem Langzeitversuchsstand analysiert werden müssen. Es zeigt sich auch, dass die Isolierung gegenüber schwankenden Umgebungseinflüssen wichtig für ein erfolgreiches Messsystem ist. Unterwasser-Messungen werden bislang kaum eingesetzt.

Der Gesamteindruck der verwendeten Monitoringsysteme ist in der WSV positiv, wobei dieser mit steigender Betriebszeit oder Sensoranzahl eher abnimmt. Ein wichtiger Aspekt scheint auch der notwendige Arbeitsaufwand mit dem Monitoringsystem zu sein. Hier muss ein Kompromiss zwischen Aufwand und Wissen über den Zustand gefunden werden.

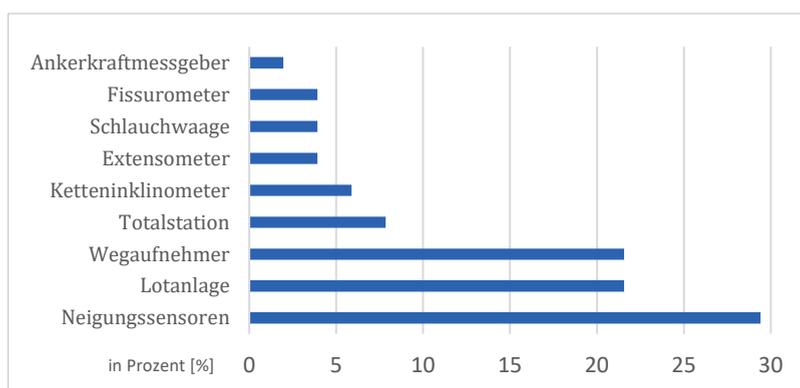


Bild 1: Prozentuale Anzahl der Monitoringsysteme in der WSV mit entsprechenden Sensoren.

Literatur:

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