

Zuverlässigkeitsorientierte Systembewertung von Massivbauwerken

Reliability based system assessment of concrete structures

Hosser, Dietmar; Schnetgöke, Ralf

Abstract

Nowadays the preservation or renewal of old structures has become more and more important. Many structures erected in the last century are now reaching the end of their predicted lifespan or show at least serious signs of deterioration or damage. A quantification of the actual safety level of a structure would help to decide whether a structure still can be safely used. The information needed can be acquired using structural health monitoring. By monitoring certain parts of the structure ("weak points"), it can be guaranteed that a further increase of damage or deterioration is recognized before a dangerous situation can occur.

1. Zuverlässigkeitsorientierte Systembewertung

Die Erhaltung und Erneuerung alternder Bauwerke gewinnt heutzutage immer mehr an Bedeutung. Viele der im letzten Jahrhundert errichteten Bauwerke erreichen in Kürze entweder das Ende ihrer geplanten Nutzungsdauer oder weisen deutliche Zeichen einer Alterung oder Schädigung auf. Eine Quantifizierung des aktuellen Zuverlässigkeitsniveaus eines Bauwerks kann helfen, über die weitere Nutzung zu entscheiden und gegebenenfalls Maßnahmen zur Substanzerhaltung und -verbesserung zu veranlassen. Die hierfür notwendigen Informationen lassen sich mit Hilfe einer Bauwerksüberwachung gewinnen, die gezielt die besonders gefährdeten Bauwerksteile („Schwachstellen“) beobachtet und die für die weitere Entwicklung des Bauwerkszustandes maßgebenden Einflüsse messtechnisch erfasst.

Eine zuverlässigkeitsorientierte Systembewertung von überwachten Bauwerken als Weiterentwicklung und Optimierung bewährter Methoden der Zuverlässigkeitsanalyse ermöglicht es, lebensdauerbegleitend das Zuverlässigkeitsniveau von Bauwerken zu verfolgen und zeitnah und gezielt auf kritische Veränderungen zu reagieren. Im Rahmen des Teilprojektes A1 des Sonderforschungsbereiches 477 „Bauwerksüberwachung“ /1, 2/ werden die erforderlichen Ausgangsinformationen und Methoden für die zuverlässigkeitsorientierte Systembewertung von Massivbauwerken im Rahmen der Bau-

werksüberwachung bereitgestellt und am Beispiel von Spannbetonbauwerken erprobt.

Die zuverlässigkeitsorientierte Systembewertung beinhaltet die Verknüpfung von Methoden der Strukturanalyse und Methoden der Zuverlässigkeitsanalyse. Für eine wirklichkeitsnahe Strukturanalyse realer Tragwerke wird die Finite-Elemente-Methode verwendet, die Zuverlässigkeitsanalyse wird mit der varianzmindernden Methode der Monte Carlo Simulation durchgeführt. Die Interaktion von Struktur- und Zuverlässigkeitsanalyse wird programmtechnisch umgesetzt.

Um die Auswirkung von Bauschäden auf die Systembewertung und die Zuverlässigkeit eines Bauwerks zu verdeutlichen, ist eine Festlegung von repräsentativen Schadensszenarien notwendig. Auf Grundlage der Analyse von Bauschäden wird die besondere Bedeutung des Vorspannsystems für die Zuverlässigkeit deutlich. Die Schäden am Spannstahl infolge unzureichender Dauerhaftigkeit der Konstruktion führen zur Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit und haben auch Einfluss auf die Tragfähigkeit. Neben möglichen Bauschäden kann es notwendig werden, zukünftige Veränderungen der Verkehrsbeanspruchung in die Prognose der Bauwerkszuverlässigkeit mit einzubeziehen, da der Trend eindeutig eine Erhöhung des Verkehrsaufkommens und der Fahrzeuglasten zeigt.

Die zuverlässigkeitsorientierte Systembewertung von Massivbauwerken erfolgt im ersten Schritt für das als nicht geschädigt vorausgesetzte Bauwerk, in der Regel auf der Basis von Informationen aus der statischen Berechnung. Die Ergebnisse liefern Hinweise auf mögliche Schwachstellen des Bauwerks und die hierfür maßgebenden Einflussgrößen. Der zweite Schritt beinhaltet die Prognose der Zuverlässigkeit für postulierte Schadensszenarien. Wird dabei eine Veränderung der Zuverlässigkeit festgestellt, so muss geprüft werden, ob weitergehende Überwachungsmaßnahmen oder ggf. Instandhaltungs- und Sanierungsmaßnahmen notwendig werden.

Im Hinblick auf eine kontinuierliche Überwachung (Monitoring) werden Schwellenwerte ermittelt, bei deren Über-

bzw. Unterschreitung die erforderliche Zuverlässigkeit nicht mehr gewährleistet ist.

Ist die Entscheidung zugunsten weiterer Überwachungsmaßnahmen gefallen, so wird eine neuerliche zuverlässigkeitsorientierte Bewertung erforderlich, sobald bei der gezielten Überwachung potenzieller Schwachstellen Veränderungen festgestellt werden. Die Überwachung kann im Rahmen ohnehin vorgeschriebener Bauwerksprüfungen erfolgen, z. B. für Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen.

2. Anwendung auf Spannbetonbauwerke

Die grundsätzliche Vorgehensweise bei der zuverlässigkeitsorientierten Systembewertung unter Berücksichtigung von Ergebnissen aus der Bauwerksüberwachung wird in /3/ am Beispiel von Spannbetonbauwerken demonstriert. Zunächst wurde das eigens zur Erprobung von Bauwerksüberwachungsmaßnahmen durch mehrere Teilprojekte des SFB 477 errichtete Ersatzbauwerk „Concerto“ (Bild 1) untersucht. Vorteilhaft war dabei, dass anhand gemessener Last-Verformungs-Zusammenhänge das verwendete mechanische Modell vorab validiert werden konnte. In der anschließenden Systembewertung wurden für alle wesentlichen Grenzzustände der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit die Einflüsse möglicher Schädigungen auf die Entwicklung der Zuverlässigkeit des Gesamtbauwerks (Bild 2) analysiert und die für die Zuverlässigkeit maßgebenden Einflussgrößen (Sensitivitäten) ermittelt, die durch geeignete Monitoring-Maßnahmen überwacht werden sollten.



Bild 1 Ersatzbauwerk „Concerto“ des SFB 477

Die gleiche Vorgehensweise wurde auf eine typische Spannbetonbrücke angewandt. Sie lässt sich analog auch auf eine Vielzahl anderer Bauwerke übertragen, wobei jeweils die Schadensszenarien und Versagenskriterien bauwerksspezifisch neu festgelegt werden müssen.

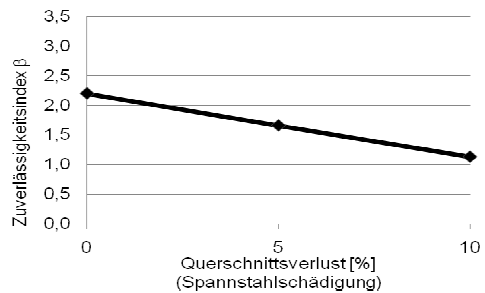


Bild 2 Einfluss einer Spannstahlschädigung auf die Gebrauchstauglichkeit des Ersatzbauwerks

3. Ausblick

Die zuverlässigkeitsorientierte Bauwerksbewertung als essentielle Grundlage für die Bauwerksinspektion und Bauwerksüberwachung wird als Bestandteil von Bauwerks-Management-Systemen (BMS) und somit als Baustein eines modernen Lebensdauermanagements von Bauwerken angesehen. In diesem Zusammenhang steht die praktische Umsetzung der zuverlässigkeitsorientierten Bauwerksbewertung für beliebige Massivbauwerken. Daher ist für die praxismgerechte Anwendung eine offene Schnittstelle zwischen dem Modul zur Zuverlässigkeitsanalyse und dem Modul zur Strukturanalyse vorgesehen. Denn erst dadurch kann jedes extern aufzurufende (kommerzielle) Berechnungsprogramm für die Strukturanalyse verwendet werden. Aufgrund der umfassenden Darstellung und Absicherung der Materialmodelle, der stochastischen Streuungen sowie der Modellunsicherheiten stehen die notwendigen Informationen für eine Übertragung in die Praxis zur Verfügung. Die Festlegung der Einwirkungen kann dann problemspezifisch erfolgen.

4. Literatur

- /1/ Hosser, D., Klinzmann, C., Schnetgöke, R. (2006): SFB 477: Sicherstellung der Nutzungsfähigkeit von Bauwerken mit Hilfe innovativer Bauwerksüberwachung. Teilprojekt A1: Methoden zur risiko- und schwachstellenorientierten Bewertung und Optimierung von Bauwerksüberwachungsmaßnahmen. <http://134.169.23.19/sfb/index.html>.
- /2/ Schnetgöke, R., Klinzmann, C., Hosser, D. (2006): Zuverlässigkeitsorientierte Bewertung von Bauwerken auf Grundlage der Bauwerksüberwachung. Beton- und Stahlbetonbau 101, Heft 8, 585-595.
- /3/ Schnetgöke, R. (2008): Zuverlässigkeitsorientierte Systembewertung von Massivbauwerken als Grundlage für die Bauwerksüberwachung. Dissertation TU Braunschweig, Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz, Heft 204.