

VerBewIng Bewertung von Ingenieurtragwerken

Ein Projekt finanziert im Rahmen der 11. Ausschreibung
des FTI-Programms **Mobilität der Zukunft** durch das BMK
Verkehrsinfrastruktur

Das Projekt VerBewIng hatte zum Ziel, Methoden der berührungslosen rapiden Verformungsmessung von Brücken weiterzuentwickeln, sowie basierend auf diesen Messdaten den Tragwerkszustand zu erkennen und diesen in die Tragwerksbeurteilung einzubeziehen. Dabei wurden drei Messtechnologien untersucht: UAV-basiertes Laserscanning, Satellitenradarinterferometrie (InSAR), und mobiles Laserscanning.



Abbildung 1: Drei angewandte Messmethoden: Satellitenradar (links), UAV-Laserscanning (Mitte) und mobiles Laserscanning (rechts).

Die Satellitenradartechnologie zeigte ihr Potential vor allem im kontinuierlichen Langzeitmonitoring von Ingenieurbauwerken, speziell in der Überwachung langfristiger Deformationsmuster und der Detektion potentieller Bewegungstrends. Da Sentinel-1 InSAR-Daten frei verfügbar sind, stellen Deformationsanalysen auf InSAR-Basis eine kostengünstige Methode für das Langzeitmonitoring von Ingenieurtragwerken dar. Die räumliche Auflösung ist im Vergleich zum Laserscanning relativ gering; dagegen ist die zeitliche Auflösung ein Vorteil.

Der Einsatz des 4DU-Scanners mittels UAV bietet die höchste Flexibilität. Auch von der Fahrbahn nicht direkt einsehbare Bereiche können erfasst werden. Die Standardabweichung gegenüber einer unabhängig ermittelten Referenz beträgt bei einzelnen Messungen rund 6 mm. Durch Mittelung mehrerer Messungen kann eine Standardabweichung von ca. 2 mm erreicht werden.

Beim mobilen Laserscanning wird die Fahrbahnoberfläche gescannt und aus mehreren erfassten Profilen ein gemittelttes Längsprofil der Brücke ermittelt. Obwohl die erweiterte Messunsicherheit mit 6 mm ausgewertet wurde, betrug bei der Testanwendung die mittlere Abweichung zum Referenzmesssystem mit sechs stationären Messpunkten nur 1,1 mm.

Im Projekt VerBewIng wurden Methoden der sensorlosen Temperaturkompensation und verformungsbasierter Zustandserkennung entwickelt. Da die Tragwerksverformungen durch Temperatur beeinflusst werden, muss dieser Einfluss korrigiert werden. Durch den Einsatz von berührungsloser Deformationsmesstechnik war hier ebenfalls ein Ansatz notwendig, der keine Sensorinstallation voraussetzt. Es wurde eine Methode entwickelt, welche verfügbare Wetterdaten nutzt, um die relevanten Einwirkungen abzuschätzen. Zusammen mit mehreren durch Temperatursimulationen antrainierten Metamodellen für verschiedene Querschnittstypen kann die gleichmäßige Tragwerkstemperatur, sowie auch der Temperaturgradient im Tragwerk ermittelt werden. In der Validierung hat sich dieses Modell mit Standardabweichungen zwischen 0,8 und 1,7 K bewährt.

Die implementierten Methoden der verformungsbasierten Zustandserkennung setzen Berechnungen der Tragwerksverformung in verschiedenen Schädigungszuständen voraus. Hier wurden performante nichtlineare Methoden eingesetzt, welche auch die Unsicherheit der Materialeigenschaften berücksichtigen. Die Zustandserkennung funktioniert probabilistisch und berücksichtigt die Messunsicherheit, bzw. das Messrauschen. Das Ergebnis ist eine Verteilung der zur messtechnisch erfassten Verformung potentiell passender Tragwerkszustände.

Es hat sich gezeigt, dass mit der gegenständigen Messgenauigkeit hauptsächlich setzungsbedingte Tragwerksschäden erkannt werden können. Zur Erkennung vom Ausfall der Vorspannkabel oder korrosionsbedingter Bewehrungsquerschnittsabnahme vom mittleren Ausmaß wäre eine Messgenauigkeit nötig, die um eine Größenordnung besser ist. Der Einbezug der verformungsbasierten Zustandserkennung in die Tragwerksbeurteilung ist mit dem voll-probabilistischen Ansatz möglich. Realistische Werte vom Zuverlässigkeitsindex können jedoch nur dann ermittelt werden, wenn der Variationskoeffizient des durch die Zustandserkennung identifizierten Schadensausmaßes kleiner als 10% ist. Das ist derzeit nur bei setzungsbedingten Schäden möglich. Ein weiterer Fortschritt der Messtechnologien in der Zukunft könnte das mögliche Einsatzgebiet dieser Methode erweitern.

Kontaktdaten:

AIT - Austrian Institute of Technology GmbH
Giefinggasse 2, 1210 Wien
DI Marian Ralbovsky, PhD
marian.ralbovsky@ait.ac.at



Schimetta Consult ZT GmbH
Landwiedstr. 23, 4020 Linz
Dipl.-Ing. Dr. Thomas Mack
thomas.mack@schimetta.at



4D-IT GmbH
Emil Kögler-Gasse 13, 2511 Pfaffstätten
DI Dr. Peter Dorninger
p.dorninger@4d-it.com



ZAMG - Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Hohe Warte 38, 1190 Wien
DI Dr. Matthias Schlögl
matthias.schloegl@zamg.ac.at

