



Automatisierte Überwachung bei der Instandsetzung des Fatschazertobel-Viadukts.

Automatische Überwachung von kritischen Bauwerken

Der Gefahr auf der Spur

Durch Monitoring können verschiedene Risiken, die während einer Bautätigkeit entstehen, kontrolliert werden. Durch die Überwachung und die Dokumentation können bei Gefahr rechtzeitig die nötigen Massnahmen eingeleitet werden.

Von Sven Köhler, Mikula Gehrig und Martin Rub*

Infrastrukturbauten sind Veränderungen ausgesetzt, die durch äussere Einflüsse verursacht werden. Statische und dynamische Belastungen, Ereignisse aufgrund von Bautätigkeiten und auch Witterung und Materialeigenschaften sind dabei oftmals die Verursacher. Was man vielfach nicht weiss: Welcher dieser Faktoren hat den entscheidenden Einfluss und wie wirkt sich dieser am Bauwerk aus?

Eine systematische Überwachung und Dokumentation dieser Prozesse bietet das Monitoring. Sei es für Baugruben, Tunnel, Brücken, Gebäude oder die Bahn, automatische Überwachungssysteme werden zu einem entscheidenden Faktor, wenn es um Prävention, Vorsorge und Warnung geht. Dazu werden seit einigen Jahren Sensortechnologien und Mobilfunktechnik eingesetzt, die eine permanente Überwachung der Bahninfrastruktur während des Betriebs ermöglichen.

Stand der Technik

Viele Sensoren lassen sich heutzutage automatisieren. Das bedeutet, dass die Sensoren im Feld via Mobilfunktechnik gesteuert und die Rohmessungen wiederum ins Büro übermittelt werden. Dort erfolgt die Verwaltung, Verarbeitung und Analyse der Daten sowie die Berechnung der Resultate mit automatischen Softwaremodulen. Alle projektbezogenen Informationen werden unmittelbar nach den Messungen und Auswertungen auf dem Web-Kundenportal zur Verfügung gestellt. Dabei kommen Sensoren der Bereiche Geodäsie, Geotechnik und Meteorologie zum Einsatz.

Automatische Grenzwertkontrollen der Verschiebung eines Punktes können mit zwei verschiedenen Schranken erfolgen. Unabhängig von der Art der Schranke wird beim Überschreiten des Grenzwertes eine Meldung an die Projektverantwortlichen versendet und vor Ort können zum Beispiel Warnlampen geschaltet werden.

Wo liegen die Chancen und Risiken?

Aufgrund der genauen Kenntnisse über die aktuellen Bewegungen und Dynamiken lassen sich die Schäden rechtzeitig erkennen und durch geeignete organisatorische und technische Schutzmassnahmen

minimieren. Automatische Systeme sind gerade auf Baustellen während der kritischen Bauphase und im Bahnbereich ein entscheidender Vorteil, da sich keine zusätzlichen Personen auf der Baustelle aufhalten müssen, um Messungen durchzuführen.

Mögliche Vorteile des automatisierten Monitorings im Überblick:

- kontinuierliche und permanente Erfassung der Bewegung des Bauwerks;
- kurze Reaktionszeiten zur Inbetriebnahme des Monitoringsystems;
- Zuverlässigkeit und Skalierbarkeit des Systems bezüglich Sensoren und Messrhythmus;
- zentrale Projektverwaltung und Resultatvisualisierung mit 24-Stunden-Webzugriff, standortunabhängig und passwortgeschützt;
- Webcam mit periodischer Bildablage (zum Beispiel alle 15 Minuten) auf dem Web-Portal;
- automatische Berichterstellung zur Beweis-Sicherung und Erarbeitung von Massnahmen;
- automatische Alarmierung via E-Mail, SMS, Warnleuchten etc. bei Überschreiten von vordefinierten Grenzwerten;
- Änderung des Messrhythmus in Abhängigkeit der aktuellen Verschiebungen und/oder Bautätigkeiten.

Da vielfach die Dynamik des Bauwerks nicht bekannt ist, liegen die Schwierigkeiten bei der Festlegung der Grenzwerte für das überwachte Objekt und die daraus abgeleiteten Massnahmen bei einer Überschreitung. Es muss ein Plan erstellt werden, der die Kompetenzen und Massnahmen im Fall einer Grenzwertüberschreitung definiert. Des Weiteren wird ein zuverlässiges und modulares Monitoringsystem gefordert, das wenige Wartungseinsätze benötigt und



Pfahlbohrungen entlang einer kritischen Mauer.

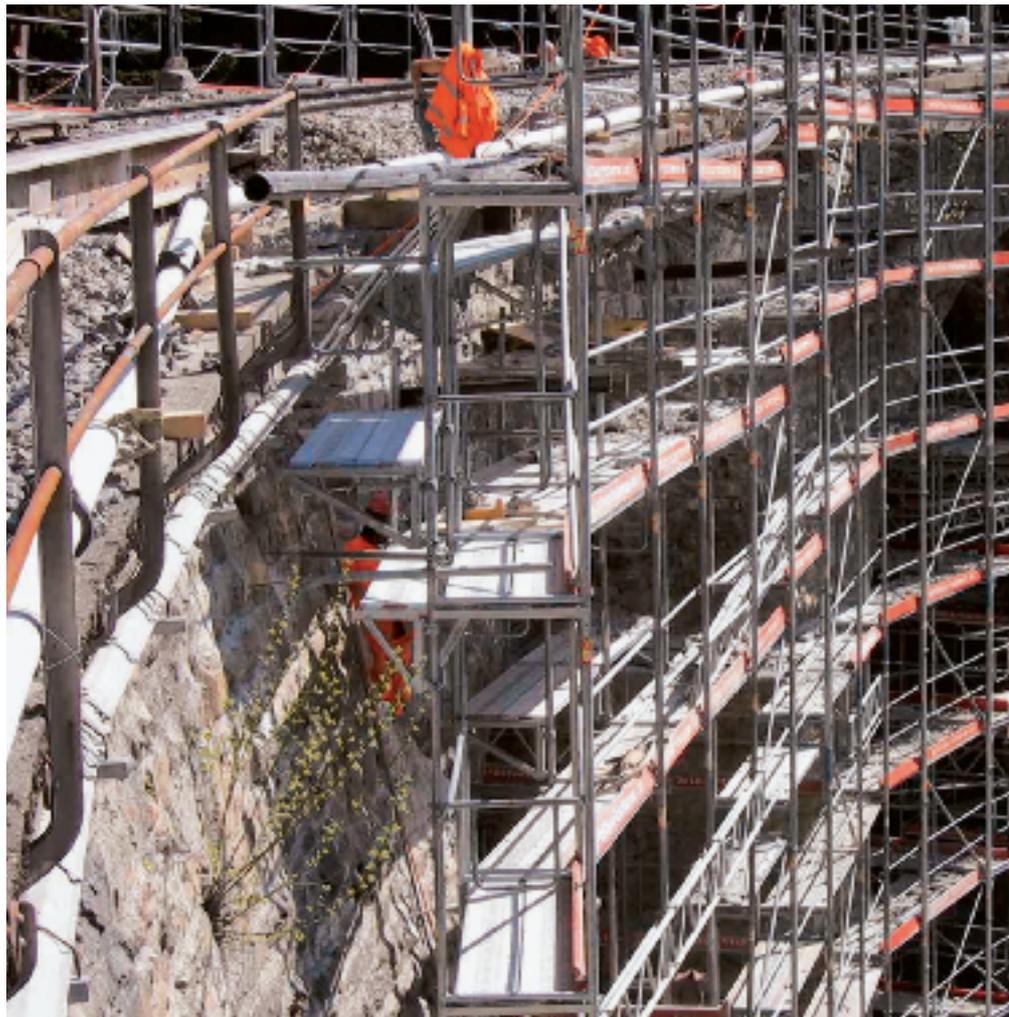
auf vorhandene Lösungen zurückgreifen kann. Nur dadurch lassen sich Kosten-Nutzen-Vorteile gegenüber einem manuellen Monitoring erzielen.

Baugrubenüberwachung während Neubauarbeiten

Seit Dezember 2007 entsteht im Zürcher Seefeld ein Wohnhaus inmitten einer bestehenden Wohnsiedlung. Dabei steht eine Hausmauer unmittelbar am Rande der sechs Meter tiefen Baugrube. Der Baugrund besteht aus ein bis zwei Meter sehr setzungsempfindlichem Torf und bis in mehr als 40 Metern Tiefe aus weichen Deltaablagerungen. Eine exakte Voraussage des Einflusses der Bauprozesse auf die bestehende Hausmauer war nicht möglich.

Aus diesen Gründen wird eine zuverlässige und permanente Überwachung gefordert, welche Deformationen detektiert und die Daten laufend online zur Verfügung stellt. Die hohe zeitliche Auflösung der Messintervalle ermöglicht es, auch unerwartete kritische Prozesse während der Bauphase zu ermitteln und rechtzeitig Gegenmassnahmen zu treffen.

Um Bewegungen der Baugrubenwände und Setzungen in der Umgebung der Baugrube rechtzeitig erkennen zu können, werden zusätzliche manuelle geodätische und geotechnische Messungen durchgeführt. Durch die Überlagerung punktueller Verschiebungsmessungen mit nahezu linienförmigen Inklinometermessungen können die absoluten Verschiebungen beziehungsweise Deformationen der Baugrubenwände als Biegelinie quantitativ nachvollzogen werden. Auf diese Weise ist mittels Rückrechnung eine Verifizierung von Baugrund-



Eingerüstete Brücke über das Fatschazertobel.

kennwerten und Bemessung des Baugrubenabschlusses möglich.

Aufgrund der Langzeitmessungen von über zehn Monaten konnten die richtigen Massnahmen ergriffen werden, um bestehende Bauten zu schützen. Dies ermög-

licht auch im gleichen Zug die Evaluierung der Massnahmen auf deren Wirksamkeit. Anhand der Webcam konnte ein Schadenfall zeitlich genau nachgewiesen werden.

Viadukt-Überwachung während Instandsetzung

Zwischen März und September diesen Jahres wurden Instandsetzungsarbeiten am Fatschazertobelviadukt auf der Strecke der Rhätischen Bahn zwischen Chur und Arosa ausgeführt. Neben einem komplizierten Umbau des Widerlagers Seite Chur wurde ein Schottertrog in Stahlbeton eingebaut. Die mehrmonatige Bauphase wurde parallel zum laufenden Bahnbetrieb durchgeführt und erforderte darum Kontrollmessungen. Während vier Monaten wurde das Viadukt automatisch im halbstündlichen



Überwachtes Bahntrasse während der Instandsetzungsarbeiten.

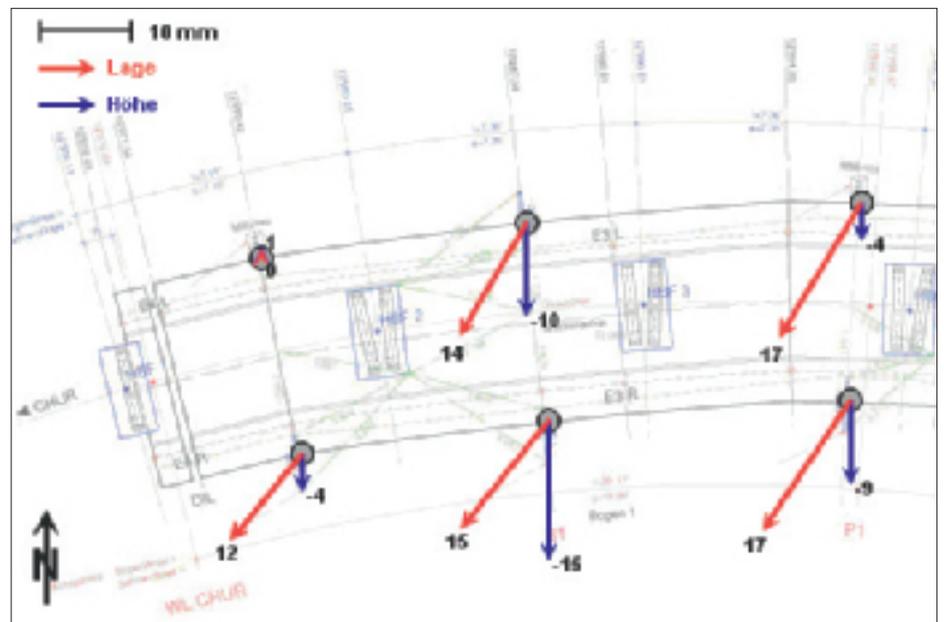


zeit via Internet auf die Daten zugreifen und die aktuelle Situation beurteilen. Während der Phase der Lastumverteilung beim Widerlager Seite Chur wurde der Messrhythmus auf 15 Minuten erhöht. Dabei konnten gleichmässige Verschiebungen in den Bereichen des Widerlagers, Brückensegments und des ersten Pfeilers detektiert werden, wobei sich diese schon nach wenigen Tagen stabilisiert hatten. Um künftige Bewegungen des Viadukts zu erfassen, wurde die Monitoringanlage Ende August durch manuelle und periodische Überwachungsmessungen abgelöst. Unter Monitoring versteht man die systematische Überwachung und Dokumentation von Veränderungsprozessen. Diese Technologie bietet in vielen Bereichen der

Infrastrukturbauten und Naturgefahren eine präventive Lösung zur Lagebeurteilung und liefert die notwendigen Grundlagen, um zum richtigen Zeitpunkt die richtigen Massnahmen einzuleiten. Die schnelle Installation vor Ort und die skalierbare Lösung bezüglich Sensorvielfalt und -anzahl zeichnet ein gutes System aus. Das Monitoring wird damit auch interessant für kleinere Infrastrukturprojekte, die nur während der kritischen Bauphase ein Monitoring benötigen. ■

* Sven Köhler, Dr. sc. techn. ETH, Dipl.-Bauing., Friedlipartner AG, Zürich
 Mikula Gehrig, dipl. Architekt ETH SIA, Executive MBA, Bauengineering.com AG
 Martin Rub, dipl. Geomatik-Ing. ETH, BSF Swissphoto AG, Regensdorf

Rhythmus überwacht. Die Resultate der Messungen wurden in graphischer Form auf dem Web-Kundenportal in «real time» dem Kunden zur Verfügung gestellt. Die beteiligten Projektleiter konnten somit jeder-



Vektorplot aktueller Verschiebungen in Lage und Höhe (oben) und ein Weg-Zeit-Diagramm der Deformationen (unten).

