



Neue Dimensionen

Dem Schutz der umliegenden Gebäude und Infrastrukturen kommt beim Bau der neuen Durchmesserlinie in Zürich eine grosse Bedeutung zu. Mit einem komplexen automatischen Überwachungssystem kommen die Beteiligten diesem Bedürfnis nach.

Text: Stephan Eisenegger, Projekt Management SBB AG // Fotos: SBB

Bei einem innerstädtischen Grossprojekt wie der Durchmesserlinie Altstetten – Zürich HB – Oerlikon ist die Überwachung der bestehenden Bauwerke und Verkehrswege eine unerlässliche Massnahme. Diese Objekte werden vor allem mit geodätischen Messmethoden, wie automatischen Tachymeterstationen und manuellen Nivellements, aber auch mit Schlauchwaagensystemen, beobachtet. Ebenso sind aber auch die neuerstellten Baugrubenabschlüsse oder Tunnelbauten zu überwachen. Diese Überwachungen erfolgen zu einem grossen Teil mit geotechnischen Messinstrumenten. Für die beteiligten Bauingenieure und Bauleitungen ist ein gemeinsames Monitoringportal mit einer Visualisierung der Gesamtheit aller Messungen aus den geodätischen und geotechnischen Überwachungen erwünscht, um die Entwicklung der Boden- oder Gebäudeverformungen besser beurteilen zu können. Die lange Bauzeit von beinahe fünf Jahren und erforderliche Beobachtungsintervalle von vorwiegend 30 bis 60 Minuten waren ausschlaggebend, dass aus wirtschaftlichen Gründen mehrheitlich automatische Überwachungssysteme zum Einsatz kommen. Gemäss Auftragsanalyse werden bis zu 70 automatische Tachymeterstationen

und rund 500 Schlauchwaagensensoren notwendig sein, um den sechs Kilometer langen Projektpereimeter überwachen zu können. Damit werden im Projekt Durchmesserlinie neue Dimensionen in der geodätischen Überwachung erreicht, welche weltweit einzigartig sind.

Messgrenzwerte sind dreistufig festgelegt

Die Überwachungspläne der Projektverfasser liefern die verbindlichen Grundlagen und Planungsvorgaben für den Überwachungsingenieur. Darin sind die notwendigen Überwachungsaufgaben nach Objekten festgehalten. Ebenso sind die Vorgaben zu den einzelnen Messungen wie Genauigkeit, Messintervalle, Grenzwerte usw. festgehalten. Die Ziele der Überwachungen sind das frühzeitige Erkennen von Entwicklungen und die Prüfung der Einhaltung von Grenzwerten. Ausserdem dienen die Ergebnisse als Grundlage für die Sicherheitsbeurteilung und schliesslich als Grundlage zum Planen von Massnahmen.

Die Messgrenzwerte sind nach Objekten definiert und wurden dreistufig festgelegt. Ausgangslage ist ein zulässiger Wert z.B. gemäss Nutzungsvereinbarung (= 100 Prozent). Die-

ser Wert darf während der gesamten Bauzeit nicht überschritten werden. Anpassungen der Messgrenzwerte im Laufe der Bauzeit dürfen nur durch berechnete Personen vorgenommen werden. Die drei Stufen umfassen folgende Werte:

Aufmerksamkeitswert (35 Prozent des zulässigen Werts)

Dieser Wert entspricht einem unkritischen Messwert. Erhöhte Aufmerksamkeit, verstärkte Überwachung und Sicherheitsvorkehrungen sind allenfalls gefordert. Unmittelbare Massnahmen sind keine erforderlich.

Alarmwert (50 Prozent des zulässigen Werts)

Der Alarmgrenzwert entspricht einem kritischen oder unzulässigen Messwert (z.B. Beeinträchtigung der Gebrauchstauglichkeit und Funktionstüchtigkeit des Bahnbetriebs) Ein Überschreiten des Alarmwerts hat in der Regel Massnahmen zur Folge.

Interventionswert (70 Prozent des zulässigen Werts)

Bei Überschreiten des Interventionswerts sind unmittelbare (Sofort-)Massnahmen erforderlich, da ein kritisches Ereignis oder ▶



eine Gefahrensituation droht (z.B. Instabilität, Verlust der Tragfähigkeit, Behinderung des Bahnbetriebs usw.) Das Messkonzept der beauftragten Firma Terra Vermessungen AG beruht auf dem Drei-Stufen-Konzept «Steuerung und Berechnung», «Verarbeitung und Alarmierung» und «Visualisierung und Webzugriff».

Alarmierung von festgelegten Personengruppen

Die Alarmierung bei automatischen Überwachungssystemen ist ein zentraler und wichtiger Punkt. Die Erwartungen der Bauleitungen, Projektverfasser und Bauherren an ein Monitoringssystem sind unter der Nullhypothese einer stabilen Baustelle keine Fehlalarme. Diese Forderung ist wegen der begrenzten Genauigkeit und Zuverlässigkeit des Instrumentariums, den meteorologischen Einflüssen und der Auswertemodelle nicht einzuhalten. Das fundamentale Problem bei Überwachungsmessungen besteht somit im Trennen von eigentlichen Objektbewegungen und Messfehlern. Bei manuellen Messungen werden die Messergebnisse vor der Weitergabe verifiziert. Bei einem vollautomatischen Überwachungssystem besteht die grösste Herausforderung darin, die systematischen Messabweichungen festzustellen und herauszufiltern. Dies geschieht einerseits mit speziellen Massnahmen beim Messprogramm und andererseits durch Plausibilitätskontrollen bei den Auswertungen. Wird bei einem Überwachungspunkt der vorgegebene Messgrenzwert überschritten, erfolgt eine Alarmierung an die festgelegte Personengruppe per E-Mail oder SMS. Damit in der Nacht die Alarmmeldungen wahrgenommen werden, erfolgt die SMS an die Bauleitungen inklusive einem Weckanruf. Wichtig ist die anschliessende Quittierung der Meldung bei Alarm- und Interventionswertüberschreitungen, ansonsten je nach Alarmierungsstufe in

180 Minuten bzw. 24 Stunden erneute Alarmmeldungen versendet werden.

Tachymeter liefern dreidimensionale Ergebnisse

Für die Beobachtung der Verkehrsplätze, VBZ- und Bahngleise, Hausfassaden, Perondächer und -kanten sind Tachymeter im Einsatz. Mit diesen Vermessungsinstrumenten werden Prismen angezielt, welche an den zu überwachenden Objekten befestigt sind. Im Bereich Bahnhofplatz, -quai sind Kompromisse zwischen der Wirksamkeit der Überwachung und der Sicherheit der vielen Verkehrsteilnehmer (Passanten, Taxiwartplätze, Trams und Autos) notwendig gewesen. Diese Messungen liefern dreidimensionale Ergebnisse, geben also Auskunft über das Lage- und Setzungsverhalten der Punkte. Für die Setzungsmessungen innerhalb von Gebäuden sind mehrheitlich Schlauchwaagen an den Wänden oder Stützen installiert worden.

Es wird auch manuell beobachtet

Die manuellen Messungen ergänzen die automatischen Beobachtungen. Mehrheitlich waren wirtschaftliche Überlegungen ausschlaggebend, welche Überwachungsmethode angewendet wird. Für den Entscheid, in den öffentlichen Restaurationsbetrieben (DaCapo, Imagine und Arcade) im Hauptbahnhof manuelle Nivellements durchzuführen, waren denkmalgeschützerische, aber auch ästhetische Gründe massgebend. Dadurch konnte auf die Installation von Schlauchwaagensystemen an den sehenswerten Decken und Stützen verzichtet werden. Alle manuellen Messungen werden ebenfalls in der zentralen Datenbank abgelegt und können von den berechtigten Nutzern eingesehen und beurteilt werden.

«Fehlalarme» gering halten und noch weiter eliminieren

Die gewählte Methodik, bei der Ausschreibung in den Leistungsverzeichnissen die Anzahl Tachymeter nicht vorzugeben, sondern es den Anbietern in ihren Messkonzepten zu überlassen, hat sich vollumfänglich bewährt. Das vorgeschlagene Messkonzept der Terra Vermessungen AG konnte umgesetzt werden und führte zu keinen Nachträgen. Die Zeit zwischen der Vergabe der Arbeiten im März 2007 und den ersten funktionsfähigen Installationen im September 2007 waren für ein Monitoring in dieser Grössenordnung und Komplexität extrem kurz. Die Integration einer Vielzahl unterschiedlicher chemischer, geotechnischer und geodätischer Sensoren in ein Gesamtsystem konnte umgesetzt werden. Dank der Flexibilität der ausgewählten Monitoringsoftware ist es möglich, die meisten Wünsche der Projektverfasser und der Bauleitungen in kürzester Zeit umzusetzen. Die Fehlerrate ist in Anbetracht der Anzahl Messungen sehr gering. Ein wichtiges Ziel wird es bleiben, über die gesamte Projektdauer die Anzahl so genannter «Fehlalarme» gering zu halten und noch weiter zu eliminieren. In Zukunft werden automatische Überwachungssysteme immer mehr an Bedeutung gewinnen und in unterschiedlichsten Projekten eingesetzt werden. Gegenüber von manuellen Messungen ist die Alarmierung viel komplexer und erfordert von allen Beteiligten ein Umdenken. Bereits bei der Festlegung der Alarmgrenzwerte sind die vielen Einflussfaktoren (vor allem die Temperatur) bei den geodätischen Tachymetermessungen zu berücksichtigen und entsprechend grosszügig festzulegen. Der grosse Vorteil liegt in der Häufung der Messungen, welche geglättet viel schneller klare Tendenzen über Veränderungen von Objekten aufzeigen können als manuelle Messungen. ■