



Wenn der Berg rutscht

von Carlo Bonanno und Massimo Magnani

Am 13. Dezember 1982 wurde die italienische Stadt Ancona von einem gewaltigen Erdbeben heimgesucht – über zehn Prozent des Stadtgebiets waren betroffen. Häuser und Infrastruktur wurden schwer beschädigt, rund 3.000 Personen mussten evakuiert werden, die Eisenbahnlinie und die Staatsstraße waren blockiert, Wasser- und Gasversorgung unterbrochen. Nach jahrelangen Untersuchungen kamen die Behörden zum Schluss, dass eine Konsolidierung nicht möglich sei – einerseits wären dazu immense Summen nötig gewesen, andererseits rechnete man mit schwerwiegenden Auswirkungen auf die Umwelt. Um die Sicherheit der Bevölkerung zu gewährleisten, beschloss die Stadtverwaltung die Installation eines komplexen integrierten Monitoring-Systems für die ständige Überwachung der Rutschung.

Der betroffene Teil der Stadt Ancona umfasst rund 341,5 Hektar. Er liegt an einem Berghang ab einer Höhe von rund 170 m und erstreckt sich bis zum Meer. Die Regenfälle in den 15 Tagen vor dem Erdbeben am 13. Dezember 1982 waren zwar keineswegs außergewöhnlich gewesen, jedoch sehr ausdauernd – der unterirdische Wasserstand wurde konstant genährt. Nach der Katastrophe wurde auf nationaler und regionaler Ebene eine Reihe von Gesetzen erlassen, um die erforderlichen Mittel für Notmaßnahmen, Wiederaufbau und Sanierung des vom Erdbeben betroffenen Gebiets sowie zur Unterstützung der Bürger aufzubringen.

Im Anschluss an die ersten Notmaßnahmen wurden das betroffene Gebiet und die aufgetretenen Phänomene eingehend geprüft. Ziel war ein Plan zur Sicherung der dort befindlichen Wohnungen. Außerdem wurde ein Plan zur ständigen Überwachung des Rutschungsgebiets mit Hilfe von geodätischen und



geotechnischen Instrumenten erstellt, der die Ausarbeitung eines Notfallplans für den Zivilschutz ermöglichen sollte. Das Projekt wurde in zwei funktionale Abschnitte aufgeteilt. Für den ersten – die geodätische Instrumentierung – gewann Leica Geosystems im September 2006 die öffentliche Ausschreibung der Stadtverwaltung Ancona betreffend Lieferung und Installation eines integrierten hochpräzisen Monitoring-Systems.

Gemeinsam mit den Technikern der Stadtverwaltung Ancona wurde Ende 2006 mit der Installation begonnen, die im Sommer letzten Jahres abgeschlossen war. Im Oktober wurde anlässlich einer Präsentation vor der Bevölkerung die (noch laufende) Phase für den Anlauf und die Kalibration des Systems eingeleitet. Damit konnten die Verantwortlichen erste Ergebnisse analysieren und die im Zivilschutzplan anzuwendenden Alarmschwellen festlegen.



■ Der «Große Erdersch» aus heutiger Sicht.

Drei Stufen für maximale Sicherheit

Aufgrund der Größe des zu überwachenden Gebiets und der komplexen Morphologie der betroffenen Zonen umfasst das System drei Kontrollstufen:

- Die erste Alarmstufe besteht aus drei außerhalb der Rutschung befindlichen Hauptstationen, die mit Totalstation, Zweifrequenz-GPS und zweiachsigen Neigungssensor ausgestattet sind.
- Die zweite Stufe umfasst fünf innerhalb des Rutschungsgebiets aufgestellte Kontrollstationen mit der gleichen Instrumentierung.
- Die dritte Stufe, die aus einem Netzwerk aus 26 Einfrequenz-GPS besteht, umfasst die Überwachungsstationen, die auf den Wohnhäusern angeordnet sind, und alle Prismen-Punkte.

Für die Stationen des Netzwerks der 1. und 2. Stufe wurden ein Meter dicke Stahlbetonmasten zwischen 10 und 25 m tief ins Erdreich eingelassen. Sie ragen rund 3 m in die Höhe, auf ihnen befindet sich jeweils eine Totalstation Leica TCA2003. Die Antennen Leica AX1202 der GPS-Sensoren Leica GRX1200 sind auf Edelstahlmasten mit 10 cm Durchmesser und variabler Höhe befestigt. Die Stationen sind mit Stromversorgungs- und Kommunikationssystemen versehen.

Für die Stationen des Netzwerks der 3. Stufe wurden auf den Hausdächern Einfrequenz-GPS-Antennen und Solarmodule installiert, die mit den Schutz- und Stromversorgungskästen verkabelt sind. Auf den Wohnhäusern im betroffenen Gebiet sind rund 200 Prismen installiert, die von den sieben Totalstationen Leica TCA2003 angezielt werden.

Bis Mai 2008 keine signifikanten Bewegungen

Das System wird vollautomatisch vom Kontrollzentrum gesteuert, das sich rund 3 km vom überwachten Gebiet entfernt in Ancona befindet. Eine WLAN-HyperLAN-Hauptkommunikationsleitung ermöglicht die vollständige und laufende Echtzeit-Kontrolle aller im Feld befindlichen Sensoren. Auf den Computern im Kontrollzentrum sind die Software-Lösungen Leica GeoMoS und Leica GNSS Spider für das Sensorenmanagement und die Datenanalyse installiert. Spezielle Software-Module wurden eigens für das Management der Alarmbereitschafts-, Voralarm- und Alarmschwellen und die Aktivierung der Warnsysteme zum Personenschutz entwickelt. Auf das System kann per Internet zugegriffen werden – so können die Verantwortlichen jederzeit steuernd eingreifen.

Die Totalstationen Leica TCA2003 führen alle vier Stunden einen Messzyklus auf die Prismen aus. Die GPS-Sensoren zeichnen Messungen über eine Zeitdauer von sechs Stunden mit einer Datenrate von 15 Sekunden auf. Die Analyse der von Oktober 2007 bis Mai 2008 ermittelten Daten ergab, dass in diesem Zeitraum keine signifikanten Bewegungen zu verzeichnen waren.

Ein Jahr nach der Implementierung des Monitoring-Systems konnten die verantwortlichen Techniker die ersten Resultate analysieren. Diese für die Kalibrierung wichtige Zeit stellte einen wesentlichen Schritt dar bei der Festlegung der Alarmbereitschafts-, Voralarm- und Alarmschwellen.

Künftige Implementierungen

Der zweite funktionale Abschnitt des Überwachungsprojekts sieht die Lieferung und Installation von geotechnischen Tiefensensoren und hochpräzisen zweiachsigen Neigungssensoren vor. Die Integration von Sensoren und verschiedenen Technologien ermöglicht einerseits die effiziente Überwachung von komplexen gravitativen Phänomenen wie dieser Rutschung bei Ancona; andererseits können so dieses Phänomen und seine zeitliche Entwicklung anhand der erfassten Messwerte studiert werden. Damit können erforderlichenfalls gezielte und wirksame Konsolidierungsarbeiten geplant werden.

In Ancona müssen öffentliche Verwaltung und Bevölkerung aktiv mit einem schwerwiegenden Rut-

schungsphänomen leben. Es ist damit nicht zuletzt auch eine neue Philosophie: Die gewohnten statischen Konzepte der Ingenieurtechnik müssen überwunden werden, wo sich diese offenkundig als nicht umsetzbar oder zu teuer erweisen. Zugleich muss die Gefahr für die Bevölkerung minimiert werden, die im Gebiet dieser Rutschung lebt. ■

Zu den Autoren:

Massimo Magnani und Carlo Bonanno sind Mitarbeiter bei Leica Geosystems SpA in Italien. Massimo Magnani arbeitet im Technischen Support für Engineering & Solutions, Carlo Bonanno ist Vertriebsmanager Engineering & Solutions.



Projektumfang «Grande Frana di Ancona»

- 7 Totalstationen Leica TCA2003
- 7 GPS-Sensoren L1/L2 Leica GRX1200
- 26 GPS-Sensoren L1 Leica GX1210
- 230 Überwachungsprismen
- 40 Stromversorgungssysteme

- 1 Kommunikationssystem WLAN – HyperLAN
- 1 Echtzeit-Kontroll- und Leitzentrum für das Überwachungssystem mit der Software Leica GeoMoS und Leica GNSS Spider