

# FELSABTRAG ÜBER SBB-LINIE



**01** Die obersten Meter werden wegen akuter Absturzgefahr von Hand abgebaut. Der Felsturm war in dieser Phase mit Drahtseilnetzen eingepackt. Das Personal ist am Seilkran gesichert



**02** Der mechanische Felsabtrag erfolgte mittels Schreitbagger und Hydraulikhammer. Die obersten 12 m des Felspfeilers, die von Hand mittels Presslufthammer abgetragen wurden, sind hier bereits entfernt. Eine Seilbahn erschloss die Baustelle an exponierter Lage (Fotos, Plan und Diagramm: Geotest AG)

Im Februar 2006 stürzte bei Olten ein Gesteinspaket in den Gleisbereich der SBB und beschädigte die Fahrleitung. Da weiterhin mit Steinschlag gerechnet werden musste, veranlassten die SBB langfristige Schutzmassnahmen. Der Abtrag eines instabilen Felsens erfolgte vor einem Jahr, seither sind keine Betriebsunterbrüche infolge Felssturz mehr zu verzeichnen.

Die Bahnlinie Olten–Rothrist, die südlich von Olten am Fuss einer Felswand entlangführt, ist mit täglich mehr als 300 Zugbewegungen eine Strecke mit hohen Anforderungen bezüglich Sicherheit und Verfügbarkeit. Als im Februar 2006 ein Gesteinspaket mit einem Volumen von mehreren Kubikmetern auf die Gleise stürzte und die Fahrleitung beschädigte, mussten die SBB handeln. Als Sofortmassnahme wurde die Felsoberfläche im Ausbruchgebiet mit einem verankerten Drahtseilnetz abgedeckt. Ausserdem wurden gemäss Sicherungskonzept der SBB zwei Schutzmassnahmen in Abhängigkeit von der zu erwartenden Sturzenergie geplant: Oberhalb der Bahngleise installierte man in einem ersten Schritt Steinschlagschutznetze für

Sturzenergien bis 2000 kJ. Blöcke mit Kubaturen über 2.5m<sup>3</sup> musste man in einem zweiten Schritt direkt in der Felswand sichern. Dabei dienten die bereits erstellten Netze als zusätzlicher Schutz der Bahn während der Ausführung. Die grösste Gefahr ging von einem rund 26m hohen, instabilen Felspfeiler aus. Er bestand aus zwei übereinanderliegenden Felspaketen mit einem Gesamtvolumen von rund 1000m<sup>3</sup>, die gegeneinander treppenartig leicht versetzt waren (Abb. 3). Das obere Felspaket bildete den praktisch frei stehenden Pfeiler von etwa 10m Höhe. Das untere Paket bestand aus einer rund 16m hohen Felsscheibe, die durch eine steile, oberflächenparallele Kluft von der Unterlage abgelöst war. Zusätzlich war sie am Fuss auf der halben Breite unterschritten und bildete dort einen Überhang. Ein Versagen des Felsfusses hätte vermutlich zum Absturz des gesamten Pfeilers geführt, was die Kapazität der Rückhaltesysteme überstiegen hätte.

## RÜCKBAU STATT STABILISIERUNG

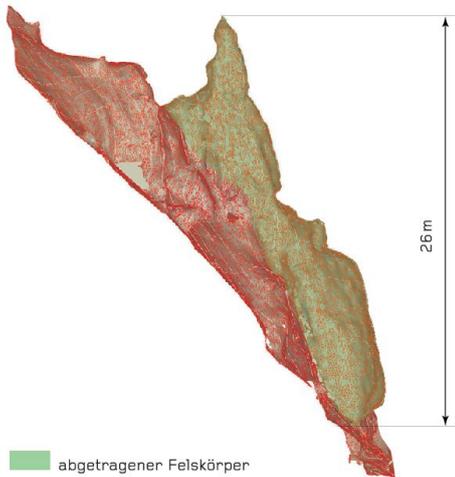
Nach der Prüfung einer Stabilisierung des Felspfeilers mittels Vorspannkern entschieden sich die SBB für den Rückbau des Felspfeilers. Damit konnte gegenüber der

Rückverankerung die potenzielle Sturzenergie reduziert werden. Zudem sind mit dieser Variante Bauwerkskontrollen nicht mehr notwendig, die Sanierung ist definitiv abgeschlossen.

Der Felsabtrag erfolgte zwischen September und November 2009 und wurde mechanisch ausgeführt. Sprengarbeiten waren wegen der Bahnlinie und einer in der Nähe vorbeiführenden Hochspannungsleitung nicht möglich.

## BAUSTELLE AN EXPONIERTER LAGE

Der Installations- und Umschlagplatz befand sich auf der Felskante oberhalb des abzutragenden Felspfeilers. Vom Mast auf dieser Felskante spannte sich das Tragseil der eingesetzten Seilbahn über den Felspfeiler zur talseitigen Verankerung. Auf diesem Seil lief ein ferngesteuerter Seilkran, der die Arbeitsstellen bediente. Die Schutterung erfolgte mittels Krankübel nach oben auf den Umschlagplatz. Als Baupiste diente ein bestehender Maschinenweg, der zu diesem Zweck mit einer Sauberkeitsschicht versehen und bis zur Felskante verlängert wurde. Die forstlichen Eingriffe konnten damit beschränkt werden. Durch die bergseitige Erschliessung wurden ausserdem transportbedingte Lärm-



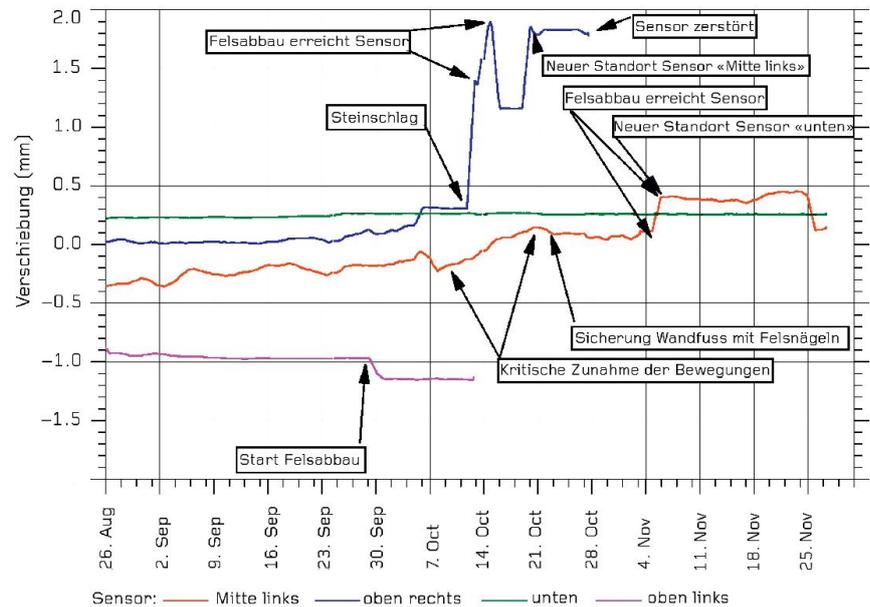
**03** Geländemodell des Felspfeilers vor dem Abtrag: Der instabile Felspfeiler bestand aus zwei leicht gegeneinander versetzten Felspaketen

und Staubimmissionen in Wohngebieten reduziert. Nach Abschluss der Arbeiten wurde die Baupiste rückgebaut.

### ÜBERWACHUNGSKONZEPT

Im August 2009 wurden vier Telejointmeter (Weggeber mit Datenübertragung) bei kritischen Klüften am Felspfeiler angebracht. Geringste Bewegungen auf den entsprechenden Klufflächen wurden so in Echtzeit registriert und grafisch dargestellt (Abb. 4); im Projektportal konnten die aktuellen Messwerte abgefragt werden. Die Telejointmeter massen nur geringfügige Felsbewegungen, die Abbauarbeiten und die Ausdehnung der Felsklüfte durch Witterungseinflüsse waren in der grafischen Darstellung gut erkennbar. Die an den Klüften zusätzlich angebrachten Gipssiegel waren für die redundante Überwachung nützlich.

Während der Bauphase wurden die Messwerte in ein Alarmierungssystem integriert. Bei Überschreitung vorgegebener Schwellenwerte erfolgte sofort eine Alarmierung des Baustellenpersonals mittels Drehlicht und Sirene sowie per SMS-Mitteilung an weitere Beteiligte. Nach einer Warnmeldung wurde die Situation durch Geologen und Unternehmer beurteilt. Gemeinsam mit der Betriebs-



**04** Aufzeichnung der Verschiebungsmessungen der Felsbewegungen während der Ausführungsarbeiten mit Telejointmeter. Mit der provisorischen Vernagelung konnten die Bewegungen am Fuss des Felspfeilers (rote Linie) gestoppt werden

führung und der technischen Leitstelle der SBB legte man anschliessend weitere Massnahmen fest. Mit fortschreitendem Felsabbau mussten die Messwertgeber versetzt oder entfernt werden. Trotz Massnahmen zum Schutz der Messvorrichtung kam es durch Steinschlag wiederholt zu Beschädigungen der Kabel; ein Messwertgeber wurde zerstört. Auch diese Ereignisse lösten Warnmeldungen aus.

### FELSABTRAG

Mit dem Felsabtrag konnten sämtliche instabilen Partien – total 890m<sup>3</sup> fester Malmkalk – entfernt werden. Ein grosser Teil davon konnte direkt für die Erstellung von Forststrassen verwendet werden. Der Abtrag des labilen Felsturmes erfolgte für die obersten vier Meter von Hand mittels Presslufthammer. Die Seilbahn diente in dieser Phase als Personalsicherung. Danach kam ein Schreitbagger mit einem hydraulischen Abbauhammer zum Einsatz (Abb.2); er wurde über die Felskante zur Arbeitsstelle abgeseilt. Seitlich des Felspfeilers angeordnete Stahlpalisaden fingen das Abbruchmaterial auf, und Minibagger luden den Schutt in den Krankübel.

Als die halbe Abtraghöhe erreicht war, zeigte der untere Messwertgeber eine kritische Zu-

nahme der Felsbewegungen, worauf der Abbau unverzüglich gestoppt und die fragliche Felspartie vorübergehend verankert wurde. Im unteren Drittel der Felsmasse kam eine bis anhin nicht sichtbare, verlehnte Kluft zum Vorschein, dadurch war der instabile Felskörper noch grösser als ursprünglich angenommen. Die letzten abzubauenen Felskubikmeter brachen nicht unerwartet auf diese Kluffläche ab. Dies zeigte eindrücklich, in welchem kritischen Gleichgewicht sich die gesamte Felsmasse vorher befunden hatte.

**Reto Hänni**, Geotest AG, reto.haenni@geotest.ch

**Kaspar Graf**, Geotest AG, kaspar.graf@geotest.ch

**Christoph Haemmig**, Geotest AG, christoph.haemmig@geotest.ch

**Valentin Raemy**, Geotest AG, valentin.raemy@geotest.ch

**Christian Marty**, SBB Infrastruktur, Projekte Region Mitte, christian.marty@sbb.ch

**Thomas Leisinger**, SBB Infrastruktur, Projekte Region Mitte, thomas.leisinger@sbb.ch

**Maurus Hess**, Gasser Felstechnik AG, he@felstechnik.ch

**Ruedi Degelo**, Gasser Felstechnik AG, rd@felstechnik.ch