

Multiples Früherkennungssystem an Felswänden oberhalb einer Eisenbahnstrecke im Berner Oberland

Autor(en): **Gruner, Ueli / Utelli, Hans-Heini**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **114 (2016)**

Heft 12

PDF erstellt am: **11.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-630672>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Multiple Früherkennungssystem an Felswänden oberhalb einer Eisenbahnstrecke im Berner Oberland

Aus den Felswänden einer Bergstrecke der Lötschberg-Eisenbahnlinie zwischen dem Berner Oberland und Wallis (Schweiz) haben sich immer wieder für den Bahnbetrieb einschneidende Sturzereignisse ereignet. Deswegen wurden schon früher zahlreiche und aufwändige Schutzbauten erstellt und bis heute immer wieder ergänzt. Diese können jedoch grossvolumige Stürze nicht zurückhalten. Um das verbleibende Todesfallrisiko weiter zu reduzieren, wurde ein multiples Früherkennungssystem eingerichtet. Die Überwachungsmethoden reichen von einfachen Handmessungen (Abstandserfassung zwischen zwei Bolzen) über bewährte Verfahren wie Tachymetrie und Telejointmeter bis zur modernsten Technologie (Laser- und Radar-Scanning). Für die Umsetzung der Ergebnisse aus dieser Messüberwachung besteht ein detailliertes Frühwarndispositiv, das die einzelnen Handlungsschritte bei relevanten Felsbewegungen aufzeigt.

Des paroisses rocheuses d'un tronçon de faite de la voie ferroviaire du Lötschberg entre l'Oberland bernois et le Valais ont régulièrement été le théâtre de décrochements de matériaux entravant sérieusement l'exploitation du trafic ferroviaire. Pour cette raison de nombreux et coûteux ouvrages de protection ont déjà été construits à l'époque et complétés au fur et à mesure. Ceux-ci ne peuvent cependant pas retenir des chutes de gros volumes. Afin de réduire d'avantage le risque résiduel d'accidents mortels un système de détection précoce multiple a été installé. Les méthodes de surveillance vont des simples mesures manuelles (saisie de distance entre deux boulons) jusqu'aux procédés éprouvés de la tachymétrie et téléjointmètre et aux technologies les plus modernes (scannage laser et radar). Pour la mise en oeuvre des résultats issus de cette surveillance par mensuration il existe un dispositif détaillé d'alerte précoce qui indique les pas d'intervention successifs lors de mouvements de roche significatifs.

Dalle pareti rocciose sul tracciato di montagna del Lötschberg, tra l'Oberland bernese e il Vallese, si staccano regolarmente delle frane che bloccano la linea ferroviaria. Per questo motivo, già in passato, si sono erette tante ingenti opere di protezione che continuano a essere completate. Tuttavia, questi ripari non riescono a bloccare i frammenti di grande portata. Per ridurre ulteriormente il rischio residuo di decessi si è piazzato un sistema di avvertimento precoce. I metodi di sorveglianza spaziano dalle semplici misurazioni manuali (rilevamento della distanza tra due bulloni) ai processi affermati della tacheometria e del telejointmeter e alla moderna tecnologia (laserscanning o radarscanning). Per la trasposizione dei risultati di questo monitoraggio della misurazione esiste un dispositivo dettagliato di avvertimento precoce che in singoli processi indica i movimenti significativi della roccia.

U. Gruner, H. H. Utelli

Die BLS Netz AG betreibt auf der Strecke zwischen Bern und Brig (Abb. 1) seit über 100 Jahren die Lötschberglinie, welche Gebiete nördlich der Alpen mit Italien verbindet. Auch nach der Eröffnung des Lötschberg-Basistunnels im Jahr 2007 wird die doppelspurige Bergstrecke zwischen Frutigen und Brig zum Transport von Personen und Gütern verwendet. Auf dem rund 17 km langen Abschnitt zwischen Frutigen und Kandersteg im Berner Oberland verläuft die Bahnlinie unter teilweise hohen Felswänden. Für die Bahnlinie besteht auf vielen Abschnitten ein grosses Gefahrenpotenzial. So kam es in der Vergangenheit immer wieder zu Felsstürzen, welche neben Sachschäden zum Teil auch mehrtägige Bahnunterbrüche verursachten. Im Rahmen einer Gefahren- und Risikoanalyse wurden für die gravitativen Naturgefahrenprozesse auf der Bahnstrecke Frutigen – Kandersteg diejenigen Abschnitte ausgeschieden, bei welchen für Mensch und Anlage ein erhöhtes Risiko besteht (Utelli et al., 2016). Als Schutzziel wurde festgelegt, dass das durch Naturgefahren verursachte, zusätzliche individuelle Todesfallrisiko für Bahnreisende nicht mehr als 1×10^{-5} /Jahr betragen soll. Um dies zu erreichen, wurde ein Massnahmenkonzept bzw. -plan erarbeitet. Dieser sieht neben den bereits weitgehend umgesetzten baulichen Massnahmen auch organisatorische Massnahmen vor. Dazu zählt nebst einer elektronischen Steinschlagüberwachung in den bestehenden Schutznetzen (mit vorübergehendem Fahrleitungsunterbruch bei einem Input) ein in den letzten Jahren eingerichtetes, multiples Früherkennungssystem für Felsbewegungen. Mit diesem System (bzw. mit den bei signifikanten Bewegungen vorzunehmenden Massnahmen) kann das nach den baulichen Massnahmen verbleibende Personenrisiko nochmals um rund $\frac{2}{3}$ reduziert werden. Die Früherkennung beruht auf sieben

Vortrag im Rahmen der Interpraevent 2016 in Luzern

verschiedenen Messmethoden (vgl. Tab. 1), die weiter unten näher beschrieben werden. Für das System gelten gewisse, vor allem geologisch bedingte Voraussetzungen, auf die im nachfolgenden Kapitel näher eingegangen wird.

Voraussetzungen für das Früherkennungssystem

Bei einer Früherkennung von grösseren Felsbewegungen im Überwachungsgebiet gehen die Bearbeiter von folgenden Voraussetzungen aus:

1. Grössere Felspartien brechen in der Regel nicht spontan ab. Felsinstabilitäten entstehen nämlich durch einen häufig Monate oder sogar Jahre dauernden Entfestigungs- und Ablösungsprozess in Form eines Kohäsionsabbaus. Sie kündigen sich somit in erster Linie durch eine Beschleunigung der Felsbewegungen an. Diese fortschreitenden Ablösungsprozesse können durch eine gut instrumentierte und an den massgeblichen Stellen eingerichtete Felsüberwachung meist rechtzeitig erkannt werden.
2. An die Messgenauigkeit sind unterschiedliche Anforderungen zu stellen. Bei grösseren Felsmassen sind Bewegungen in der Grössenordnung von cm bis dm möglich, ohne dass ein Absturz erfolgt. Eine Messgenauigkeit im mm-Bereich ist somit absolut genügend. Dies umso mehr, als sich infolge von Temperaturschwankungen Felsbewegungen ergeben können, die allein im Tagesverlauf Unterschiede von bis zu 1 mm und im Jahresverlauf solche von bis zu 4 mm zeigen, ohne dass sich dabei eine generelle Veränderung der Felsstabilität ergibt (Gruner 2008, Gruner 2012).
3. Bei einer frühzeitigen Erkennung von relevanten Bewegungen bleibt in der

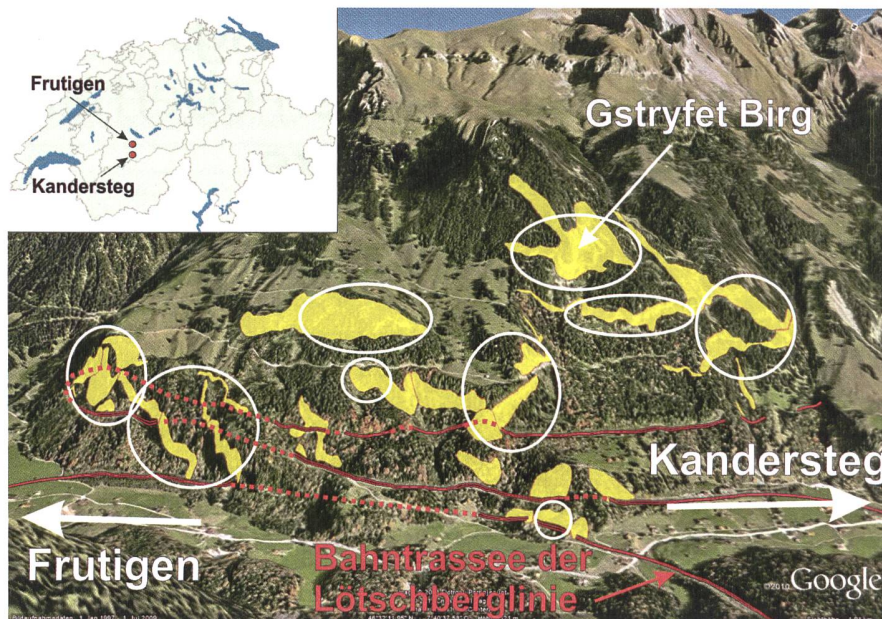


Abb. 1: Situation des Überwachungsgebiets der Eisenbahnstrecke Frutigen–Kandersteg (Lötschberglinie, rot markiert) mit den rund 30 Liefergebieten (Flächen) und den Gefahrengebieten (eingekreiste Flächen).

reich ist somit absolut genügend. Dies umso mehr, als sich infolge von Temperaturschwankungen Felsbewegungen ergeben können, die allein im Tagesverlauf Unterschiede von bis zu 1 mm und im Jahresverlauf solche von bis zu 4 mm zeigen, ohne dass sich dabei eine generelle Veränderung der Felsstabilität ergibt (Gruner 2008, Gruner 2012).

Regel genügend Zeit, um entsprechende Massnahmen vor einem definitiven Absturz zu ergreifen (z. B. Sprengungen, bauliche Massnahmen etc.).

Geologie und Liefergebiete der Sturzprozesse

Die Felswände oberhalb der Bahnlinie bestehen aus zum Teil massigen Kalken und Kieselkalken der Kreide (Wildhorn-Decke des Helvetikums). Die ausgeprägten Verfaltungen und Verschuppungen der Schichtabfolgen führen dazu, dass das Gestein ein zum Teil enges Trennflächengefüge aufweist. Diese Ausgangslage hat zur Folge, dass es im Untersuchungsgebiet immer wieder zu Stein- und Blockschlag sowie auch zu Felsstürzen (> 100 m³) gekommen ist. Im Rahmen der eingangs erwähnten Gefahren- und Risikoanalyse wurden im Untersuchungsgebiet rund 30 Liefergebiete für Sturzprozesse ausgeschieden. Einige davon stellen für die Bahnlinie jedoch keine Gefährdung dar (Tunnels, ausreichend dimensionierte Schutzbauten, geringe Reichweite der Sturzkörper etc.). Es verbleiben neun so genannte Gefahrengebiete, aus denen grobblockige Felsteile

| Messmethoden | Anzahl Messpunkte | Messrhythmus/Jahr | Messgenauigkeit |
|-----------------------|-------------------------|-------------------|----------------------|
| Tachymetrie | 41 | 2 x | ca. 1 mm |
| Handmessstellen | 70 | 2 x | ca. 1 mm |
| Siegel | 32 | 2 x | ca. 0.5 mm (Risse) |
| Radar-Scanning | 3 Gefahrengebiete | 1 x | ca. 1 mm |
| Laser-Scanning | 2 Gefahrengebiete | 1 x | ca. 2 cm bis 4 cm |
| Telejointmeter | 3 x 3 («Gstryfet Birg») | permanent | 0.1 mm |
| Inklino-/Extensometer | 6 («Gstryfet Birg») | alle 3 Jahre | 1 mm auf 10 m/0.1 mm |

Tab. 1: Zusammenstellung der Messmethoden für die Erfassung von Felsbewegungen oberhalb der Eisenbahnstrecke Frutigen–Kandersteg.

oder sogar grossvolumige Felspartien ausbrechen und trotz den errichteten Schutzwerken bis auf die Bahnlinie gelangen können (Abb. 1). Das Ziel des Früherkennungssystems ist es, diese potenziellen grossen Felsinstabilitäten messtechnisch möglichst vollständig und frühzeitig zu erfassen, um allfällig notwendige Massnahmen rechtzeitig ergreifen zu können.

Messmethoden

Tachymetrie

Drei Gefahrengelände werden tachymetrisch überwacht (total 41 Reflektoren, Messdistanz ca. 600 bis 800 m). Die Reflektoren wurden an grösseren, potenziell instabilen Felspartien (meist > mehrere 10 m³) montiert, wo klare Ablösungsercheinungen vom gesunden Felsverband festgestellt werden konnten. Vorteilhaft ist, dass die tachymetrische Fernüberwachung nebst der genügenden Genauigkeit von rund 1 mm auch kostengünstig ist und bei Bedarf problemlos um weitere Messpunkte ergänzt werden kann. Zudem können die Messpunkte, falls notwendig, auch permanent gemessen und mit Schwellenwerten (z. B. für eine Intervention) versehen werden. Nachteilig ist bei dieser Methode, dass sie bei schlechter Sicht (Nebel) keine brauchbaren Resultate liefert und zudem nur eine bedingte räumliche Aussagekraft hat.

Handmessungen

Die insgesamt 70 Handmessstellen (total 130 Messpunkte) und die 32 Siegel liegen verteilt auf alle neun Gefahrengelände. Die Messstellen befinden sich an Felsklüften, d.h. es werden in der Regel nur Teilbereiche einer Felsinstabilität gemessen. Dank der speziell konstruierten Messspitzen (aufgeschraubt auf in den Fels eing Bohrten Bolzen) liegt die Messgenauigkeit im mm-Bereich. Die Messstellen wurden an mittelgrossen, potenziell instabilen Felspaketen eingerichtet (ca. 5 bis 50 m³), bei welchen infolge der Vegetation kaum eine andere sinnvolle Überwachungsmöglichkeit bestand. Vorteilhaft ist, dass die Handmessungen

nebst der genügenden Genauigkeit auch kostengünstig sind und bei Bedarf problemlos um weitere Messstellen ergänzt werden können. Nachteilig ist bei dieser Methode, dass das Gefahrengelände jeweils begangen werden muss; zudem besteht nur eine bedingte räumliche Aussagekraft.

Siegel

Die 32 eingerichteten Siegel aus Zement wurden meist als Ergänzung zu den Handmessstellen an den gleichen Gefahrenstellen angebracht. Es gelten die gleichen Merkmale wie bei der Handmessmethode.

Radar-Scanning

Mit einem Radar-Scanning (Radar Interferometrie) können von einem Geländestandort aus mittels eines mobilen Radargerätes ganze Felswände abgetastet werden (vgl. Wiesmann, Gruner 2011). Bei einer Messdistanz von rund 700 m bis 900 m beträgt die Messgenauigkeit rund 1 mm und die minimal detektierbare Felsfläche ca. 6 m². Mit dem Radar-Scanning werden von einem Standort aus drei Gefahrengelände überwacht. Vorteilhaft ist, dass das Radar-Scanning nebst der genügenden Messgenauigkeit eine grosse Felsfläche mit einer einzigen Messung erfasst und dass das Gerät auch permanent eingesetzt und mit einer Alarmierungsanlage kombiniert werden kann. Nachteilig ist bei dieser Methode, dass sie relativ teuer ist und dass die

Vegetation in der Felswand falsche Signale übermitteln und so eine vermeintliche Bewegung darstellen kann.

Laser-Scanning

Mit dem mobilen Gerät für das Laser-Scanning kann ebenfalls eine Felswand als Ganzes erfasst werden. Die Messgenauigkeit ist bei dieser Methode jedoch mit 2 cm bis 4 cm bedeutend niedriger als bei allen übrigen Messverfahren. Diese Messmethode wird bei zwei Gefahrengeländen eingesetzt, wo die Messdistanzen relativ gering sind (ca. 300 m bis 500 m) und die Messgenauigkeit somit etwas besser ist. Die minimal detektierbare Felsfläche liegt bei wenigen m². Die gegenüber dem Radar-Scanning geringere Messgenauigkeit wird durch die geringeren Kosten etwas aufgewogen. Auch beim Laser-Scanning kann das Gerät für eine permanente Überwachung eingesetzt werden. Nachteilig ist, dass auch hier die Vegetation in der Felswand falsche Signale bzw. eine vermeintliche Bewegung suggerieren kann.

Telejointmeter

Im zentralen Abschnitt der Strecke Frutigen–Kandersteg befindet sich, etwa 300 Höhenmeter über der Bahnlinie, eine grosse instabile Partie mit einer Kubatur von rund 100 000 m³ («Gstryfet Birg»). Die rund 100 m hohe Felswand ist bergseits zum grossen Teil durch eine weit offene Hauptklüft vom stabilen Wandbe-

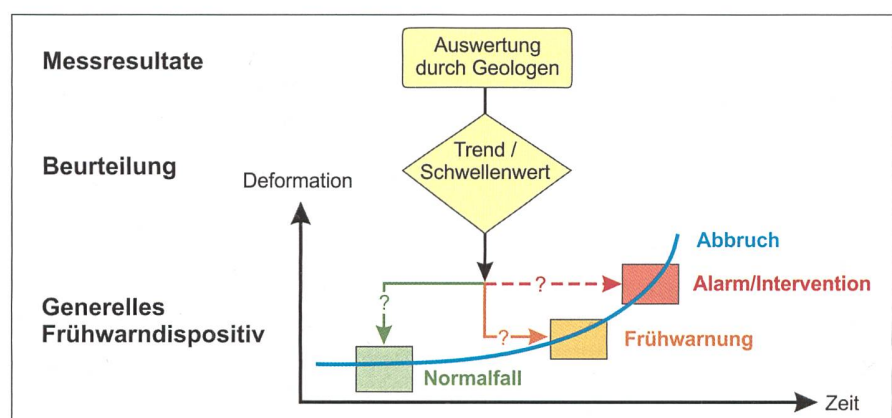


Abb. 2: Schematische Darstellung des Verfahrensablaufes beim Frühwarndispositiv der Eisenbahnstrecke Frutigen–Kandersteg.

reich abgetrennt. Die felsmechanisch mögliche Kippbewegung der labilen Felsmasse wird – neben tachymetrischen Messungen – mittels an drei Standorten der Hauptkluft angeordneten Telejointmeter permanent, d. h. jede Minute, erfasst.

Inklino-/Extensometer

Gemäss dem geologischen Modell bewegt sich die instabile Gebirgsmasse des «Gstryfet Birg» entlang von mehreren Gleitebenen talwärts. Zur Früherkennung solcher Gleitbewegungen werden ergänzend in sechs Bohrlöchern periodisch Inklino- und Extensometermessungen gemacht.

Frühwarn- und Alarmdispositiv

Durch das grosse Spektrum von Messmethoden mit regelmässigen Messungen wird eine grosse Anzahl von Messwerten generiert. Um diese Resultate sinnvoll und praxistauglich zu verarbeiten, wurde im Jahr 2012 zusammen mit dem Früherkennungssystem ein Frühwarndispositiv mit einem detaillierten Verfahrensablauf entwickelt (Abb. 2). Grundsätzlich wird mit der Festlegung von Schwellenwerten zurückhaltend umgegangen, dies v. a. auch, um vorsorgliche Sperrungen der Bahnlinie wegen unbegründeter Alarme möglichst zu vermeiden. Die Beurteilung erfolgt deshalb schrittweise in Bezug auf die relativen Bewegungen (Trendbeurteilung). Gemäss dem Dispositiv ist es die Funktion und Aufgabe des Geologen, die Messergebnisse regelmässig zu beurteilen und zu interpretieren. Zeigen einzelne Messwerte signifikante Felsbewegungen, findet eine Feldbeurteilung statt, und das Messdispositiv wird gegebenenfalls ergänzt und/oder der Messrhythmus erhöht. Die Bahnbetreiberin – die BLS Netz AG – wird bei diesen Schritten jeweils informiert. Werden Schwellenwerte relevant überschritten, kann eine permanente Felsüberwachung eingerichtet werden (mit Alarmdispositiv).

Denkbar sind zudem sofortige bauliche Massnahmen, wie z. B. Fellsicherungen oder auch Sprengungen. Im Notfall kann

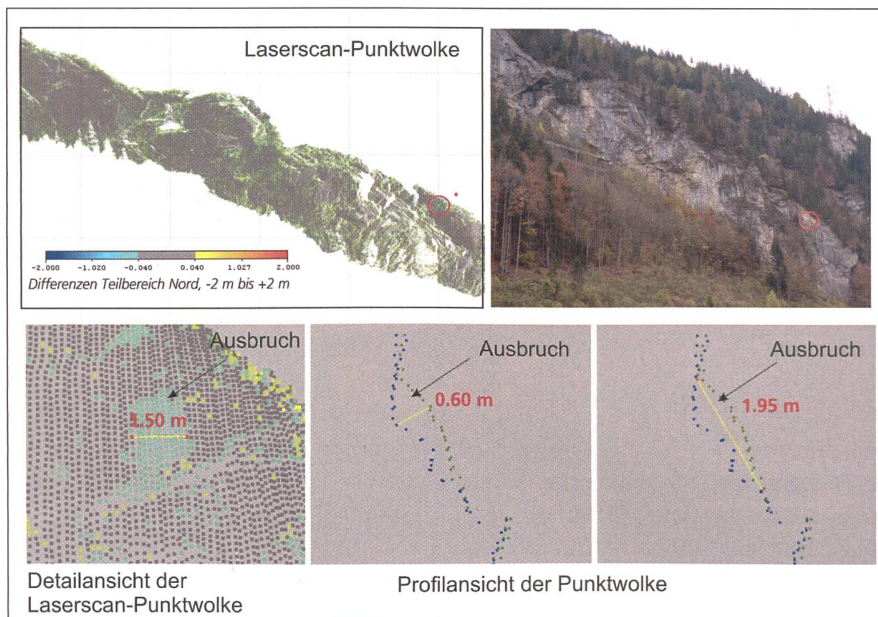


Abb. 3: Aufnahme eines Laser-Scanning mit festgestelltem Felsausbruch von rund 2 m³ (Kreis; oben), Darstellung des Felsausbruchs als Punktelwolke (Fläche, Profile; unten).

die Strecke gesperrt werden. Bei diesen Schritten – als Intervention bezeichnet – wird die Bahnbetreiberin in die Entscheidung und auch in die Verantwortung eingebunden. Bei der grossen, rund 100 000 m³ umfassenden, labilen Felspartie «Gstryfet Birg» wurde das Zeitfenster zwischen periodischen Einzelmessungen als (zu) lang betrachtet, d. h. die Felsbewegungen werden dort bereits seit längerer Zeit permanent mit Telejointmeter erfasst. Es besteht ein separates Alarmdispositiv mit definierten Schwellenwerten für die einzelnen Gefahrenstufen. Für jede der vier ausgeschiedenen Gefahrenstufe (Normalfall, Warn-, Alarm- und Interventionsstufe) gibt es einen Vorgehensplan mit jeweils einzelnen Vorgehensschritten und Meldeabläufen.

Ergebnisse

Seit der Einführung des integralen Früherkennungssystems im Jahr 2012 haben sich keine relevanten Felsbewegungen ergeben, welche eine wichtige Handlung im Sinne des Frühwarndispositivs ausgelöst hätten. Handmessungen, Siegelüberwachung, tachymetrische wie auch Inklino- und Extensometermessungen zeigten

bisher keine beschleunigenden Felsbewegungen. Allerdings ist bei den bereits seit über zehn Jahren laufenden, tachymetrischen Messungen am «Gstryfet Birg» ein klarer, talwärts gerichteter Trend der Bewegung erkennbar (jährlich jeweils ca. 1–2 mm); dies wird jedoch gemäss Frühwarndispositiv als «Normalfall» betrachtet.

Die permanenten Bewegungsmessungen mittels Telejointmeter am «Gstryfet Birg» zeigen den erwähnten Trend der Bewegung ebenfalls. Allerdings sind hier die Temperatur bedingten bzw. jahreszeitlichen Einflüsse auf die Felsbewegungen erkennbar: Im Winter bei kalter Witterung erfolgt eine Kontraktion des Gesteins und somit eine leichte Öffnung der Kluft. Im Sommerhalbjahr weitet sich die Gesteinsmasse etwas aus und die Kluft schliesst sich leicht (vgl. Gruner 2008). Diese felsmechanische Erkenntnis dient auch zur Interpretation der Einzelmessungen bei den anderen Messmethoden.

Das Radar-Scanning im Abschnitt Frutigen–Kandersteg zeichnete im Sommer 2016 bei einer grösseren Felsmasse Bewegungen im mm-Bereich auf. Die anschliessende Verifizierung im Feld ergab eindeutig, dass sich ein Felspaket von

rund 2500 m³ mit einer offenen Spalte vom stabilen Felsverband abgelöst hatte. Auch mittels Laser-Scanning konnten auf der Strecke Frutigen–Kandersteg bisher keine Felsbewegungen frühzeitig detektiert werden. Hingegen wurden kleinere Felsabbrüche festgestellt (Volumen bis ca. 5 m³; vgl. Abb. 3), wo allerdings vorgängig keine entsprechenden Signale festgestellt wurden. Dies dürfte einerseits auf die eher schlechte Messgenauigkeit zurückzuführen sein, andererseits aber auch auf das Messintervall (jährliche Messung), innerhalb welchem es zu einer schnellen Ablösung aus dem Felsverband gekommen ist. Dank dem Hinweis aus dem Laser-Scanning wurden die einzelnen Stellen nach dem Ereignis jeweils besichtigt, um nach allfällig verbleibenden Felsinstabilitäten zu suchen (was aber nicht der Fall war).

Schlussfolgerungen

Ein integrales Früherkennungssystem kann, falls es stufengerecht und massgeschneidert auf die Lokalverhältnisse eingerichtet wird, für die Sicherheit der Bahn einen wichtigen Beitrag leisten. Dabei ist eine Kombination von bewährten Messmethoden (z. B. Handmessungen) und moderner Technologie (z. B. Radar-Scan-

ning) anzustreben. Entscheidend ist jedoch, dass die Messergebnisse durch erfahrene, mit den lokalen Verhältnissen vertraute Geologen ausgewertet und interpretiert werden. Dazu braucht es nicht nur Fachwissen, sondern auch eine auf Erfahrung aufgebaute Intuition, um die Signale eines kommenden Ereignisses rechtzeitig zu erkennen und entsprechend zu interpretieren. Dies bedeutet, dass der Geologe ein gewisses Mass an Gelassenheit aufweisen sollte, damit die Bahnstrecke nicht bereits bei kleinen Felsbewegungen gesperrt wird. Es bedeutet aber auch, dass er die Messresultate selbst in ruhigen Zeiten mit Aufmerksamkeit verfolgen sollte, damit er relevante Bewegungssignale – im Sinne der Frühwarnung – rechtzeitig erkennt.

Literatur:

- Gruner U. (2008). Klimatische und meteorologische Einflüsse auf Sturzprozesse. *Proceed. Conf. INTERPRAEVENT 2008/2*: 147–158.
- Gruner U. (2012). Sturzereignisse in der Schweiz – eine statistische Auswertung. *Swiss Bull. angew. Geologie 17/2*: 63–71.
- Utelli H.-H., Kuster F., Pfammatter Ch. (2016). Integrales Naturgefahrenmanagement der BLS AG. *Proceed. Conf. INTERPRAEVENT 2016*.

Wiesmann A., Gruner U. (2011). Radar-Interferometrie im Einsatz für die Stabilitätsüberwachung von grossflächigen Felswänden. *Swiss Bull. angew. Geologie 16/1*: 51–55.

Original (leicht ergänzt) veröffentlicht in: Gruner U., Utelli H.H. (2016): Multiple early warning system on rock walls above a railway line in the Bernese Oberland (Switzerland) (Multiples Früherkennungssystem an Felswänden oberhalb einer Eisenbahnstrecke im Berner Oberland Schweiz). In: Koboltschnig G., Kienholz H., Laigle D., Mikoš M., Rudolf-Miklau F., Stoffel M. (eds.) *Proceedings of the 13th Congress INTERPRAEVENT 2016*, 30 May–2 June 2016, Lucerne, Switzerland: 553–560.

Ueli Gruner
Dr. phil. nat., Geologe
Kellerhals+Haefeli AG
CH-3011 Bern
ueli.gruner@k-h.ch

Hans-Heini Utelli
dipl. Natw. ETH Geologe CHGEOcert
Impuls AG
Seestrasse 2
CH-3600 Thun
hans-heini.utelli@impulsthun.ch

**SIE VERÄNDERT ALLES.
VERMESSUNG. LASERSCANNING.
BILDAUFNAHMEN.**

NEXT
GENERATION:
TRIMBLE SX10
SCANNING
TOTALSTATION

Hochgenaue Totalstation, Laser-scanning mit 26.600 Punkten pro Sekunde und vier Kameras für perfekte Bildaufnahmen: die neue Trimble SX10 Scanning Totalstation.





www.mebgroup.ch



Weitere Informationen unter www.allnav.com

