Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 139 (2013)
Heft: 31-32: Achtung Naturgefahr!

Artikel: Elektronisch Warnen
Autor: Sättle, Martin / Meier, Lorenz
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-349273

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.01.2026

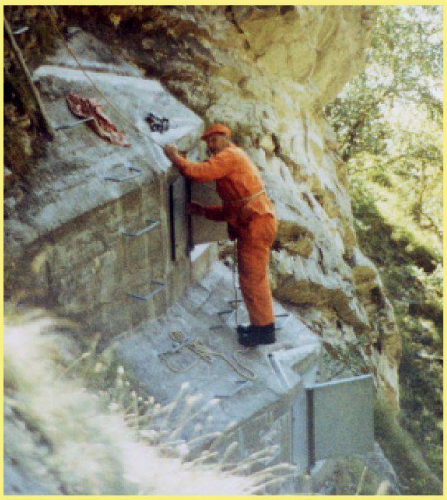
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ELEKTRONISCH WARNEN

In den letzten Jahren haben elektronische Warnsysteme zur Reduktion der Risiken durch Naturgefahren beigetragen. Sie sind kostengünstiger und schneller realisierbar als bauliche Massnahmen wie Steinschlagnetze, Dämme und Galerien; zudem erfordern sie geringere Eingriffe in die Landschaft.[1] Wo welche Bauart am besten eingesetzt werden kann, zeigt der folgende Überblick über die verschiedenen Systeme und ihre Funktionsweisen, der im Rahmen einer Dissertation am Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF in Davos erarbeitet wurde.[2]

Titelbild
Felsinstabilitäten sind typische Einsatzgebiete für elektronische Systeme zur Warnung vor Naturgefahren. Felsstürze kündigen sich in der Regel durch messbare Bewegungen vor dem Ereignis an. (Foto: GEOPRAEVENT AG)

Warnsysteme liefern vor einem Schadenereignis Warninformationen und ermöglichen dadurch, das potenzielle Schadenausmass zu minimieren.[3] Dabei sollen lokale Systeme dafür sorgen, dass sich keine Personen, Tiere oder mobilen Objekte im Gefahrenbereich aufhalten. Das erste automatische Warnsystem in der Schweiz war die im Jahr 1937 von der Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn (BLS) installierte Lawinenmeldeanlage Mahnkinn an der Lötschberg-Südrampe im Kanton Wallis (Abb. 01). Heute sind zahlreiche Systeme zur lokalen Warnung vor Murgängen, Steinschlag und Bergstürzen, Schneelawinen und spontanen Flutwellen aus Gletscherseen in Betrieb.
Moderne Warnsysteme bestehen aus drei technischen Hauptelementen – Monitoring, Dateninterpretation und Ausgabe der Warninformation –, sie beziehen aber auch menschliche Entscheidungen ein. Trotz ihrer Vielfältigkeit lassen sich die derzeit eingesetzten Systeme zwei Typen zuordnen, nämlich Grenzwert- und Analysesystemen (Abb. 04). Beide Typen besitzen ein jeweils charakteristisches Systemdesign, das durch die Wahl der Monitoringparameter vorgegeben ist. Oft sind beide Typen in einer Anlage kombiniert.
In diesem Artikel werden charakteristische Systemkomponenten und aktuelle Technologien für beide Typen mit ihren Einsatzmöglichkeiten und Vor- und Nachteilen erläutert. In einem zweiten Schritt entwickeln die Autoren derzeit eine Methode zur Bewertung der Zuverlässigkeit dieser Warnsysteme, damit sie sich mit altbewährten Massnahmen wie Schutznetzen und Dämmen vergleichen lassen und als Standardmassnahme in das Integrale Risikomanagementkonzept des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz (BABS) eingebunden werden können.



01 Als erstes automatisches Warnsystem der Schweiz installierte die Bern-Lötschberg-Simplon-Bahn (BLS) 1937 diese Lawinenmeldeanlage im Mahnkinngraben zwischen den Stationen Ausserberg und Hohtenn westlich von Visp VS. Die zwei übereinander angeordneten Klappen ragen in einem Winkel von 45° in den Graben hinaus und werden durch eine Lawine geschlossen, wodurch die Signale entlang der Strecke auf Rot geschaltet werden. (Foto: BLS)

MONITORING

Die Monitoringeinheit von Warnsystemen besteht aus mehreren gleich- oder verschiedenartigen Sensoren. Die Sensoren erfassen spezifische Parameter der Natur und übersetzen sie in elektronische Signale, die die Grundlage für einen späteren Warnentscheid bilden.
In entlegenen Gebieten ist die Energieversorgung oft nur mit grösserem Aufwand sicherzustellen, daher werden hier bevorzugt autarke und wartungsarme Energiequellen wie Solarzellen oder Batterien eingesetzt. Die Stromversorgungseinheit, der Datenlogger und die Sensoren sind im Feld meist über Kabel verbunden. In seltenen Fällen kommunizieren die Sensoren und der Logger über Funk (Abb. 04).
Analyse- und Grenzwertsysteme unterscheiden sich in der Art der Sensoren in der Monitoringeinheit und folglich in der Wahl der Parameter, die überwacht werden. Sensoren von Analysesystemen registrieren indirekte Veränderungen in der Umgebung vor dem Ereignis und zugehörige Prozesse, die das eigentliche Ereignis einleiten – etwa das langsame, kontinuierliche Öffnen einer Kluft im Berg, bevor es zu einem Felssturz kommt (Abb. 02). Sensoren von Grenzwertsystemen erfassen direkte dynamische Parameter, die durch den Prozess selbst erzeugt werden und nur während eines Ereignisses auftreten, bei einem Murgang etwa die ansteigenden Pegelhöhen im Gerinne und die Erschütterungen im Boden.

02 Überwachung einer Felsinstabilität durch die Messung von Kluftweiten.
03 Ein Gletschersee wird durch die Messung des Wasserpegels und periodische Kameraaufnahmen überwacht, damit bei einem Auslaufen rechtzeitig gewarnt werden kann.
(Fotos: GEOPRAEVENT AG)

Je nach Naturgefahrenprozess können verschiedene Parameter überwacht werden (Abb. 05). Neben direkten und indirekten Monitoringparametern gibt es solche, die sowohl die Funktion eines direkten als auch eines indirekten Parameters übernehmen können. Die Überwachung des Seepegels in einem Gletschersee ist beispielsweise ein indirekter Parameter und Input für ein Analysesystem, das das verfügbare Wasservolumen einer Flutwelle ermittelt. Kommt es durch das Ausbrechen einer Flutwelle plötzlich zu einem Absinken des Pegels, ist der Seepegel ein direkter Monitoringparameter, und das System mutiert zu einem Grenzwertsystem (Abb. 03). Da sich mit dem Zustand des Parameters auch die Systemklasse ändert, ist der Übergang zwischen den Systemtypen oft fliessend.

DATENINTERPRETATION

Der Datenlogger bildet die Schnittstelle der Bereiche Monitoring und Dateninterpretation. Er steuert die Sensoren, liest die von ihnen erfassten Daten aus und dient ausserdem als Zwischenspeicher und Interpretationstool für diese Daten, initiiert deren Übertragung oder die Ausgabe von Warninformationen. Im Bereich Dateninterpretation unterscheiden sich die Komponenten von Grenzwert- und Analysesystemen deutlich.
Grenzwertsysteme müssen die Warnung schnell und zuverlässig übermitteln, denn die Sensoren erfassen Parameter, die sich durch das stattfindende Ereignis verändern. Die Überschreitung von Grenzwerten, die im Datenlogger vor Ort gespeichert sind, löst automatisch eine Warnung aus. Je nachdem, wie schnell der Naturgefahrenprozess verläuft und wie weit entfernt sich die gefährdeten Objekte befinden, liegt die Warnzeit typischerweise zwischen Sekunden und Stunden.
Bei Analysesystemen hingegen können die Daten zusätzlich von einem Experten beurteilt werden, da das Messen von Parametern vor dem Ereignis ausreichend Warnzeit bietet. Die Warnung wird daher erst auf dem Datenserver im Büro der Experten generiert, z. B. durch die automatische Interpretation von Webcambildern oder die Analyse der Messdaten von

02

03

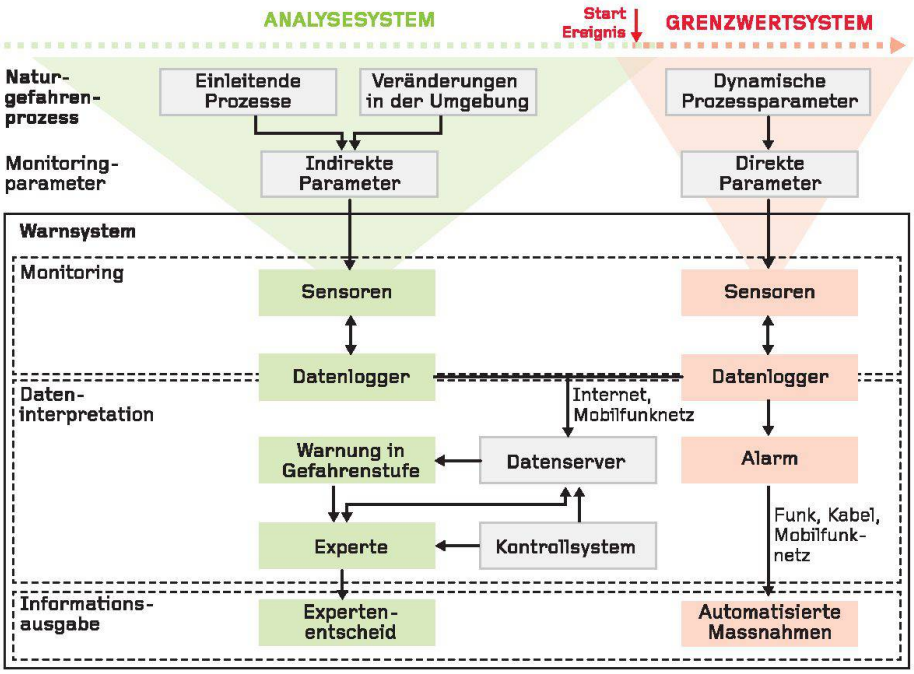
mehreren Niederschlagsstationen in einem Gebiet. Der Server gibt die Warnung an die zuständigen Experten in unterschiedlichen Gefahrenstufen (z. B. Vorwarnung, Hauptwarnung, Alarm) aus, die er anhand vorgegebener Grenzwerte berechnet. Die Experten führen dann detaillierte Analysen der verfügbaren Messdaten durch und bewerten diese mithilfe von Modellen. Bei Bedarf definieren sie indirekte Parameter neu als direkte Parameter und verkürzen die Messintervalle.

Unabhängig vom Systemtyp werden die Messdaten auf einem Server gespeichert und von Kontrollsystemen analysiert. Diese überwachen die Sensoren und andere Systemkomponenten und geben zusätzlich Warnungen aus, falls Komponenten nicht funktionieren oder Daten nicht plausibel sind.

Die Übertragung erfolgt über kurze Distanzen häufig per Kabel. Damit sie zuverlässig funktionieren und weniger schadenanfällig sind, werden die Kabel durch zusätzliche Massnahmen (Zäune, Rohre etc.) geschützt. Zur Überbrückung grösserer Distanzen können Informationen auf Sicht über Funk versendet werden. Internet und Mobilfunknetze von privaten Anbietern haben heute eine gute Netzabdeckung, sind aber häufig mit Verzögerungen behaftet. Sofern sie ohne Redundanz genutzt werden, sollten diese Kanäle nur zur Informationsübermittlung innerhalb der weniger zeitkritischen Analysesysteme zum Einsatz kommen.

INFORMATIONSAUSGABE

Die Ausgabe der Warninformation unterscheidet sich bei Analyse- und Grenzwertsystemen grundlegend. Bei Analysesystemen werden die Massnahmen durch die Experten initiiert. Meist gehen diese anhand eines vorher festgelegten Schemas vor, das genau vorgibt, wann welche Massnahmen (z. B. Evakuierung, Aufgebot von Einsatzkräften) zu ergreifen sind. Bei Grenzwertsystemen wird die Warninformation automatisch ausgegeben. Die kurze Warnzeit erfordert eine schnelle Implementierung; hierfür werden beispielsweise optische oder akustische Signale ausgelöst. Im Schienenverkehr wird gegebenenfalls ein Streckenabschnitt gesperrt.



04

04 Übersicht über die Komponenten von Analyse- und Grenzwertsystemen, wobei die Art der Monitoringparameter den Systemtyp bestimmt. (Grafik: Autoren/Red.)

		Sensoren	Naturgefahrenprozesse
Indirekte Parameter	Temperatur (Luft, Fels, Boden etc.)	div. Temperatursensoren	alle
	Niederschlag	Pluviometer, Radar, Hageldetektor	Murgang, Flutwelle, Rutschung
	Feuchtigkeit (Luft, Boden etc.), Porenwasserdruck	TDR, Drucksensor, div. Feuchtesensoren	Murgang, Flutwelle, Rutschung
	diverse visuelle Parameter	Webcam, Beobachter	alle
Direkte Parameter	Kraft, Druck	Kraftsensor, Reissleine, mechanische Systeme	Murgang, Lawine, Flutwelle, Steinschlag
	Fliesshöhe	Radar, Ultraschall, Laser, Kamera, Reissleine	Murgang, Lawine, Flutwelle
	Erschütterung	Beschleunigungssensor, Geofon	Murgang, Lawine, Flutwelle, Steinschlag
	Geschwindigkeit	Laser, Doppler-Radar	Murgang, Lawine
	Infraschall	Mikrofon, Differenzdrucksensor	Lawine
Indirekte/ direkte Parameter	Distanz	Telejointmeter, Extensometer, GPS, interferometrisches Radar	Steinschlag und Bergsturz
	Seepegel	Drucksonde, Radar, Ultraschall, Laser, Kamera	Flutwelle (Gletschersee)

05

05 Monitoringparameter und Sensortechnologien zur Überwachung von Naturgefahrenprozessen. (Tabelle: Autoren)

EINSATZMÖGLICHKEITEN

Analysesysteme werden eingesetzt, wenn sich im Zusammenhang mit dem Naturgefahrenprozess über eine längere Zeit eindeutige Indikatoren beobachten lassen. Sie haben sich als effiziente Massnahmen zur Überwachung von kontinuierlichen Felsbewegungen erwiesen. Bei grösseren Felsinstabilitäten kommt es vor dem eigentlichen Ereignis meist zu einer beschleunigten Bewegung der Felspartien, aus der sich der Absturzzeitpunkt ermitteln lässt. Die erhöhte Warnzeit erlaubt den Experten, die Situation ausführlich zu analysieren und gezielte Massnahmen einzuleiten.

Grenzwertsysteme kommen für die Detektion spontaner Prozesse zum Einsatz, die nur während des bereits stattfindenden Ereignisses eindeutige Parameter liefern. Sie bieten dadurch eine kurze Warnzeit, funktionieren aber autonom und generieren eine minimale Anzahl an Fehlalarmen. Sie werden hauptsächlich zur Sperrung von Strassen oder Gleisen an Lawinenzügen, Wildbächen oder an eindeutigen Felsinstabilitäten installiert und warnen Personen auf Baustellen, Strassen und Gleisen vor Steinschlag.

Zwittersysteme überwachen sowohl indirekte als auch direkte Monitoringparameter von meist spontanen Prozessen wie Murgängen oder Ausbrüchen aus Gletscherseen. Überschreitet eine indirekte Veränderung den Grenzwert, erreicht die zuständigen Experten wie bei den Analysesystemen eine Warnung. Eine Grenzwertüberschreitung von direkten Prozessparametern leitet wie bei einem Grenzwertsystem automatische Massnahmen ein. Zwittersysteme verlängern die Vorwarnzeit von spontanen Ereignissen und verringern Fehlalarme. Andererseits werden Zwittersysteme auch bei kontinuierlichen Prozessen eingesetzt, damit bei unerwarteten spontanen Ereignissen trotzdem eine schnelle Reaktion möglich ist.

Neben der Bestimmung der Monitoringparameter und der daraus resultierenden Warnzeit spielen bei der Wahl des richtigen Systemtyps auch andere Faktoren eine entscheidende Rolle. So müssen räumliche Gegebenheiten, Zugänglichkeit des Geländes, die Erreichbarkeit der gefährdeten Personen, Vorwarnzeiten, das mögliche Schadenausmass und auch der vertretbare finanzielle Aufwand in die Planung mit einbezogen werden.

Martina Sättele, Dipl. Ing. (FH), Master of Science, WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF, Davos, martina.saettele@slf.ch

Lorenz Meier, Dr. sc. ETH, Physiker, GEOPRAEVENT AG, Zürich, lorenz.meier@geopraevent.ch

Anmerkungen

1 D. Hattenberger, A. Wöllik, «Naturgefahren – Mess- und Frühwarnsysteme: Einzelne rechtliche Aspekte» in: Baurechtliche Blätter: bbl 11 (3), Springer-Verlag 2008, S. 89–101

2 Die Autoren bedanken sich beim Bundesamt für Bevölkerungsschutz BABS für die finanzielle und bei Dr. Michael Bründl vom WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF sowie Prof. Dr. Daniel Straub von der Engineering Risk Analysis Group der Technischen Universität München für die fachliche Unterstützung.

3 R. Schmidt, Warnsysteme in Wildbacheinzugsgebieten. Dissertation am Institut für Alpine Naturgefahren und Forstliches Ingenieurwesen, Universität für Bodenkultur, Wien 2002.