

Eine automatische Kamera ist ständig auf die Hänge des Illhorns gerichtet, einer Flanke des Illgrabens.



Naturgefahren

Künstliche Intelligenz verbessert Frühwarnsystem

Bei Geröll- und Schlammlawinen bleibt oft wenig Zeit, um die Bevölkerung zu warnen. Mit seismischem Monitoring und maschinellem Lernen entwickelten Forschende der ETH Zürich und der WSL am Illgraben bei Leuk VS ein Alarmsystem, das mögliche Murgänge früher erkennt.

Von Michael Keller*

Murgänge sind Gemenge aus Geröll, Erde und Wasser. Oft entstehen sie bei Starkregen in steilem alpinem Gelände und donnern unkontrolliert durch Schluchten und Bergbäche ins Tal. Allein in der Schweiz gibt es mehrere hundert Ereignisse pro Jahr. Der Klimawandel begünstigt das Naturphänomen, weil Permafrostböden zusehends instabil werden und Extremwetterereignisse zunehmen. Sind Murgänge besonders gross oder treten sie an unerwarteten Orten auf, entfalten sie ein erhebliches Zerstörungspotenzial, das Menschen, Infrastruktur und Umwelt bedroht.

Um die Gefahr in exponierten Gebieten zu mindern, spielen Warnsysteme eine wichtige Rolle. Entscheidend ist, die nahenden Schlamm- und Geröllmassen möglichst früh und zuverlässig zu erkennen. Heute basieren Alarmsysteme auf Instrumenten, die typischerweise in zugänglichen, tiefergelegenen Talabschnitten installiert werden müssen. So registrieren sie Ereignisse erst relativ spät – ein weitverbreitetes Problem bei der Detektion von Murgängen.

Forschende der ETH Zürich und der eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft WSL haben nun einen neuartigen Detektor entwickelt,



Im Einzugsgebiet löst sich bei starken Regenfällen das Geschiebe aus den lockeren Erdschichten.

der Murgänge früher erkennen kann als bisher verwendete System. Er identifiziert schon kleinste Erschütterungen aus sicherer Distanz, die Murgänge kurz nach ihrer Auslösung verursachen. Ihren neuartigen Ansatz stellten die Wissenschaftlerinnen

und Wissenschaftler um Fabian Walter, ETH-Professor für Gletscherseismologie, in der Fachzeitschrift «Geophysical Research Letters» vor. Für ihre Studie wählten die Forscherinnen und Forscher den Illgraben bei Leuk im Kanton Wallis. →



Durch den Illgraben plätschert meistens ein Rinnsal, das etwa bei Starkregen jedoch rasch anschwellen und gewaltige Geschiebemengen mitführen kann.



Teil des Frühwarnsystems ist auch eine Infraschallanlage im Pfywald.

Messungen beim Illgraben

An den steilen Hängen des oberen Einzugsgebietes des Gerinnes bricht häufig Fels- und Erdmaterial ab – es entstehen mitunter gewaltige Geröll- und Schlammlawinen, die sich über zwei bis drei Kilometer durch die tief eingeschnittene Schlucht des Illgrabens wälzen. Anschliessend erreichen sie das Haupttal und legen noch einmal diese Distanz zurück, bevor sie in die Rhone münden. Die WSL betreibt am Illgraben seit gut 20 Jahren ein Observatorium mit Messstationen, um die Bildung und Bewegung von Murgängen zu

studieren und ihre Masse, Dichte und Geschwindigkeit zu bestimmen.

In den 1960er-Jahren wurde das untere Gerinne des Illgrabens saniert und mit mehreren Talsperren gesichert, sodass die meisten Niedergänge im Gerinne verbleiben und umliegendes Gelände, etwa die Mündung des Illgrabens in die Rhone, nicht gefährden. Da verschiedene Wanderwege nahe am Graben und durch das Gerinne verlaufen, alarmiert seit 2007 ein Frühwarnsystem vor Murgängen.

Dieses System basiert auf Sensoren im Bachbett, darunter Geophone, Radar- und

Lasermessgeräte sowie Videokameras. Die Instrumente erfassen vorbeiziehende Murgänge zwar zuverlässig, sind aber nur im unteren Abschnitt des Tals einsetzbar, wo der Wildbach zugänglich ist. Das begrenzt die Warnzeit auf wenige Minuten.

Verwendung von Seismometern

An diesem Schwachpunkt setzt die neue Studie an. «Wir wollen Steinschläge und Murgänge so früh wie möglich detektieren, um die Bevölkerung in Risikogebieten mit genügend Vorlaufzeit zu warnen», erklärt Malgorzata Chmiel, Erstautorin des Papers und Postdoktorandin in Walters Forschungsgruppe an der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich. Statt Murgänge mit üblichen Instrumenten zu überwachen, verwenden Walter und sein Team seismische Sensoren, die normalerweise bei der Messung von Erdbeben eingesetzt werden.

Mit Seismometern lassen sich auch Erschütterungen von Murgängen aufzeichnen. Diese können je nach Ereignisgrösse sogar mehrere Kilometer entfernt sein. «Somit sind Murgänge bereits potenziell detektierbar, wenn sie sich noch in höher gelegenen und unzugänglichen Gebieten befinden», erklärt Walter den Vorteil des neuartigen Überwachungssystems. Zu diesem Zweck installierten die Forschenden ein Netzwerk von Seismometern rund um das Einzugsgebiet des Illgrabens.

Mittels KI unterscheiden lernen

Die eigentliche Herausforderung lag jedoch darin, einen Detektor zu schaffen, der in einem kontinuierlichen Strom seismischer Daten spezifisch die Erschütterungen eines Murgangs von anderen Bodenvibrationen unterscheiden kann. Denn auch Kuhherden, entfernte Baustellen oder der Bahn- und Strassenverkehr lassen die Erde zittern.

Walters Team setzte auch maschinelles Lernen ein, eine Methode der künstlichen Intelligenz (KI), bei der ein Rechner selbstständig anhand von Trainingsdaten lernt, wie er Muster in grossen Datensätzen erkennen kann. Die Forscherinnen und Forscher trainierten den Lernalgorithmus mit Signalen früherer Massenbewegungen, die sie zuvor am Illgraben aufgezeichnet hatten, insgesamt Daten von 22 Ereignissen wurden dazu verwendet. Danach testeten sie ihr System unter realen Bedingungen mit seismischen Monitoring-Daten in Echtzeit. Das Resultat: Von 13 Murgängen und kleineren Flutereignissen, die sich im Sommer 2020 am Illgraben ereigneten, erkannte der KI-Detektor jedes einzelne zuverlässig – ohne Fehlalarme zu auszulösen. «Dabei



Oberhalb von Chandolin im benachbarten Val d'Anniviers wird ein Seismometer installiert.



MasterFiber 235 SPA & 245 SPA

Wahre Stärke kommt von innen

Ihre Vorteile auf einen Blick:

- Verminderte Rissbildung infolge Trocknungsschwinden und Temperaturgradienten
- Erhöhte Nachrissbiegezugfestigkeit und Schlagzähigkeit
- Alternative zu sekundärer Mattenbewehrung
- Keine Rostfleckenbildung

Für weitere Informationen kontaktieren Sie bitte

PCI Bauprodukte AG
Master Builders Solutions
Im Schachen ■ 5113 Holderbank ■ Schweiz
T +41 58 958 22 44 ■ F +41 58 958 32 55
info-as.ch@mbcc-group.com
www.master-builders-solutions.ch



Der Illgraben führt bei Leuk in ein Seitental. Über lange Zeit bildete das Geschiebe im Rhonetal einen Schuttkegel, auf dem sich der Pfywald befindet.

erfasste der Algorithmus bereits die ersten Erschütterungen weit oben entstehender Murgänge», betont Walter. Am Illgraben erhöhte dies die Warnzeiten um mindestens 20 Minuten im Vergleich zu bestehenden Detektionssystemen. «Das ist eine enorme Verbesserung», erklärt Walter.

Generalist oder Spezialist?

Mit ihrer Studie lieferten die Wissenschaftler den Nachweis, dass sich Murgänge mit seismischen Daten und maschinellem Lernen frühzeitig erkennen lassen. Der Illgraben bietet dazu ein ideales Naturlabor, und der Ansatz funktioniert dort gut. Allerdings benötigt die Methode einen umfangreichen Datensatz von Signalen über Murgänge, um den Algorithmus zu trainieren. «Solche Trainingsdaten sind woanders fast nie verfügbar», räumt der Spezialist für seismische Massenbewegungen ein.

Noch ist unklar, inwiefern der am Illgraben trainierte Detektor generell auch Murgänge in anderen Einzugsgebieten erkennen kann. Die Forscherinnen und Forscher wollen den Algorithmus künftig so erweitern, dass er auch mit weniger oder vielleicht sogar ohne ortsspezifische Trainingsdaten auskommt.

Kooperation für Früherkennung

Die Ambitionen des Forschungsteams gehen aber noch weiter. Der neuartige Detektor ist ein erster Meilenstein in einem übergeordneten Projekt von WSL und Swisscom Broadcast. Die Forschungskooperation, an der auch Walters Gruppe massgeblich beteiligt ist, will das Monitoring von Massenbewegungen im gesamten Alpenraum verbessern. Swisscom Broadcast entwickelt dazu eine Plattform, die Datenströme aus unterschiedlichen Quel-

len zusammenführt und in Echtzeit ausgewertet, um Naturgefahren frühzeitig zu erkennen.

Derzeit bezieht die Naturgefahren-Plattform in erster Linie Daten von Fabian Walters seismischen Sensoren sowie von Seismografen des Schweizerischen Erdbeendienstes. Die Forschenden arbeiten daran, in Zukunft weitere relevante Datenquellen einzubinden – von Niederschlagswerten und Messungen von Veränderungen des Permafrosts über seismisches Monitoring anhand von Glasfaserkabeln bis hin zu einer Vielzahl von Internet-of-Things-Sensoren. «Um solche riesigen Datenmengen zu verarbeiten, braucht es Big-Data-Verfahren und intelligente Algorithmen», sagt Walter. Der KI-Detektor für Murgänge ist ein erster Schritt in diese Richtung. ■

* Dieser Beitrag ist auch in den ETH-News erschienen (siehe unter <https://ethz.ch>).



Sika® CarboDur® BERECHNUNGS SOFTWARE

Die Sika Schweiz AG bietet für Ingenieure die kostenlose Sika® CarboDur® Software nach Schweizer Normen an.

STARKE VERBINDUNGEN SIND UNSERE STÄRKE

Kohlenstofffaserverstärkte Sika® CarboDur® Lamellen für die strukturelle Tragwerksverstärkung von Beton, Holz und Mauerwerk.

Im Laufe der Lebensdauer einer Tragstruktur können Nutzungsänderungen, Lasterhöhungen oder strengere Anforderungen von Normen eine nachträgliche Tragwerksverstärkung notwendig machen. Mit zeitgemässen Verbundwerkstoffen bietet Sika effiziente Systemlösungen an die für unterschiedliche Anwendungsbereiche in der Tragwerksverstärkung entwickelt wurden. Biege-, Schub- oder Normkraftverstärkungen – vorgespannt oder schlaff – Sika verfügt über die richtige Systemlösung. www.sika.ch