

Zeitschrift: Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology

Herausgeber: Schweizerische Vereinigung von Energie-Geowissenschaftlern;
Schweizerische Fachgruppe für Ingenieurgeologie

Band: 27 (2022)

Heft: 1

Artikel: Überwachung und Frühwarnung Grossrutschung Brienz/Brinzauls

Autor: Sartorius, Olivia / Schneider, Stefan / Wurster, Daniel

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1036134>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

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

Überwachung und Frühwarnung Grossrutschung Brienz/Brinzauls

Olivia Sartorius¹, Stefan Schneider¹, Daniel Wurster¹

Keywords/Stichworte: Frühwarndienst, Grossrutschung, Felssturz, Bergsturz, Überwachung, Messsysteme, Szenarien, Brienz/Brinzauls, early warning, landslide, monitoring, natural hazards, rockfall

Abstract

The mountain above Brienz/Brinzauls is moving at up to 10 m/year, the village at around 1.5 m/year. The increasingly high velocity rates and the fact that a landslide cannot be ruled out require an early warning service based on a broad monitoring system. The early warning service continuously monitors the measurement data and thus ensures the safety of the village population and road users in the danger zone.

Zusammenfassung

Der Berg oberhalb von Brienz/Brinzauls ist mit bis zu 10 m/Jahr, das Dorf mit rund 1.5 m/Jahr in Bewegung. Die zunehmend hohen Geschwindigkeitsraten sowie der Fakt, dass ein Bergsturz nicht ausgeschlossen werden kann, erfordert einen Frühwarndienst, der sich auf ein breites Überwachungsdispositiv stützt. Der Frühwarndienst beobachtet die Messdaten fortlaufend und gewährleistet dadurch die Sicherheit der Dorfbevölkerung und der Verkehrsteilnehmer im Gefahrenbereich.

1 Entwicklung

In Brienz/Brinzauls gibt es vermutlich schon seit dem Rückzug des Albulagletschers grossflächige Hangbewegungen. Spätestens ab dem Jahr 1878, in dem sich oberhalb des Dorfes das Schuttstromereignis «Igl Rutsch» von mehreren Millionen Kubikmetern löste, rückte die Gefährdung des Dorfes durch Naturgefahren vermehrt in den Fokus (Heim 1932, S. 55 ff.). 1930 erfolgten die ersten Vermessungen der Rutschung. Bis zur Jahrtausendwende wurden Rutschungsbewegungen von durchschnittlich 5 bis 10 cm pro Jahr

verzeichnet. Ab 2001 wurden immer grössere Beschleunigungen der Grossrutschung beobachtet. Gleichzeitig nahm die Stein- und Blockschlagaktivität oberhalb des Dorfes Brienz/Brinzauls deutlich zu. Um den Schutz der Bevölkerung zu gewährleisten, wurde ab 2010 ein Vermessungs- und Überwachungsdispositiv entwickelt, das infolge der sich verschärfenden Gefährdungslage laufend ausgebaut wurde.

2 Szenarien

Auf der Basis von geologischen Detailuntersuchungen, welche zwischen 2018 und 2021 erfolgten (Breitenmoser et al., 2022), und den Erfahrungen aus der mehrjährigen Überwachung durch den Frühwarndienst wurden anfangs 2022 die bis anhin bestehenden Szenarien überarbeitet und neu definiert. Insgesamt wurden 31 mögliche Szenarien, welche für Brienz/Brinzauls und die umliegenden Dörfer eine Gefährdung darstellen könnten, ausgeschieden. Die Grossrutschung kann aufgrund der geologischen und kinematischen Verhältnisse in elf Kompartimente unterteilt werden. Diese können durch die Prozesse Bergsturz, Felssturz, Schuttstrom, Stein- und Blockschlag sowie Rutschung das Dorf Brienz/Brinzauls und Teile der umliegenden Fraktionen Vazerol, Surava und Tiefencastel mit unterschiedlichen Eintretenswahrscheinlichkeiten gefährden. Figur 1 weist auf die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der verschiedenen Kompartimente hin. Der Frühwarndienst fo-

¹ CSD INGENIEURE AG, Compognastrasse 30, 7430 Thusis

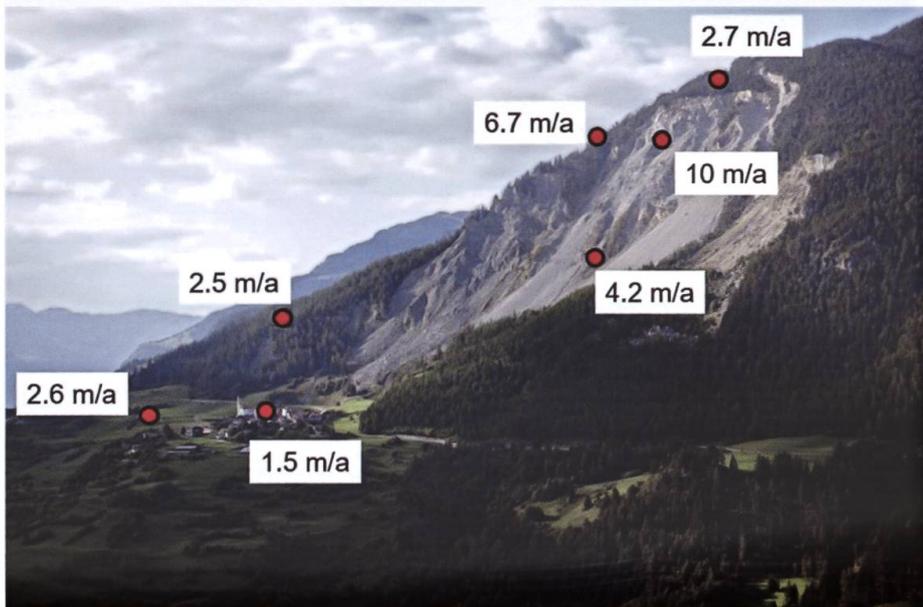


Fig. 1: Übersicht Geschwindigkeiten unterschiedlicher Kompartimente der Rutschung Brienz/Brinzauls. Illustration: CSD INGENIEURE AG.

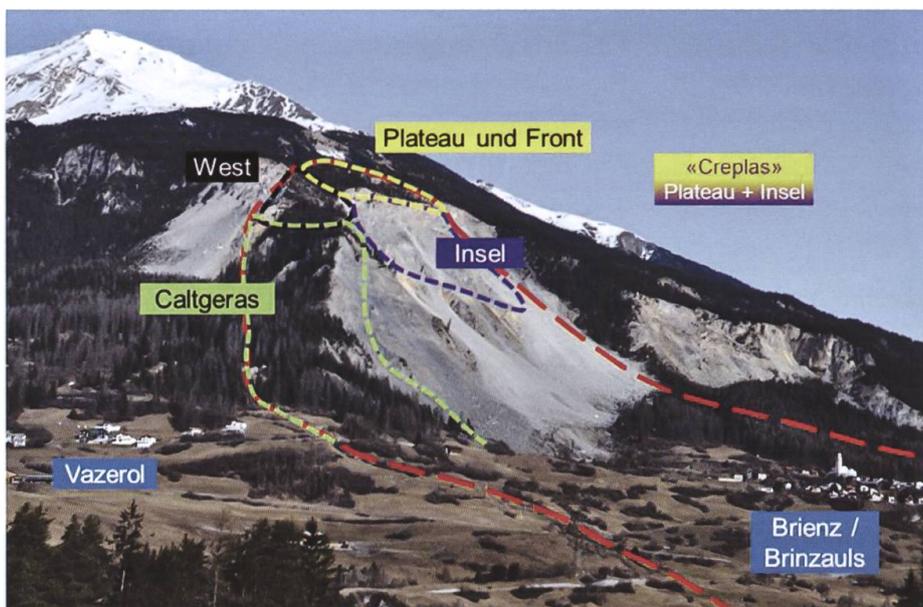


Fig. 2: Übersicht der Grossrutschung Brienz/Brinzauls und Unterteilung in die unterschiedlichen Kompartimente. Für die bessere Verständlichkeit wird dabei generell für die Gebiete oberhalb des Dorfes Brienz/Brinzauls von der «Rutschung Berg» und für die Bereiche des Dorfes bis hinunter an die Albula von der «Rutschung Dorf» gesprochen. Illustration: CSD INGENIEURE AG.

Kompartiment	Bergsturz/Felssturz Volumen in Mio. m ³	Felssturz
West	0.8	Teilabbrüche von mehreren 100'000 m ³
Plateau	0.5	
Insel	1.9	
Creplas	4.4	

Tab. 1: Übersicht der für den Frühwarndienst relevanten Szenarien.

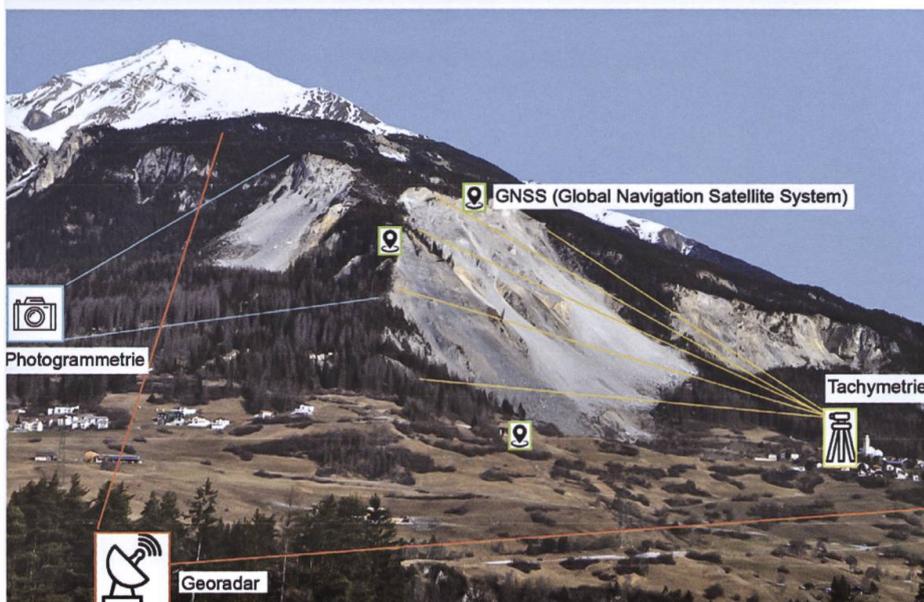


Fig. 3: Übersicht über die vier Messsysteme des Frühwarndienstes. Nicht dargestellt sind das Doppler-Radar und die manuellen GPS-Messungen. Diese werden nicht direkt für die Frühwarnung benutzt, liefern jedoch zusätzliche Informationen zur Geschwindigkeitsentwicklung.

kussiert sich dabei auf die frühzeitige Erkennung von Fels- und Bergsturzereignissen. Relevant sind hierfür die Kompartimente Creplas, Insel, West und Plateau (siehe Fig. 2 und Tab. 1).

3 Überwachungsdispositiv

Wegen den zunehmenden Rutschungsgeschwindigkeiten, der häufigeren Stein- und Blockschläge und auf Grund der Tatsache, dass grössere Fels- und Bergstürze nicht ausgeschlossen werden können, wird das Gebiet seit 2010 mit einem Frühwarnsystem überwacht. Seither wurde das Überwachungsdispositiv entsprechend der zunehmenden Gefährdungslage laufend ausgebaut.

Der Frühwarndienst kann sich heute auf ein breites, zeitlich hoch aufgelöstes Messdispositiv abstützen, welches aus der Überwachung von Punkten und Flächen besteht (Tab. 2). Die technischen Überwachungselemente sind dabei die folgenden: ein interferometrisches Radar, Punktmessungen mittels automatischem Tachymeter-System, automatische GNSS-Stationen (Global Navigation Satellite System) und eine automatische, hochauflösende Kamera für photogrammetrische Auswertungen (Fig. 3).

Ergänzend zu den erwähnten Messsystemen kann der Frühwarndienst auf ein Doppler-Radar für die Detektion von Stein- und Blockschlägen, das primär für die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer installiert ist, sowie auf periodisch und händisch eingemessene GPS-Punkte, die vor allem dem Prozessverständnis und der Langzeitüberwachung dienen, zurückgreifen und dadurch wichtige Zusatzinformationen für die Prognose beziehen. Zudem werden die Niederschlagsprognosen mit einbezogen.

Die einzelnen Systeme werden im Folgenden kurz erläutert.

3.1 Tachymeter

Im Dorf misst ein Tachymeter alle zwei Stunden automatisch die Entfernung zu den aktuell 25 Reflektoren. Die Reflektoren befinden sich in den aus dem Dorf einsehbaren Rutschungsbereichen und liefern vor allem Daten zu den Bereichen Insel und Front. Diese Punktmessungen liefern Informationen im sub-cm Bereich zu Distanz sowie Azimut und Neigung der Bewegungsrichtung des jeweiligen Reflektors.



Fig. 4: Ampelanlage, die durch das Doppler-Radar gesteuert wird (links), Reflektor (oben rechts), Tachymeter (unten rechts).

3.2 GNSS-Stationen (Global Navigation Satellite System)

Die Grossrutschung Brienz/Brinzauls wird durch 14 automatische GNSS-Stationen überwacht. Wetterunabhängig werden täglich mehrmals genaue x-y-z- Koordinaten eingemessen und zu einer Tageskoordinate gemittelt. Viertel- bis halbjährlich erfolgen zusätzlich manuelle GPS-Messungen an 83 definierten Standorten. Diese dienen nicht primär dem Frühwarndienst, liefern dennoch wertvolle Hinweise auf das längerfristige Verhalten der Rutschung und somit auch zum Prozessverständnis. Anhand der permanenten und der periodischen GPS-Messungen kann die Rutschung auch in den Bereichen beobachtet werden, welche durch die Tachymeterstation nicht eingesehen werden können.

3.3 Interferometrisches Radar

Nebst Punktmessungen sind flächige Informationen eine wichtige Ergänzung bei der Be-

obachtung von grösseren Deformationen der Grossrutschung, insbesondere der Rutschung Berg. Auf der gegenüberliegenden Talseite, oberhalb von Tiefencastel, ist ein interferometrisches Radar installiert, welches durch das Senden und Empfangen von elektromagnetischer Strahlung witterungsunabhängig kleinräumige Veränderungen im mm-Bereich auf der Rutschung detektieren kann (Geopraevent, 2019). Um die Geschwindigkeiten zu ermitteln, werden alle drei Stunden verschiedene Messungen miteinander verglichen sowie die sich bewegenden Flächen mit stabilen Kompartimenten abgeglichen.

3.4 Doppler Radar

Im Bereich zwischen der Rutschung Dorf und der Rutschung Berg durchquert eine Kantonsstrasse das Rutschungsgebiet. Damit die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer gewährleistet werden kann, überwacht ein Doppler-Radar den Berg permanent mit dem Fokus auf der Detektion von Stein- und Block-

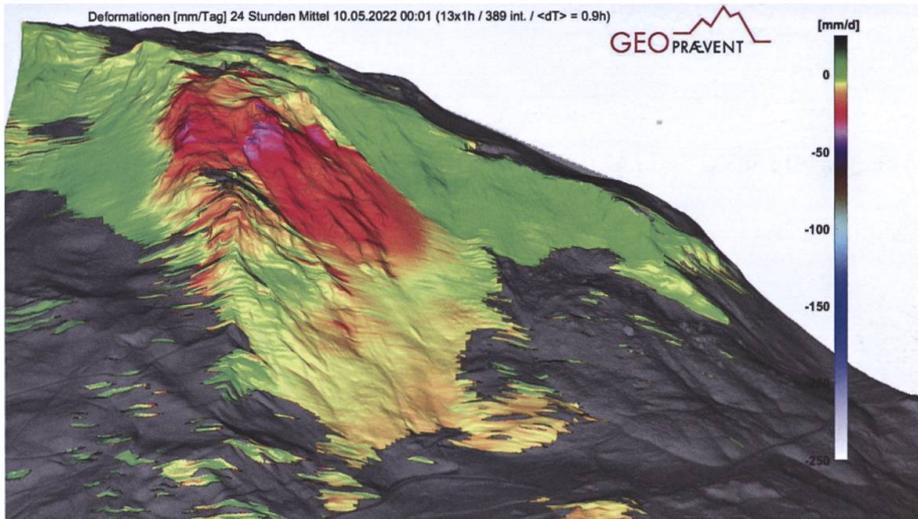


Fig. 5: Auswertung interferometrisches Radarbild der Rutschung Berg vom 10.05.2022, 00:01 Uhr. Der Ausschnitt entspricht ungefähr der Ansicht in Abbildung 3. Grün = stabile Bereiche, pink=aktuell schnellste Bereiche (Insel und West). Quelle: Geopraevent 2022.

	Tachymeter	GNSS	Georadar	MonoCam P (Photogrammetrie)
Messtyp	Punktuell	Punktuell	Flächig, mehrere km ²	Flächig, mehrere ha
Genauigkeit	Sub-cm	Sub-cm	mm	Einige cm
Verfügbarkeit	Keine Messungen bei Nebel möglich	witterungs-unabhängig	witterungs-unabhängig	Keine Aufnahmen bei Nebel möglich
Betrieb	Messung alle 2h	1 x pro Tag eine Koordinate	Permanente Messung, Resultate alle 3h	Stündliche Aufnahmen bei Tageslicht, photogrammetrische Auswertung 1 x täglich
Limitationen	Nebel, Installation von Spiegeln notwendig, Zugänglichkeit), atmosphärischer Einfluss	Gute Fundation und freier Himmel notwendig, Zugänglichkeit	Nassschnee, labile Luftmassen, atmosphärische Einflüsse, line of sight	Nebel, wechselnde Bedingungen bei Schnee, nur scheinbare Bewegungen
Preis	mittel	mittel	hoch	tief

Tab. 2: Übersicht Vor- und Nachteile der einzelnen Messsysteme.

schlagen, welche sich aus Felsmassen direkt oberhalb der Strasse lösen könnten. Bewegt sich ein Sturzobjekt über definierte Bereiche, so schaltet eine Ampel automatisch auf Rot, damit die Strasse gesperrt ist. Die Informationen vom Doppler-Radar liefern dem Frühwarndienst wichtige Hinweise zur Aktivität im vom Dorf einsehbaren Rutschungsbereich. Erfahrungen zeigen, dass eine erhöhte Steinschlagaktivität oftmals mit erhöhten Rutschungsgeschwindigkeiten einhergehen und dadurch auch ein bevorstehendes, größeres Ereignis angekündigt werden könnte. Mit einer integrierten, aktiv steuerbaren Kamera kann die aktuelle Situation zusätzlich eingeschätzt werden und dank der Archivfunktion auch mit vergangenen Tagen verglichen werden.

3.5 Photogrammetrische Überwachung

Das Kompartiment West der Rutschung wird ergänzend durch eine automatische, hochauflösende Kamera nahe der Strasse zwischen Brienz/Brinzauls und Lantsch/Lenz beobachtet. Eine tägliche photogrammetrische Auswertung durch digitale Bildkorrelation macht Geschwindigkeitsveränderungen und Verschiebungsfelder sichtbar.

4 Organisation und Betrieb des Frühwarndienstes

Sämtliche Messdaten laufen in Echtzeit auf dem Datenportal des Frühwarndienstes

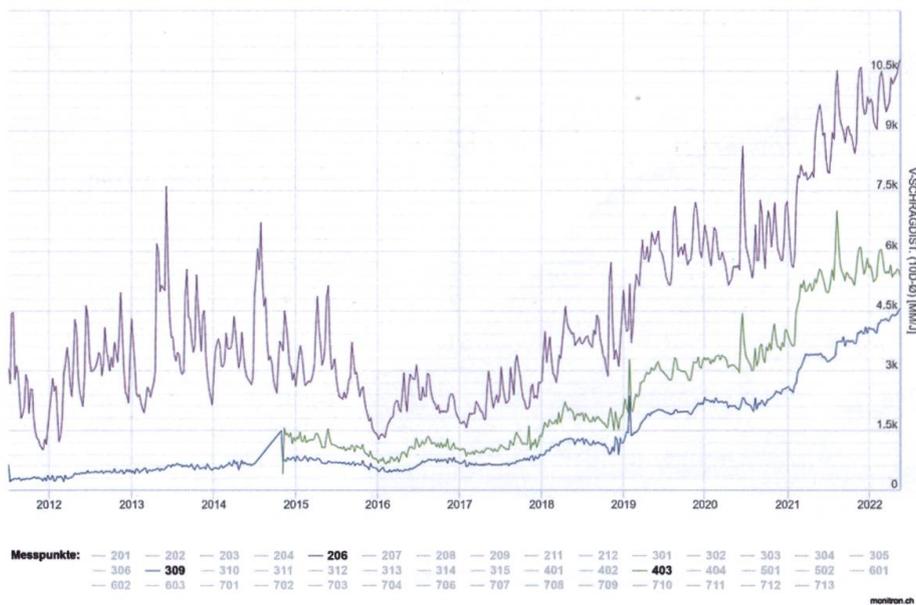


Fig. 6: Langzeitgrafik der Schrägdistanz-Geschwindigkeiten von drei ausgewählten Tachymeter-Punkten auf der Rutschung Berg. Auffallend sind die markanten Geschwindigkeitszunahmen ab 2018. Deutlich zu sehen sind die jahreszeitlichen Schwankungen und der stetig zunehmende Trend. Der in Pink dargestellte Messpunkt befindet sich auf der sogenannten «Insel», dem schnellsten Kompartiment auf der gesamten Rutschung. Grafik: MONITRON AG

zusammen und können dort von den Mitgliedern des Frühwarndienstes eingesehen und analysiert werden. Der Frühwarndienst orientiert sich an fünf Bereitschaftsgraden. Abhängig von den Rutschungsgeschwindigkeiten, der Sturzaktivität und dem prognostizierten Niederschlag gilt ein bestimmter Bereitschaftsgrad. Dabei gilt, je höher der Bereitschaftsgrad, desto häufiger und umfangreicher erfolgt die Auswertung der Messdaten. Bereitschaftsgrad 0 entspricht einer wöchentlichen Kontrolle der Messdaten; IV bedeutet, dass die Messdaten täglich analysiert werden und täglich rechnerische Abbruchvorhersagen durchgeführt werden. Zudem wird im Bereitschaftsgrad IV die Situation regelmässig vor Ort beurteilt (Sartorius et al., 2022).

Der Frühwarndienst wird durch die CSD INGENIEURE AG im Auftrag der Gemeinde Albula/Alvra geführt. Die Mitglieder des Frühwarndienstes stehen im regelmässigen Austausch mit dem Führungsstab der Gemeinde und des kantonalen Amtes für Militär und Zivilschutz sowie der Fachgruppe Geologie/Naturgefahren, bestehend aus Fachpersonen aus dem Amt für Wald und Naturgefahren und dem Tiefbauamt Graubünden, sowie weiteren Fachpersonen und Experten. Diese

Organisation bietet die Möglichkeit, die Bevölkerung und die umliegende Infrastruktur von wichtigen Verkehrsverbindungen und der Elektrizitätsversorgung auf mögliche Naturgefahrenereignisse vorzubereiten und frühzeitig allenfalls nötige Massnahmen ergreifen zu können. Der Frühwarndienst geht davon aus, dass mit dem vorhandenen Messdispositiv grössere Ereignisse Stunden bis Tage im Voraus erkannt werden können.

Nebst regelmässigen Berichterstattungen erfolgt mindestens jährlich eine Begehung der Grossrutschung, um ein umfangreiches Bild von der aktuellen Lage zu erhalten.

5 Lageentwicklung

Die Rutschung Berg bewegt sich insgesamt deutlich schneller als die Rutschung Dorf (siehe Figur 1). Mit der steten Zunahme der Rutschungsgeschwindigkeiten vor allem im Bereich der Rutschung Berg (Fig. 6) wird auch ein immer höherer Zerrüttungsgrad der Felsmassen oberhalb des Dorfes beobachtet. Insbesondere bei den stark aufgelockerten Kompartimenten Insel und West können Niederschläge und Schmelzwasser zunehmend rasch ins System infiltrieren und so kurzfris-

tig zu Geschwindigkeitsspitzen führen. Erfahrungsgemäss variieren die Rutschungsgeschwindigkeiten saisonal. Länger anhaltende Geschwindigkeitszunahmen werden meist im Spätherbst, Winter und bis in den Frühling gemessen, Geschwindigkeitsabnahmen in den Sommermonaten. Neuere schneehydrologische Untersuchungen haben gezeigt, dass insbesondere die Schneeschmelze in mittleren Höhenlagen bis 1900 m ü. M. zu ausgeprägten Beschleunigungen in der gesamten Rutschung führt (Breitenmoser et al., 2022). Insgesamt zeigen die Messdaten nach wie vor in den meisten Rutschungskompartimenten im Grosstrend zunehmende Geschwindigkeiten.

Die Stein- und Blockschlagaktivität schwankt von keinen Ereignissen pro Tag bis zu mehreren Dutzenden. Nach Niederschlagsperioden und während der Schneeschmelze werden dabei häufig mehr Ereignisse detektiert.

Fazit

Jedes Messsystem hat Vor- und Nachteile und kann aufgrund meteorologischer Verhältnisse oder infolge technischer Defekte ausfallen oder qualitativ schlechtere Daten liefern. Um die Sicherheit der Dorfbevölkerung auch während Ausfällen zu gewährleisten, ist es essenziell, sich auf die Überwachung und Auswertung verschiedener unabhängiger Messsysteme abzustützen, um so die Interpretation der Gefährdungslage sicherstellen zu können.

Der Frühwarndienst und die Fachgremien gehen davon aus, dass grössere Abbrüche durch die Redundanzen im Messdispositiv frühzeitig erkannt und somit bei Bedarf im Dialog mit dem Gemeindeführungsstab und dem Kanton Massnahmen ergriffen werden können.

Literatur

- Breitenmoser T., Thöny R. & Figi, D. 2022: Geologisch-hydrogeologische Detailuntersuchungen. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. 173/3. 130-136.
- Geopraevent, Dr. Steinacher R. & Dr. Meier L. 2019: Interferometrische Radarmessungen Brinzauls 4100330, Projektbericht
- Heim, A. 1932: Bergsturz und Menschenleben, Beiblatt zur Vierteljahresschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, No. 20/Jg 77, 214 p.
- Sartorius, O., Schneider, S. & Wurster, D. 2022: Frühwarndienst und Beurteilung der aktuellen Lage. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 173/3: 144-146.

