



Projektbericht

Gefahrenmanagement «Spitze Stei», Kandersteg

Beilage zu Grossratsgeschäft für Beiträge an Schutzmassnahmen nach Waldgesetz

Bearbeitungsdatum	19. Februar 2024
Version	1.0
Dokument Status	in Arbeit
Klassifizierung	Nicht klassifiziert
Autor/-in	Nils Hählen, Cornelia Brönnimann, Thomas Ninck
Dateiname	NGA_20200305_Spiste_GRB_Beilage_01_Projektbericht.docx

Inhaltsverzeichnis

1.	Lage des Gebiets	3
2.	Geologische Situation	4
3.	Ursache der verstärkten Bewegungen	4
4.	Abbruch-Szenarien	6
5.	Auswirkungen von Abbrüchen	6
6.	Zuständigkeiten.....	8
7.	Strategie des Gefahrenmanagements	8
8.	Massnahmen.....	9
8.1	Massnahmen der sicherheitsverantwortlichen Stelle.....	9
8.1.1	Überwachung	9
8.1.2	Gefahrengrundlagen	9
8.1.3	Gefahrenmanagement	9
9.	Unsicherheiten	10
10.	Quellen	10

1. Lage des Gebiets

Das Gebiet «Spitze Stei» liegt nördlich des Doldenhorns und südlich des Oeschinensees in Kandersteg (vgl. Abbildung 1). Das Gebiet erstreckt sich in der nordexponierten Bergflanke von rund 2100 bis knapp 3000 Meter über Meer.

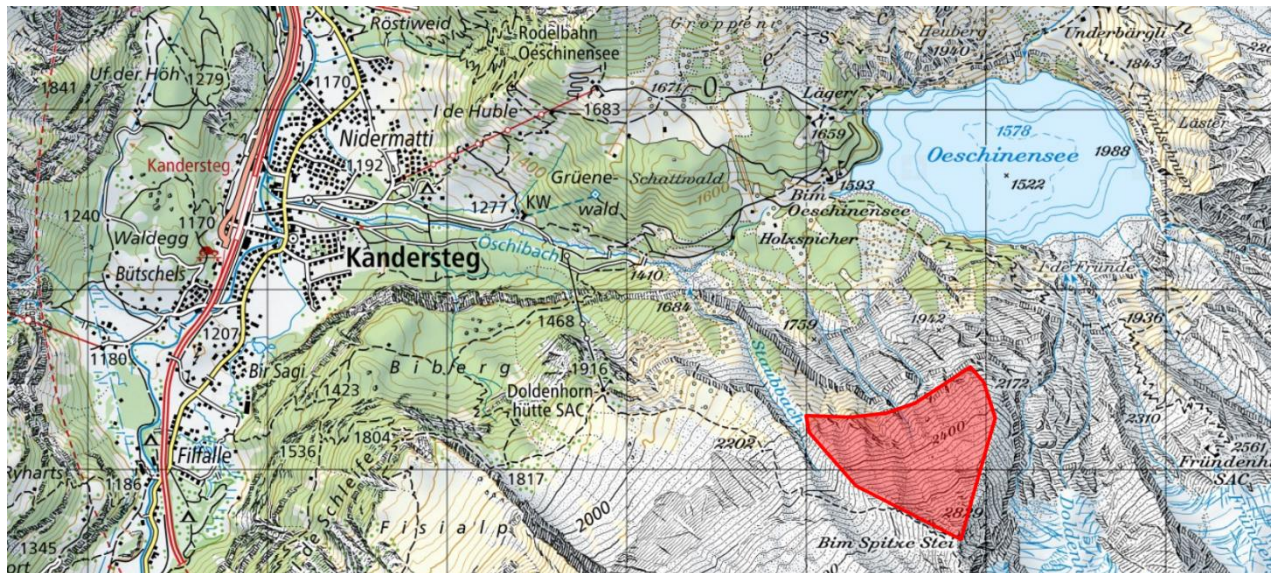


Abbildung 1 Lage des Gebiets «Spitze Stei» (rote Fläche), Quelle: swisstopo

Nach der letzten Eiszeit sind in der Umgebung des «Spitze Steis» verschiedene Bergstürze aufgetreten. Die zwei grössten sind der Fisi-Bergsturz vor ca. 3'200 Jahren, welcher den Talboden von Kandersteg aufgefüllt und der Oeschinen-Bergsturz vor rund 2'300 Jahren, welcher zur Bildung des Oeschinensees geführt hat.



Abbildung 2 Bild links: Ansicht des instabilen Gebiets (gelb) mit Teilen des Wirkungsraums (violett) im Fall von grösseren Abrüchen. Bild rechts: Blick vom obersten Anrissbereich talwärts, links im Bild ist der Pfeiler des namensgebenden «Spitze Steis» zu sehen. Der obere Teil dieses Pfeilers ist am 20. Dezember 2019 abgestürzt (Fotos: Abteilung Naturgefahren).

2. Geologische Situation

Geologisch ist die Masse des «Spitze Stei» aus verschiedenen Formationen aufgebaut. Zuunterst befindet sich die Quinten-Formation (Kalke). Darüber schliesst die Zementstein-Formation (Mergel und Mergelkalke) an. Der obere Teil gehört zur Öhrli-Formation (Mergel- und Tonschiefern sowie Kalke). Die Schichten fallen mit rund 30° in Richtung Nordwesten ein. Laut geologischem Atlas der Schweiz gehören weite Teile des felsigen Gipfelaufbaus des «Spitze Stei» zu einer grossräumigen Sackung. Die talseitig anschliessende Oberfläche der Flanke des «Spitze Stei» ist auf weiten Teilen mit glazialen Ablagerungen (Moränen) und Blockschutt aus der Verwitterung des Gipfelpbereichs bedeckt.

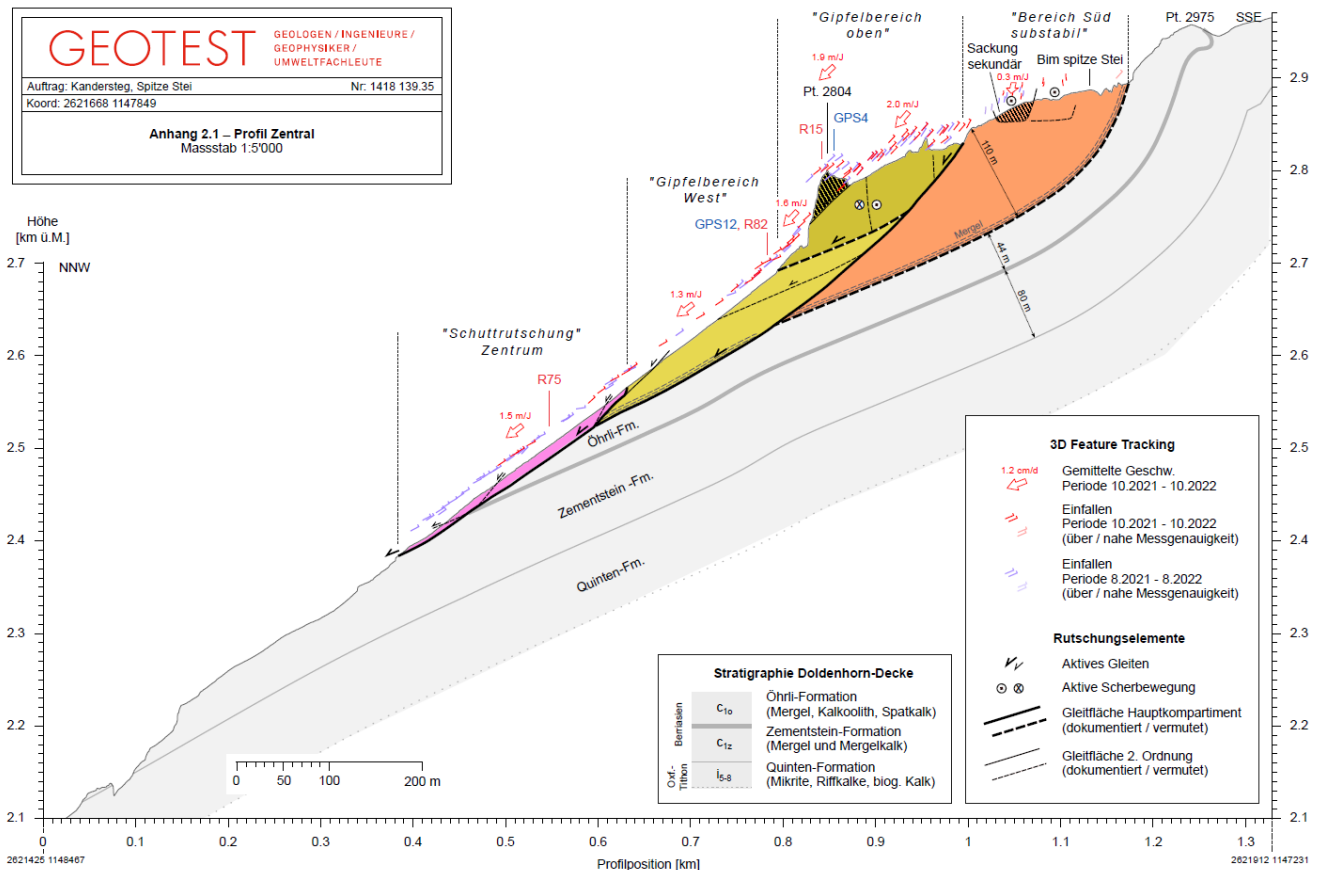


Abbildung 3 Längensprofil durchs Zentrum des Gebiets «Spitze Stei» (Grafik Geotest 2023).

Teile des Gebiets um den «Spitze Stei» sind aufgrund der geologischen Disposition seit jeher in Bewegung. Die Bewegungen haben jedoch in den letzten Jahren stark zugenommen, auf bisher nicht bewegte Gebiete übergegriffen und zeigen eine Entwicklung, die zu einem grösseren Abbruch führen könnte.

3. Ursache der verstärkten Bewegungen

Die oberen Teile der Bergflanke am «Spitze Stei» sind erwiesenermassen mit Permafrost durchsetzt. Die anhaltenden Rutschbewegungen haben bereits mehrfach grössere Eiskörper freigelegt. Eine Datierung des Eises durch das SLF Davos hat ergeben, dass dieses rund 7'100 Jahre vor heute entstanden ist. Dass es nach so langer Zeit freigelegt wird, zeigt die Aussergewöhnlichkeit der Veränderungen, die aktuell in diesem Gebiet stattfinden.



Abbildung 4 Sichtbarer Permafrost im Form von Eis, das als Matrix im Lockergestein und in Felsklüften in abgerutschten Hangpartien zum Vorschein gekommen ist (Fotos: Abteilung Naturgefahren).

In vielen Bohrlöchern im Berner Oberland und dem restlichen Alpenraum wurden in den letzten Jahren eine deutliche Erwärmung in dauernd gefrorenen Böden festgestellt (vgl. Abbildung 5, Permos 2023).

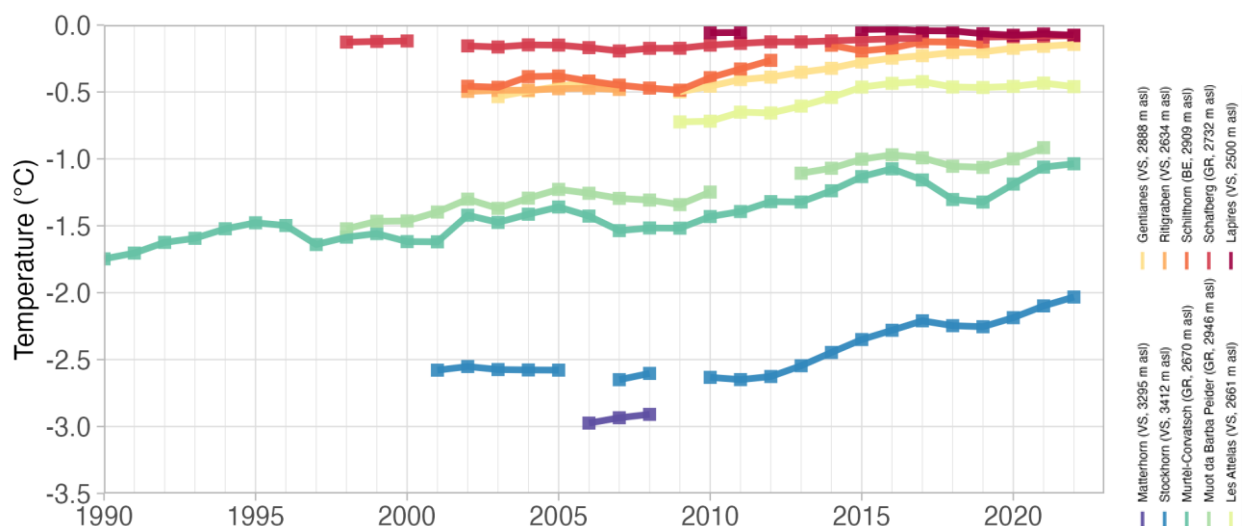


Abbildung 5 Verlauf der mittleren Jahrestemperatur in verschiedenen Bohrlöchern in rund 20 Meter Tiefe (Quelle: Permos)

Die Wirkung von Permafrost in Gebieten wie dem «Spitze Stei» besteht im Wesentlichen in folgenden zwei Eigenschaften:

- Das Eis in Klüften und Hohlräumen versiegelt den Boden und verhindert so, dass Wasser in tiefere Bereiche eindringen kann. Wasser ist meist der entscheidende Faktor, um Massenbewegungen anzukurbeln.
- Die gleiche Menge Wasser kann die zwanzigfache Wärme transportieren wie Luft. Wenn also Wasser in den Untergrund eindringt, wird die Erwärmung deutlich schneller vorangetrieben, als wenn nur Luft den Untergrund erwärmt.

Die obigen zwei Punkte führen dazu, dass bei einem sich erwärmenden Permafrostboden mehr Wasser in den Untergrund eindringen kann. Dies fördert die Erwärmung zusätzlich und treibt die Rutschbewegungen an. Die Rutschbewegungen führen zu Rissen im Boden, durch welche bei Niederschlägen und Schneeschmelze noch mehr Wasser in den Boden eindringt. So findet ein sich selbst verstärkender Prozess (positive Rückkoppelung) statt. Dies erklärt die Tatsache, dass die Rutschbewegungen am «Spitze Stei» zunehmen.

Schmelzendes Eis liefert neben dem Niederschlag zusätzliches Wasser in die instabile Masse und treibt so die Rutschbewegungen zusätzlich an. Die Verformbarkeit und damit Bewegungsrate von Eis-Geröll-Fels-Mischungen steigt mit zunehmender Temperatur an. Die Zunahme der Bewegungsraten am «Spitze

Stei» ist somit durch die höheren Temperaturen der letzten Jahre mitverursacht. Durch die Lage unter 3000 Meter über Meer ist das Gebiet den erhöhten Temperaturen besonders stark ausgesetzt.

Die Bewegungsraten variieren von Jahr zu Jahr und sind insbesondere von der Schneehöhe im Spätwinter abhängig, welche den Schmelzwassereintrag im Frühsommer bestimmt, und andererseits durch die Niederschläge im Sommerhalbjahr beeinflusst. Intensive Schneeschmelze und starke Niederschläge wie im Frühsommer 2021 treiben die Bewegungen sehr stark an. Schneearme Winter und trockene Sommer wie 2022 führen im Vergleich dazu zu geringeren Bewegungsraten. So kann es von Jahr zu Jahr Variationen in den Verschiebungen geben. Der Trend über mehrere Jahre betrachtet zeigt jedoch eine deutliche Zunahme der Bewegungen.

4. Abbruch-Szenarien

Seit Beginn der Überwachung im August 2018 haben sich die weniger aktiven Teile der instabilen Bergflanke um 5 bis 6 Meter verschoben (Stand Januar 2024). Der Gipfelbereich weist deutlich grössere Verschiebungen von rund 12 Meter auf und der am stärksten bewegende Teil der Westflanke rund 25 Meter (Stand Januar 2024).

Anhaltende Rutschbewegungen können dazu führen, dass Teile der Bergflanke abstürzen. Insgesamt sind am «Spitze Stei» rund 18.5 Millionen Kubikmeter (m³) in Bewegung. Die Fachleute beurteilen es derzeit als wenig wahrscheinlich, dass die gesamte Masse auf einmal in Form eines grossen Bergsturzes abbricht (siehe Abbildung 6). Viel wahrscheinlicher ist es, dass die Bergflanke in einzelnen Portionen nach und nach abbricht. Die Wahrscheinlichkeit für Abbrüche nimmt bezüglich Ausmass (Volumen) und Häufigkeit von Teilabbrüchen aufgrund der fortschreitenden Permafrostdegradation in Zukunft zu.

– Rutschungen aus Westflanke (bis 0.2 Mio. m³) – Rutschung aus Frontbereich Ost (bis 0.2 Mio. m³) – Felssturz aus Zentrum/Gipfel (bis 0.2 Mio. m³)		– Grosse Schuttrutschungen (bis 0.6 Mio. m³) – Mehrere grosse Felsstürze (bis 1.0 Mio. m³)	– Mehrere grosse Stürze (bis 3.0 Mio. m³)	– Mehrere grosse Stürze Staubbach (bis 1.5 Mio. m³) – Grosser Bergsturz (bis 8.0 Mio. m³) – Komplettabsturz Bereich Ost (3.0 Mio. m³)	– Gesamtabbruch (18.5 Mio. m³)
sicher	sehr wahrscheinlich	wahrscheinlich	möglich	wenig wahrscheinlich	unwahrscheinlich

Abbildung 6 Die verschiedenen Szenarien unterteilt nach Eintretenswahrscheinlichkeit innerhalb der nächsten 10 Jahre (nach Geotest AG 2022, verändert).

5. Auswirkungen von Abbrüchen

Je grösser ein Abbruchvolumen ist, desto weiter gelangen die Massen. Ein Abbruch von mehreren 100'000 Kubikmeter kann die touristische Infrastruktur beim Oeschinensee erreichen, ein Abbruch von einer Million Kubikmeter und mehr kann in die Nähe des Siedlungsrandes von Kandersteg vorstossen. Nach einem Abbruch, egal ob klein oder gross, ist mit einem intensiven Geschiebetrieb oder sogar mit Murgängen im Oeschibach zu rechnen. Solche Prozesse können Teile des Dorfes Kandersteg direkt betreffen und dort über Wochen oder Monate zu Beeinträchtigungen und grossen Schäden führen.

Beilage zu Grossratsgeschäft für Beiträge an
Schutzmassnahmen nach Waldgesetz

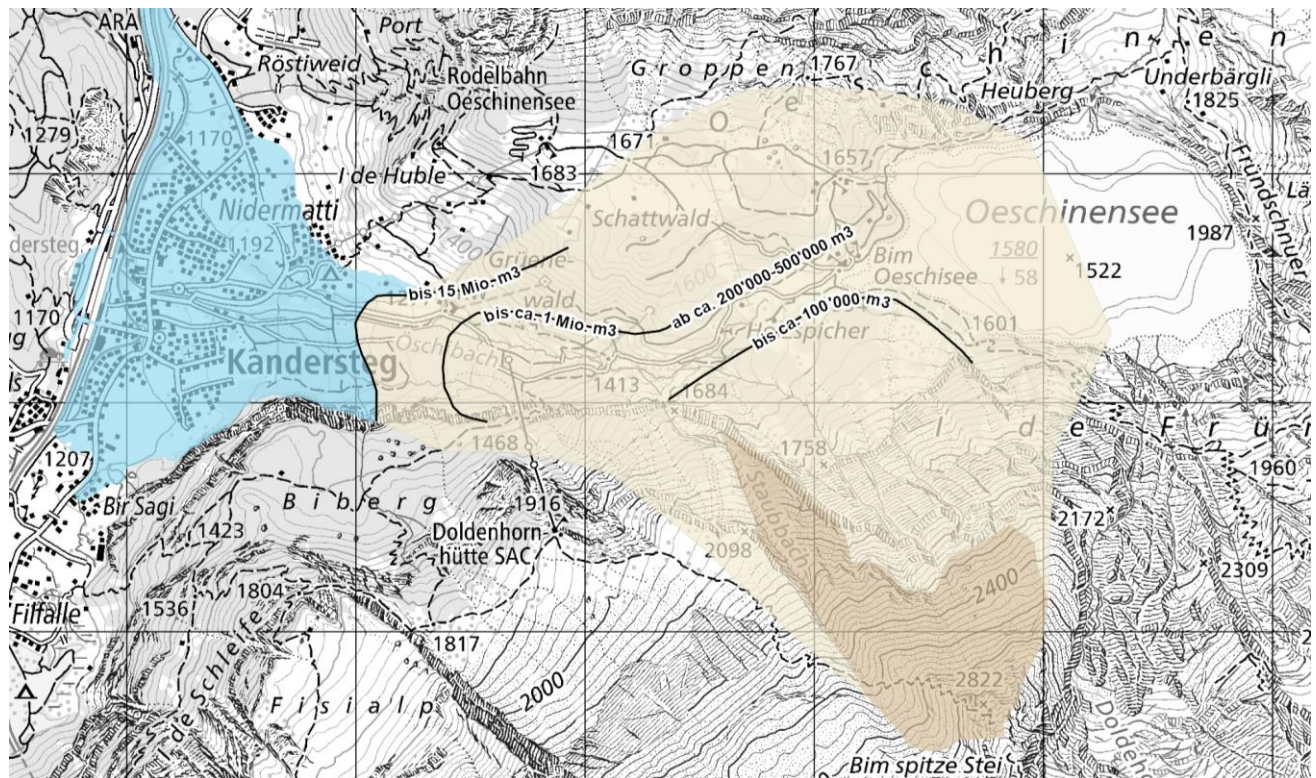


Abbildung 7 Reichweite von Abbrüchen verschiedener Volumina. Dunkelbraune Fläche = Anrissgebiet, hellbraune Fläche = Reichweite Sturzprozesse (inkl. Splitter und Druckwelle), blaue Fläche = Überschwemmungen und Murgänge durch Folgeprozesse (Abbildung: Abteilung Naturgefahren)

In den vergangenen Jahren sind bereits mehrfach kleinere Murgänge nach Abbrüchen aufgetreten, die aber bisher nur an Infrastrukturanlagen oberhalb des Dorfes Schäden angerichtet haben (siehe Abbildung 8). Dank den durch die Schwellenkorporation errichteten Schutzmassnahmen konnten bisher Schäden im Siedlungsgebiet verhindert werden.



Abbildung 8 Durch den Murgang vom August 2019 zerstörte Rinderstutz-Brücke auf der Zufahrtsstrasse zum Oeschinensee (Foto: Abteilung Naturgefahren).

6. Zuständigkeiten

Im Kanton Bern sind die Gemeinden für die Sicherheit von Personen und erheblichen Sachwerten im Siedlungsgebiet zuständig. Die Gemeinden verfügen meist nicht über professionelle Naturgefahrenfachleute. Nach dem Hochwasser 2005 wurden deshalb in den Gemeinden sogenannte lokale Naturgefahrenberater/innen ausgebildet, welche seither ein wichtiges Bindeglied zu den kantonalen Fachstellen sind. Sie haben die Aufgabe, die Wetter- und Naturgefahrensituation zu überwachen und die Organe der Gemeinde bei möglichen Ereignissen zu beraten. Organisatorisch sind die Naturgefahrenberater/innen meist dem Führungsorgan angegliedert.

Die Abteilung Naturgefahren unterstützt in Fällen wie dem «Spitze Stei» die Gemeinde fachlich mit Beratung und finanziell mit Subventionen; zudem stellt sie übergeordnete Grundlagen für das Gefahrenmanagement zur Verfügung. Bei solchen nicht alltäglichen Problemen ist der Wissensaustausch mit anderen Alpenkantonen und der Forschung wichtig, um die grossen Unsicherheiten allenfalls durch Erkenntnisse aus analogen Fällen etwas zu verringern. Auch dies ist eine Aufgabe der kantonalen Fachstelle.

Die laufende Situationsbeurteilung sowie die Gefahrenanalyse werden durch ein privates Naturgefahrenbüro im Auftrag der Gemeinde vorgenommen. Zwischen diesem Büro und der Abteilung Naturgefahren findet ein regelmässiger und intensiver Austausch statt.

7. Strategie des Gefahrenmanagements

Bei Gefahrenprozessen,

- deren Auftreten mit grossen Unsicherheiten verbunden ist,
- die sich nur einmal ereignen können und
- wo bauliche Schutzmassnahmen wegen den grossen Einwirkungen oder grossen Unsicherheiten sehr schwierig zu realisieren sind,

kommen hauptsächlich organisatorische Massnahmen zum Einsatz. Solche Massnahmen haben zum Ziel, dass sich zum Zeitpunkt eines Ereignisses keine Personen im gefährdeten Gebiet aufhalten. Dies wird mit Sperrungen und Evakuationen sichergestellt. Sachschäden lassen sich mit organisatorischen Massnahmen nur sehr beschränkt verhindern. Das Gefahrenmanagement der Sturz- und Rutschprozesse am «Spitze Stei» basiert schwergewichtig auf organisatorischen Massnahmen.

Durch die Schwellenkorporation Kandersteg wurden ergänzend bauliche Schutzmassnahmen realisiert, welche den Schutz des Dorfes hauptsächlich bei häufigen Ereignissen massiv verbessert. Grosse und seltenere Ereignisse können aber die wasserbaulichen Massnahmen überlasten und Menschen und erhebliche Sachwerte im Dorf nach wie vor gefährden. Das Schadenausmass bei solchen Ereignissen wird über organisatorische Massnahmen reduziert. Diese baulichen Schutzmassnahmen der Schwellenkorporation werden über das Wasserbaugesetz abgewickelt und daher in diesem Bericht nicht weiter dargestellt.



Abbildung 9 Von links nach rechts: Messspiegel, automatischer Tachymeter zur Messung der Spiegel vom Gegenhang, GPS-Station, Signalisation Absperzung (Fotos: Abteilung Naturgefahren).

Damit organisatorische Massnahmen rechtzeitig umgesetzt werden können, braucht es eine Überwachung, aus welcher der Abbruchzeitpunkt und das Volumen zuverlässig prognostiziert werden können. Die Gemeinde hat ein umfassendes Sicherheitskonzept erarbeitet, welches die notwendigen Massnahmen sowie die Aufgaben der verschiedenen Akteure im Falle eines bevorstehenden Abbruchs festlegt.

8. Massnahmen

8.1 Massnahmen der sicherheitsverantwortlichen Stelle

8.1.1 Überwachung

Die Massnahmen zur Überwachung beinhalten die Basisüberwachung bestehend aus dem Betrieb von 12 GPS-Stationen und der automatischen Einmessung von 27 Reflektoren. Da die Messspiegel nur bei wolkenfreier Sicht ins Gebiet gemessen werden können und die GPS als alleinige Überwachung in dem über 60 Hektaren grossen Gebiet eine zu geringe räumliche Auflösung der Bewegungen ermöglichen, kommt im Sommerhalbjahr zusätzlich ein interferometrisches Radar zum Einsatz. Dieses liefert flächige Informationen über die Bewegungsraten und kann auch bei wolkenverhangener Sicht zuverlässige Messungen durchführen. Diese voneinander unabhängigen Systeme erlauben eine zuverlässige Überwachung des instabilen Gebiets. Die erhobenen Daten werden je nach Situation durch Fachleute täglich bis mehrmals täglich analysiert und interpretiert.

Neben dem Betrieb dieser technischen Überwachungsgeräte, sind hier auch Wartungsarbeiten sowie der Ersatz beschädigter Messstationen beispielsweise durch Sturm, Felsabbrüche oder Lawinen vorgesehen. Zusätzlich zu den Messungen geben zwei hochauflösende, automatischen Kameras weitere wertvolle Informationen über die Situation im Gebiet.

Entlang des Oeschibachs stehen für die Warnung und Beurteilung von Murgängen eine Pegelmessanlage sowie 8 Kameras zur Verfügung.

8.1.2 Gefahregrundlagen

Die statische Gefahrenbeurteilung liefert Informationen zu den möglichen Abbruchszenarien (siehe Kap. 4) sowie deren Reichweite (siehe Kap. 5). Sie klärt auch, welche Gebiete wie stark betroffen sein und wie weit Abbrüche unter verschiedenen Rahmenbedingungen (z.B. Abbruch bei starkem Regen, Abbruch auf mächtige Schneedecke) gelangen können. Grundlage dafür liefern die Auswertung der Messdaten, Geländebegehungen sowie verschiedene Modellierungen.

Die Gefahregrundlagen müssen immer wieder überarbeitet werden, weil beispielsweise aus der Analyse der Messdaten neue Erkenntnisse vorliegen oder bereits erfolgte Abbrüche den Auslauf und die Reichweite von nachfolgenden Abbrüchen verändern können.

8.1.3 Gefahrenmanagement

Die laufende Kontrolle und Interpretation der Messergebnisse fliessen in eine periodische Situationsbeurteilung (dynamische Gefahrenbeurteilung) ein. Wenn daraus eine grosse oder sehr grosse Gefahrenstufe resultiert, werden einzelne Massnahmen aus dem Sicherheitskonzept umgesetzt. Das Sicherheitskonzept und die Notfallplanung liefern Grundlagen damit je nach Gefahrenstufe geeignete Massnahmen umgesetzt werden, um insbesondere die Sicherheit von Menschen zu gewährleisten.

Nach Waldgesetz subventionsberechtigt ist nur die eigentliche Situationsbeurteilung. Die Umsetzung von präventiven Massnahmen wie Sperrungen oder Evakuationen ist Aufgabe der Organe des Bevölkerungsschutzes und berechtigt nicht zu Beiträgen über das Waldgesetz.

9. Unsicherheiten

Die Unsicherheiten im Gefahrenmanagement rund um den «Spitze Stei» sind ungewöhnlich gross und lassen sich mit weiteren Untersuchungen nicht massgeblich verkleinern. Die in Kapitel 8 beschriebenen Massnahmen stellen die nach bestem Wissen und Gewissen notwendigen und absehbaren Elemente dar, um die Sicherheit der Bevölkerung über die nächsten Jahre zu gewährleisten und die Entscheidungsgrundlagen zu verbessern. An dieser Stelle muss jedoch ausdrücklich auf zwei Punkte hingewiesen werden:

- Eine grosse Häufung von Abbrüchen könnte in kurzer Zeit zu einem bedeutend grösseren Mittelbedarf führen. Die vorliegende Schätzung des Bedarfs beinhaltet eine Reserveposition von 25%. Diese wurde nicht übervorsichtig hoch, sondern in Anbetracht der Situation möglichst realistisch festgelegt.
- Das Gefahrenmanagement am «Spitze Stei» wird mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit Ende 2028 nicht abgeschlossen sein, sondern sich noch über Jahre hinwegziehen. Somit muss auch noch über Jahre von einem ähnlich hohen Aufwand ausgegangen werden, wie er in den nächsten Jahren anfällt.

Es gibt keine baulichen Massnahmen im Anrissgebiet, welche das Gefahrenpotential derart reduzieren, dass der Aufwand für die Überwachung und das Gefahrenmanagement massiv reduziert werden kann. Auch eine gezielte Sprengung der Instabilität ist insbesondere aufgrund des riesigen Volumens und den schwierigen Bedingungen in Bezug auf die Arbeitssicherheit keine Lösung. Deshalb stellt das gewählte Konzept mit Überwachung und der Umsetzung von Sperrungen und Evakuationen die bestmögliche Variante dar.

10. Quellen

Abteilung Naturgefahren 2018: Grundlagenbericht Gefahrenmanagement «Spitze Stei», 17. Dezember 2018, 40 S.

Abteilung Naturgefahren 2019: Bericht zur Analyse der Bewegungsraten und deren Einflussparameter, 18. November 2019, ca. 45 S.

ARGE Geotest AG / Geo7, 2015: GHKperiGlazial Berner Oberland – Phase II Schlussbericht Resultate. Bericht vom 27. Februar 2015. 67 S.

Caduff Rafael, Strozzi Tazio, Hählen Nils, Häberle Jörg 2020: Accelerating Landslide Hazard at Kandersteg, Swiss Alps; Combining 28 Years of Satellite InSAR and Single Campaign Terrestrial Radar Data. In: Understanding and Reducing Landslide Disaster Risk, ICL Contribution to Landslide Disaster Risk Reduction, S. 267-273

CSD und SLF 2020: Zweitmeinung zu geologischem Modell, Szenarien und Wirkungsbereiche "Spitze Stei", Kandersteg, Bern. Bericht BE09440.100, 21. Feb. 2020 (2020), 37 S.

Department Geowissenschaften, Universität Fribourg 2019: Geophysikalische Untersuchungen im Gebiet des «Spitze Stei», Berner Oberland, 9. Oktober 2019, 21 S.

Gamma Remote Sensing 2018a: Kandersteg «Bim Spitze Stei» - Hangbewegungen 2018, Auswertung Interferogramme Sentinel-1, 5 S., 10. August 2018

Gamma Remote Sensing AG 2019b: Radarinterferometrische Auswertung Gleitflächen, 28 Folien, 10. Dezember 2018

Gamma Remote Sensing AG 2019c: «Bim Spitze Stei» – Messkampagne mit dem Gamma Portable Radar Interferometer (GPRI) 5.-9. August 2019, 24 Folien, 9. August 2019

Gamma Remote Sensing AG 2019d: InSAR Zeitserie 1991-2019 «Beim Spitze Stei», 17 Folien, 2. Oktober 2019

Geotest AG 2019a: Kandersteg «Spitze Stei» Expertenbericht Phase A und B, 8. April 2019, 58 S.

Geotest AG 2019b: Kandersteg «Spitze Stei» Gefahrenmanagement, Ergebnisse und Auswertungen 2019, 12. Dezember 2019, ca. 61 S.

Geotest AG 2020: Kandersteg, «Spitze Stei» Gefahrenmanagement 2020: Datenerhebungen und Auswertungen 2020. Bericht Nr. 1418139.12 (2020), 92 S.

Geotest AG 2021a: Kandersteg, «Spitze Stei» Gefahrenmanagement 2021: Kinematische Daten 2021 / 3D-Modell Rutschung Spitze Stei. Bericht Nr. 1418138.23 (2021), 39 S.

Geotest AG 2021b: Kandersteg, «Spitze Stei» Gefahrenmanagement 2021: Überprüfung Szenarien und Wirkungsräume. Bericht Nr. 1418138.25 (2021), 33 S.

Geotest AG 2022a: Kandersteg Rutschung «Spitze Stei», Quartär- und Hydrogeologie Oeschital. Bericht zu den Lockergesteins- und Grundwasserverhältnissen im Holzspicherwald und im Oeschital. Bericht Nr. 1418139.24, 28 S.

Geotest AG 2022b: Kandersteg, «Spitze Stei» Gefahrenmanagement 2022: Auswertung Permafrostdaten, Permafrostmodellierungen. Bericht Nr. 1418139.28, 55 S.

Geotest AG 2022c: Kandersteg, Oeschibach. Dispositionsmodell Murgang. Ereignis- und Dispositionsanalyse 2021. Bericht Nr. 1418139.27, 23 S.

Geotest AG 2023a: Kandersteg, Rutschung «Spitze Stei»: Datenerhebungen und Auswertungen 2022. Bericht Nr. 1418139.31 (2023), 53 S.

Geotest AG 2023b: Kandersteg «Spitze Stei». Geologisches Modell 2023 – Karte der Phänomene, Profile und kinematische Daten 2021-2023. Bericht vom 28. November 2023, 57 S.

Hählen N., Brönnimann C., Häberle J., Kienholz C., Riner R., Graf K., Tobler D. 2022: Risikomanagement am «Spitze Stei», In: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen, 173(3):137-143, DOI: 10.3188/szf.2022.0137

Hauck Christian, Hilbich Christin, Mollaret Coline 2017: Geophysikalische Untersuchungen zur Permafrost-Verbreitung im Berner Oberland, 2015-2016, Report 1, September 2017, Departement Geowissenschaften Universität Fribourg

Kienholz C., Riner R., Graf K., Tobler D., Hählen N., Häberle J. 2021: Monitoring and Hazard Management at the Spitze Stei Rockslide, Kandersteg. In: FAN-Agenda 1/2021. pp. 54-63

Knapp Sibylle, Gilli Adrian, Anselmetti Flavio S., Hajdas Irka 2018: Multistage Rock-Slope Failures Revealed in Lake Sediments in a Seismically Active Alpine Region (Lake Oeschinen, Switzerland). In: Journal of Geophysical Research: Earth Surface 123(4), April 2018

Köpfli Patrizia, Grämiger Lorenz M., Moore Jeffrey R., Vockenhuber Christof, Ivy-Ochs Susan 2018: The Oeschinensee rock avalanche, Bernese Alps, Switzerland: a co-seismic failure 2300 years ago? In: Swiss Journal of Geosciences.

SED 2019: Seismic investigation of the rock slope instability Spitze Stei (Oeschinensee) BE, 19. August 2019, 6 S.

Singeisen Corinne, Ivy-Ochs Susan, Wolter Andrea, Steinemann Olivia, Akçar Naki, Yesilyurt Serdar, Vockenhuber Christof 2020: The Kandersteg rock avalanche (Switzerland): integrated analysis of a late Holocene catastrophic event. In: Landslides 17(6), S. 1297 - 1317

Staub Benno, Nötzli Jeannette, Delaloye Reynald 2016: Entwicklung des Gebirgspermafrosts in der Schweiz. In: FAN-Herbstkurs 2016: Veränderungen im Periglazial / Prozessketten, S. 15-24

Tinner et al. 2005: Der nacheiszeitliche Bergsturz im Kandertal (Schweiz): Alter und Auswirkungen auf die damalige Umwelt, Eclogae Geologicae Helvetiae, 2005, 15 S.