

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

Band: 26 (2021)

Heft: 2

Artikel: Susten, Berner Oberland, Felsstürze Steigletscher 2019/2020

Autor: Hählen, Nils / Keusen, Hans Rudolf

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-977324>

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: 08.11.2024

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

Susten, Berner Oberland, Felsstürze Steigletscher 2019/2020

Nils Hählen¹, Hans Rudolf Keusen²

Stichworte: Gadmen, Susten, Steigletscher, Felssturz

Zusammenfassung

Am 17. November 2019 ereignete sich beim Steigletscher im Berner Oberland ein grosser Felssturz. Das Ereignis blieb vorerst unbemerkt. Erst ein zweiter Felssturz an derselben Stelle sowie stumme Zeugen machten auf das frühere Ereignis aufmerksam. Dieses konnte dann durch den Schweizer Erdbebendienst genau datiert werden. Die beiden Felsstürze mit Volumina von 190'000 und 100'000 m³ zeichnen sich durch sehr kleine Pauschalgefälle von 18 respektive 23 ° und entsprechend grosse Reichweiten aus. Ursache hierfür sind die hohen Wassergehalte in den Sturzmassen in Form von Eis und Schnee.

Im Nachhinein zeigen Auswertungen von satellitengestützten Verschiebungsmessungen, dass im späteren Abbruchgebiet bereits ab 2013 signifikante Verschiebungen auftraten. Der Abbruch hat sich bereits Jahre zuvor durch markante Deformationen vorbereitet. Damit erweist sich diese Methode als geeignet, um Instabilitäten auch in sehr abgelegenen Gebieten ausserhalb der menschlichen Zivilisation frühzeitig zu erkennen.

Weil die Abbruchstelle eine vielbegangene Skitourroute und einen Hüttenzustieg gefährdet, stellte sich auch die Frage eines zweckmässigen Risikomanagements. Auf eine Sperrung der Route wurde verzichtet.

1 Einleitung

Der Steigletscher liegt im östlichen Berner Oberland südlich des Sustenpasses. 2018 betrug seine Fläche nach GLAMOS (Glacier Monitoring in Switzerland) noch etwas mehr als 7 km². Wie viele andere Gletscher in den

Schweizer Alpen hat auch der Steigletscher in den letzten Jahrzehnten viel Eisvolumen verloren. Seit 1893 verkürzte sich seine Länge um über 1.1 km. Besonders stark ist die Längenänderung seit dem Jahr 2000 (GLAMOS). Durch den stetigen Gletscherrückgang ist auf ca. 2450 m ü. M. in den letzten Jahren eine Felsstufe zum Vorschein gekommen (vgl. Fig. 1).

Aus dieser Felsstufe hat es zwischen November 2019 und April 2020 insgesamt drei Felsstürze gegeben. Der erste Felssturz erreichte eine aussergewöhnlich grosse Reichweite. Um dieses Ereignis einem grösseren Kreis an Fachleuten zugänglich zu machen, sollen im vorliegenden Artikel die bisherigen Erkenntnisse zu diesen Massenbewegungen dokumentiert werden.

2 Ereignisablauf

Am Sonntag 17. November 2019 detektierte der Schweizerische Erdbebendienst (SED) im Gebiet Tierbergli um 07:04 Uhr Ortszeit eine starke Erschütterung (siehe Fig. 2), die von einem Bergsturz, Felssturz oder einer sehr grossen Lawine stammen konnte. Das Signal dauerte rund eine Minute. Der Abteilung Naturgefahren und auch den lokalen Sicherheitsverantwortlichen waren keine Ereignisse bekannt. Da der Sustenpass im Winter geschlossen und im November und Dezember kaum Menschen im Gebiet Steigletscher unterwegs sind, wurde die Lokalität des Ereignisses erst später entdeckt.

¹ Amt für Wald und Naturgefahren Kanton Bern, Abteilung Naturgefahren, Schloss 2, 3800 Interlaken

² HRK Geologie Dr. H.R. Keusen, Vogelsang 615, 3255 Rapperswil

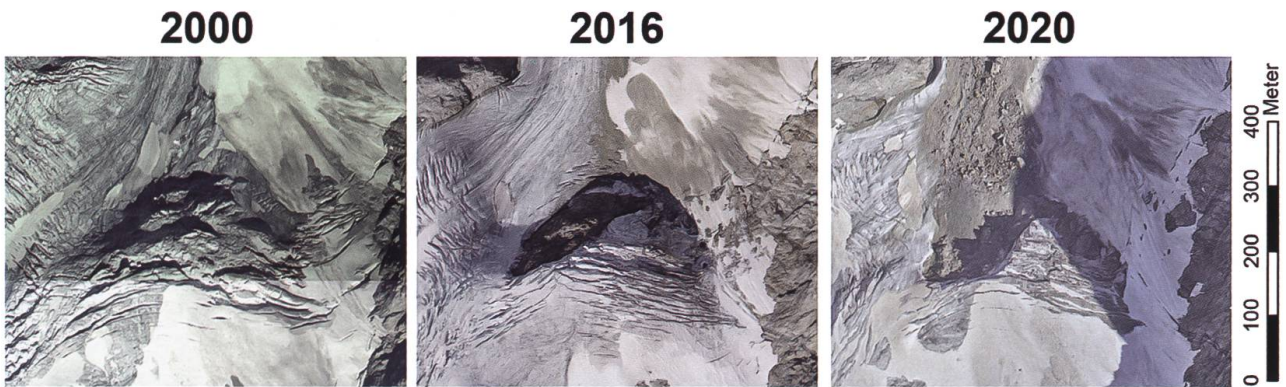


Fig. 1: Zeitserie Orthofoto 2000, 2016 (beide swissimage by swisstopo) und 2020 (Abteilung Naturgefahren by Flotron AG). Im Jahr 2000 war die Felsstufe noch komplett mit Eis überdeckt. Einige Jahre später wurde die eisfreie Fläche von Jahr zu Jahr grösser.

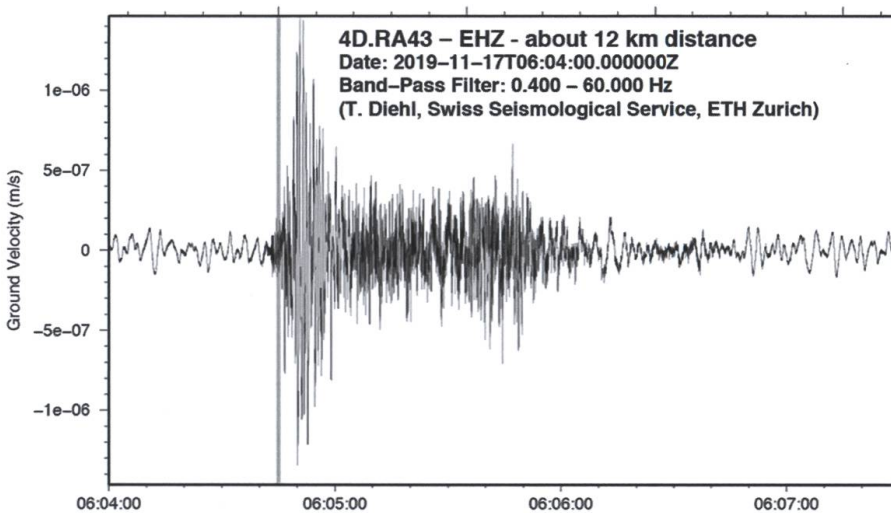


Fig. 2: Seismogramm des Felssturzes vom 17. November 2019, aufgezeichnet an einer Station des SED am Fuss des Rhonegletschers, ca. 12 km südlich des Felssturzes. Die Zeitskala ist in UTC angegeben. Copyright Schweizerischer Erdbebendienst an der ETH Zürich, 2021.



Fig. 3: Schneebedeckte Grossblöcke unterhalb der frischen Spuren des Abbruchs vom Februar 2020 (Foto: Abteilung Naturgefahren).

Am 21. Februar 2020 ereignete sich ein nächster Abbruch. Dieser wurde von Skitourengeängern am Folgetag bemerkt und dem SAC gemeldet. Der SED konnte ein Signal an diesem Datum um 21:59 Uhr Ortszeit ausmachen, das gut 20 Sekunden dauerte. Am 4. März 2020 fand ein Rekoflug zur Abbruchstelle statt. Neben dem gut erkennbaren Prozessraum vom Abbruch vom 21. Februar 2020 wurden damals auf dem Gletscher unter dem Schnee zahlreiche Grossblöcke entdeckt, die auf dem Orthofoto von 2016 noch nirgends zu sehen waren. Daraufhin wurden Satellitenbilder vom November 2019 ausgewertet und dabei der Prozessraum des ersten Felssturzes entdeckt, der diese Blöcke abgelagert hat. Damit war das Ereignis, das der SED im November 2019 detektiert hat, endlich gefunden.

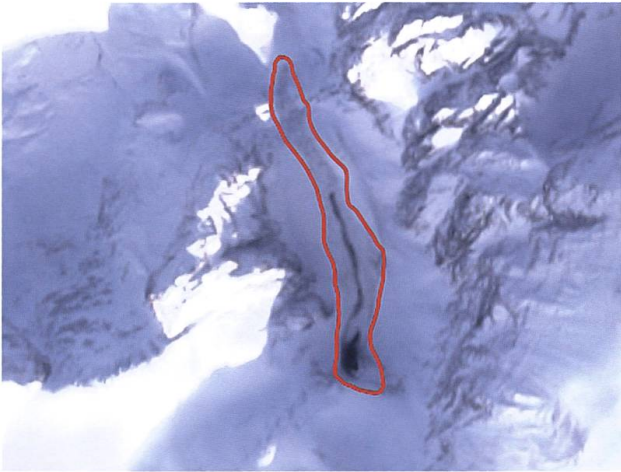


Fig. 4: Aufnahme Sentinel-Satellit vom 21.11.2019, worauf das Ereignis 17.11.2019 gut zu erkennen ist (Quelle: ESA).



Fig. 5: Aufnahme eines unbekanntem Skitourengängers am 22.02.2020 vom Gegenhang mit gut erkennbarem Abbruch vom 21.02.2020.

Am Samstagmorgen, 25. April 2020, ereignete sich der dritte Felssturz. Da sich zu diesem Zeitpunkt zahlreiche Skitourengeher im Gebiet aufhielten, wurde eine Suchaktion ausgelöst. Glücklicherweise waren aber keine Personen von diesem Ereignis betroffen.

3 Volumina und Reichweiten

Am 8. Juli 2020 wurde im Auftrag der Abteilung Naturgefahren eine Befliegung des

Gebiets zur Dokumentation der Ereignisse durchgeführt. Dabei wurde mittels Airborne Laserscanning ein Höhenmodell und ein Orthofoto erstellt.

Die genaue Bestimmung der Abbruch- und Ablagerungsvolumina aus diesen Messdaten erwies sich als schwierig, da rund 90% der Ablagerung auf dem Gletscher zu liegen kam. Als Referenz für die Ausgangstopographie bestand nur das Swisalti3d, welches letztmals 2016 in diesem Gebiet aktualisiert wurde.



Fig. 6: Abbruch vom 25. April 2020, oben Felssturz und unten wahrscheinlich sekundär ausgelöster Eisabbruch (Foto: Kantonspolizei Bern).

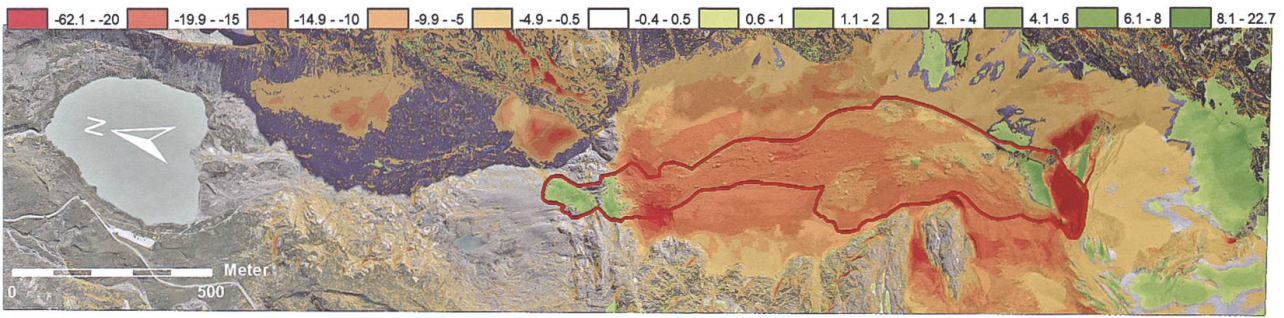


Fig. 7: Höhendifferenz zwischen Swissalti3d und Höhenmodell 2020 in Meter.

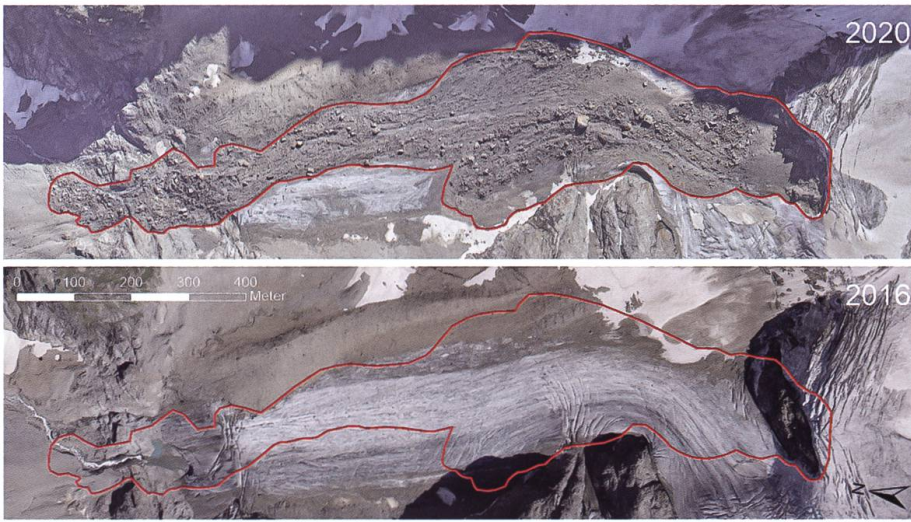


Fig. 8: Orthofoto vor den Ereignissen 2016 unten (Quelle: swissimage by swisstopo) und nach den Ereignissen 2020 oben (Quelle: Abteilung Naturgefahren by Flotron AG).

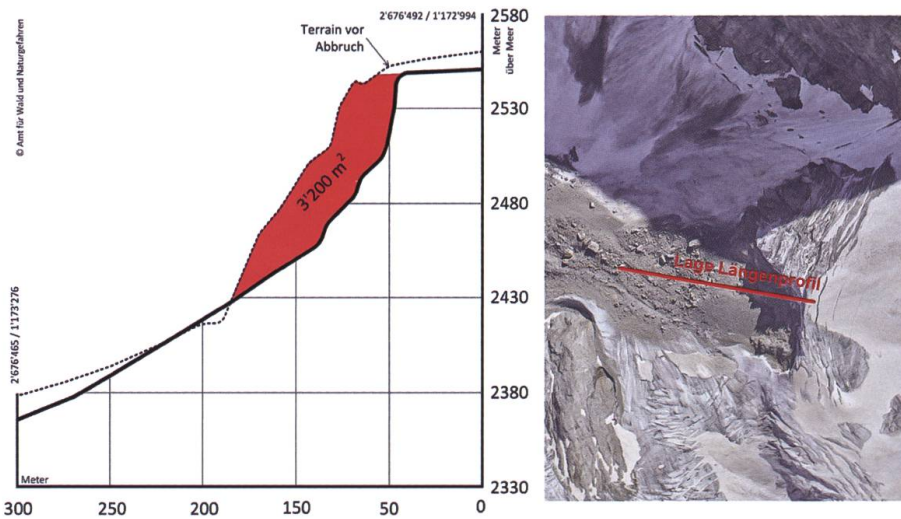


Fig. 9: Längenprofil (Bild links) durch den Anriss mit Verlauf der Geländeoberfläche vor dem Ereignis (gepunktet) und nach dem Ereignis (ausgezogen) und Lage des Profils (Bild rechts).

Im durch den Felssturz nicht betroffenen Gletscherbereich betrug die Höhenänderung durch Gletscherschmelze zwischen 2016 und 2020 zwischen 3 und 13 Meter (vgl. Fig. 7). Die Höhenänderungen variieren über kurze Strecken stark, so dass keine einfache Kor-

rektur der Ausgangshöhe generiert werden kann. Die Schwierigkeit der Volumenbestimmung über die Kubatur der Ausbruchsnische liegt darin, dass etwa das untere Viertel der Ausbruchsnische vom Novembersturz durch Ablagerungen des Februar- und Aprilsturzes

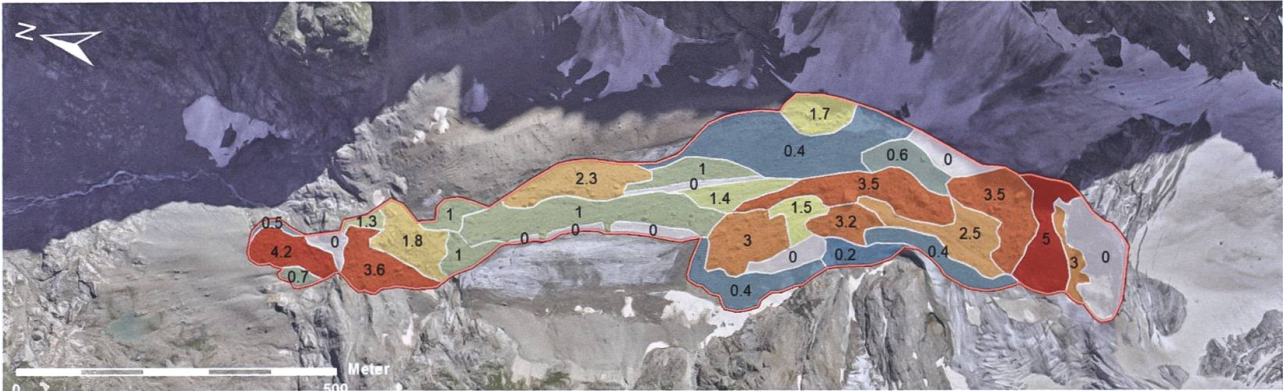


Fig. 10: Geschätzte, mittlere Ablagerungsmächtigkeit in Meter in verschiedenen Teilbereichen des Transit- und Ablagerungsgebiets.

überdeckt ist. Daher besteht trotz ausgezeichneten Geländedaten durch den Juli-Flug eine beachtliche Unsicherheit in den genauen Volumina.

Wegen der Gletscherschmelze im Ablagerungsbereich, konzentrierte sich die Bestimmung des Ereignisvolumens auf das Ausbruchgebiet. Aus der Differenz des Höhenmodells vom Juli 2020 und dem Swiss-Alt3d aus 2016 ergibt sich alleine im Abbruchgebiet ein fehlendes Volumen von 400'000 m³. Diese Differenz beinhaltet den Fels- und Eisanteil des Abbruchs, aber auch die Reduktion der Eismächtigkeit in Folge der Gletscherschmelze in den vier Jahren. Dieser Eisverlust kann im Anrissbereich mit deutlich kleineren Unsicherheiten geschätzt werden als im Ablagerungsbereich. Durch den Vergleich der zwei Höhenmodelle unmittelbar an der Abbruchkante wird der Eisverlust auf 3-4 Meter bestimmt. Im ausgeschiedenen Abbruchgebiet fehlt im Jahr 2020 eine projizierte Eisfläche von ca. 4'100 m². Bei einem mittleren Eisverlust von 4 Meter zwischen 2016 und 2020 ergibt

sich so ein Volumen von 16'000 m³, welches als Eisverlust abgezogen werden muss. Damit verbleibt eine Volumendifferenz von 384'000 m³, welche dem Ausbruchvolumen entspricht.

Neben Felsmassen sind bei den drei Abbrüchen auch Teile des Gletschers betroffen. Das abgebrochene Eisvolumen wird auf 50'000 bis 70'000 m³ geschätzt. Die abgebrochene Felsmasse liegt demnach zwischen 310'000 bis 330'000 m³ (Festmass). Die projizierte Ausbruchfläche beträgt ca. 14'500 m², was eine mittlere lotrechte Abbruchmächtigkeit von 21 bis knapp 23 m ergibt. Mit einem Auflockerungsfaktor von 40% ergibt sich ein aufgelockertes Ablagerungsvolumen von 430'000 bis 460'000 m³.

Die Umhüllende des Prozessraums hat eine Fläche von 205'000 m². Auf den verschiedenen Teilflächen der Ablagerungen wurden Bereiche ähnlicher Ablagerungsmächtigkeit ausgeschieden und die mittlere Ablagerungsmächtigkeit geschätzt (vgl. Fig. 10). Mit diesem Vorgehen wird ein Abbruchvolumen von

Datum	Ortszeit	betroffene Fläche [m ²]	Volumen Fels [m ³]	Volumen Eis [m ³]	Reichweite [m]	Höhendifferenz [m]	Pauschal-Gefälle [°]	Dauer SED-Signal [sec.]
17.11.19	07:04	180'000	190'000	40'000	1'400	475	18.8	ca. 60
21.02.20	21:59	96'000	100'000	20'000	710	315	23.9	ca. 20
25.04.20	07:05	45'000	30'000	< 5'000	325	210	32.9	ca. 20

Tab. 1: Angabe zu den Ereignissen (Volumen in Festmass).

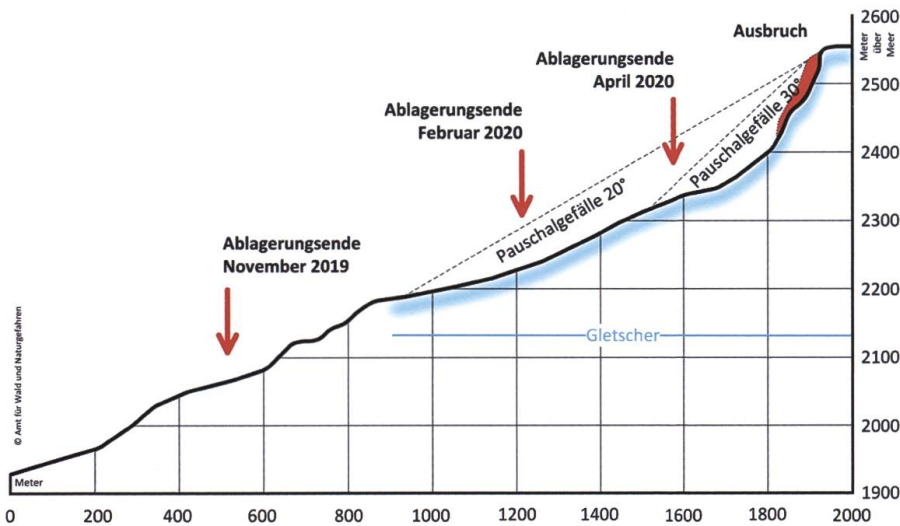


Fig. 11: Längenprofil entlang des Prozessraums (Grafik: Abteilung Naturgefahren).

rund 390'000 m³ (aufgelockert) geschätzt, was sich recht gut mit der Schätzung der Kubatur über die Ausbruchsnische deckt.

Der erste Abbruch vom 17. November 2019 war mit rund 190'000 m³ (Festmass) eindeutig der grösste (vgl. Tabelle 1). Er erzeugte auch das längste und stärkste Signal, welches der SED aufgezeichnet hat. Der Abbruch vom Februar war etwa halb so gross und derjenige vom April 2020 etwa nur noch ein Drittel desjenigen vom Februar. Eindrücklich ist die grosse Reichweite des Abbruchs vom November mit einem Pauschalgefälle von unter 19° (vgl. Fig. 11).

4 Satellitengestützte Verschiebungsmessungen

Im Winter 2019/20 wurde durch die Kraftwerke Oberhasli AG (KWO) ein Pilotprojekt zur satellitengestützten Detektion von möglichen Instabilitäten im Gebiet Oberhasli in Auftrag gegeben (Gamma Remote Sensing 2019 und Kellerhals + Haefeli AG 2020). Dabei wurden Daten zwischen 2011 und 2018 ausgewertet. In diesen Daten sind im Bereich der Abbruchstelle am Steigletscher klare Signale einer Bewegung zu erkennen (vgl. Fig. 12).

Die satellitengestützten Verschiebungsmessungen zeigen, dass bei der späteren Ab-

bruchstelle bereits 2013 signifikante Deformationen auftraten. Der Abbruch hat sich bereits Jahre zuvor vorbereitet. Satellitengestützte Beobachtungen erweisen sich damit als geeignetes Instrument, um Instabilitäten auch in weit abgelegenen Gebieten frühzeitig zu erkennen.

5 Risikomanagement

Die beschriebenen Fels- und Eisstürze erfolgten im weit abgelegenen «Niemandland» ausserhalb von Siedlungen und Infrastrukturen. Bei allen drei Ereignissen wurde der Aufstiegsbereich der gebräuchlichen Route auf das Susten- und Gwächtenhorn, welche auch als Winterzustieg zur Tierberglühütte benutzt wird, verschüttet. Im Frühling 2020 deuteten offene Spalten darauf hin, dass die Gefahr weiterer Felsabbrüche besteht, vor allem aus dem östlichen, orografisch rechten Bereich. Dabei könnten erneut grössere Volumina betroffen sein. Bei einem spontanen Abgang grösserer Felsmassen und ausgeaperten Bedingungen, das heisst blankem Gletscher, könnten die Sturzmassen wieder bis zum Riegel auf Höhe 2130 m ü. M. vordringen (Keusen 2020a).

Die Situation wurde von Keusen (2020a) so beurteilt, dass für den Bergsteiger auf der gebräuchlichen Route zum Susten- und Gwäch-

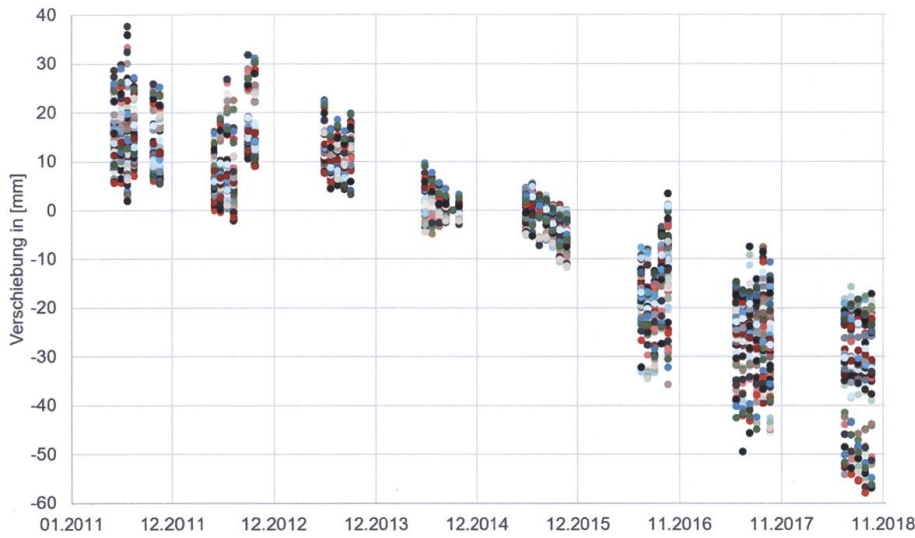


Fig. 12: Verschiebungszeitreihe für Punkte im Bereich der Abbruchstelle aus dem descending Orbit (T016D). Die Verschiebung ist in Blickrichtung des Radars angegeben.

tenhorn sowie auf dem Winterzustieg zur Tierberglühütte im Frühling 2020 nach wie vor das Risiko bestand, von abstürzenden Fels- und Eismassen getroffen zu werden. Im Aufstieg befindet sich der Bergsteiger gegen eine Stunde im gefährdeten Bereich. Es bestehen kaum Möglichkeiten zum Ausweichen oder einer Flucht.

Aus diesem Grund wurde die Empfehlung abgegeben, die betroffene Route bis auf weiteres nicht zu begehen (Keusen 2020a). Diese Empfehlung wurde auf der Webseite der Tierberglühütte sowie als Zustandswarnung auf dem SAC-Tourenportal aufgeschaltet. Da die Route lediglich auf der Skitourenkarte eingezeichnet ist, aber im Gelände weder Markierungen noch bauliche Massnahmen vorhanden sind, wurde auf eine formelle Sperrung

der Route verzichtet. Der Bergsteiger begeht solche Routen in völliger Eigenverantwortung. Da die Route aber sehr häufig begangen wird und auch als Hüttenzustieg dient, erschien eine offizielle Warnung und Empfehlung angebracht.

Im Herbst 2020 folgte im Hinblick auf die nächste Tourensaison eine neue Beurteilung (Keusen 2020b). Über den Sommer fanden keine grösseren Abbrüche mehr statt. Weitere Fels- und Eisstürze konnten jedoch nicht ausgeschlossen werden. Die neue Beurteilung fiel leicht positiver aus als diejenige im Frühling. Aus diesem Grund wurde die Information auf der Webseite der Hütte und dem Zustandsportal des SAC angepasst: «Für den Winterzustieg zur Tierberglühütte wird die Route über den Sommerweg (Pkt.

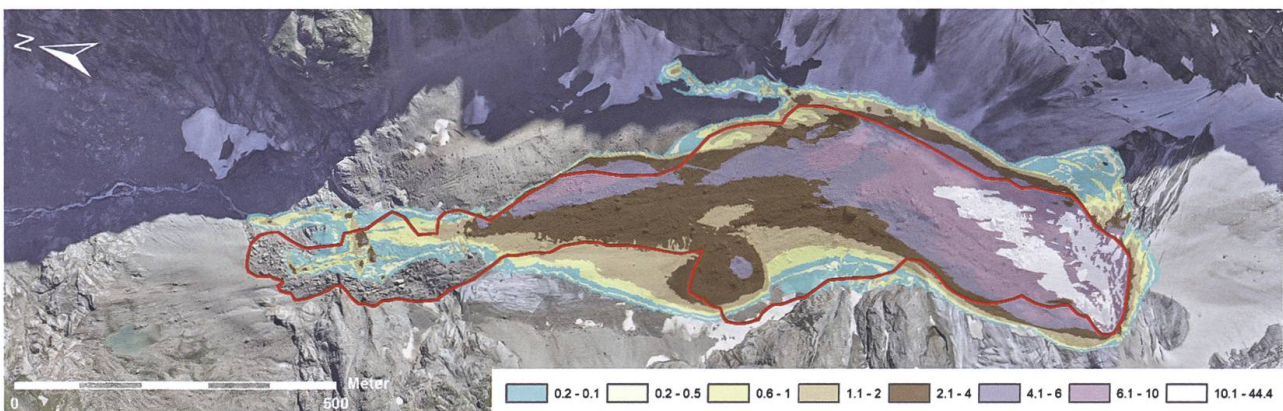


Fig. 13: Modellierung eines Abbruchs von 220'000 m³ mit RAMMS:Avalanche auf einem 2m-Grid von Swiss-Alti3d.

2427) und die anschliessende Nordflanke empfohlen. Dabei ist die lokale Lawinengefahr zu beachten. Beim bisher üblichen Winterzustieg über den Bockberg besteht nach wie vor eine schwer einzuschätzende Gefahr von Fels- und Eisstürzen.». Der früher verwendete Terminus «von der üblichen Route wird abgeraten» wurde fallengelassen.

5 Modellierung Reichweite Ereignis

Mit RAMMS: Avalanche wurde versucht, den Abbruch vom November 2019 nach zu modellieren. Das beste Ergebnis in Bezug auf Reichweite und Ausdehnungsbreite wurde mit einem Koeffizient der turbulenten Reibung ξ von 500 m/s^2 und einem Reibungskoeffizient μ von 0.15 erreicht (Fig. 13).

effizient μ von 0.15 erreicht (Fig. 13).

Im unteren Bereich der Ablagerung deckt sich die Fläche des Ereignisses nicht so gut mit der Modellierung. Dies hat mutmasslich damit zu tun, dass die Gletscherschmelze seit 2016 (Basis des Höhenmodells) in diesem Bereich zu einer veränderten Topographie geführt hat.

Die Verteilung der Ablagerungen wird durch die Modellierung recht gut wiedergegeben. Insbesondere die grösseren Ablagerungen etwas unterhalb der Mitte der Reichweite auf der orographisch rechten Seite ist auch im Gelände gut zu sehen. Die Modellierung unterschätzt jedoch die Menge an Material, welche effektiv bis in den äussersten Bereich der Reichweite gelangt ist.



Fig. 14: Unterster Ablagerungsbereich am 31. Mai 2020 (Foto: Nils Hählen). Der Pfeil zeigt als Grössenvergleich eine Person in den Grossblöcken der Ablagerung.

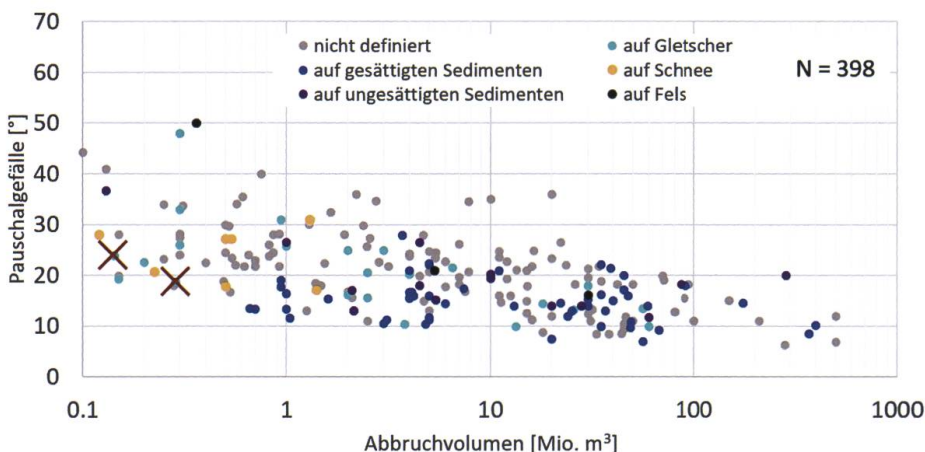


Fig. 15: Pauschalgefälle vom Februar und November Ereignis am Steigletscher im Vergleich zu anderen Sturzereignissen aus der ganzen Welt, welche auf verschiedenen Untergründen ausgelaufen sind. Quelle: Fels- und Bergsturzdatenbank Abteilung Naturgefahren.

6 Erkenntnisse

Mit einem Pauschalgefälle von knapp 19° (34%) weist der Abbruch vom November 2019 eine sehr grosse Reichweite auf. Wenn man dies mit anderen Ereignissen, insbesondere solchen mit einem Auslauf auf Gletschern, vergleicht, so liegt die Reichweite dieses Ereignisses am Steigletscher im Rahmen dessen, was bereits beobachtet wurde (vgl. Fig. 15). So erreichte beispielsweise 2014 der Felssturz am Piz Kesch (Volumen 150'000 m³) ein Pauschalgefälle von ca. 35% (Kenner et al. 2017).

Die kleinen Pauschalgefälle und grossen Reichweiten der beiden ersten Abbrüche dürften durch die grossen Wassergehalte der Sturzmassen in Form von Eis und Schnee (>20 %) bedingt sein. Am 17. November 2019 lagen im Gebiet rund 50 cm Schnee. Beim Abbruch im Februar betrug die Schneehöhe rund 160 cm. Dass dieser Abbruch mit einem Pauschalgefälle von knapp 24° nicht soweit gelangte wie der Novemberabbruch hat mutmasslich damit zu tun, dass im obersten Teil der Sturzbahn die Ablagerungen des Novembersturzes lagen, welche zu einer deutlich erhöhten Rauigkeit geführt und damit die Reichweite reduziert haben.

Quellen

- Gamma Remote Sensing AG 2019: Bericht zum „Pilotprojekt satellitengestützte Verschiebungsmessung (Satellitenradar) im Einzugsgebiet der KWO“. Bericht vom 17. Dezember 2019, 28 S.
- GLAMOS 1881-2019: The Swiss Glaciers 1880-2016/17, Glaciological Reports No 1-138, Yearbooks of the Cryospheric Commission of the Swiss Academy of Sciences (SCNAT), published since 1964 by VAW / ETH Zurich.
- Kellerhals + Haefeli AG 2020: Satellitengestützte Verschiebungsmessungen im Einzugsgebiet der Kraftwerke Oberhasli AG (KWO). Geologischer Bericht über aufgezeichnete Bewegungen im Zeitraum 2011 bis 2019, Bericht vom 30. April 2020, 90 S.
- Kenner et al. 2017: Fels- und Bergstürze in Permafrost Gebieten: Einflussfaktoren, Auslösemechanismen und Schlussfolgerungen für die Praxis. Schlussbericht Arge Alp Projekt «Einfluss von Permafrost auf Berg- und Felsstürze», 33 S.
- Keusen, H. R 2020a: Fels- und Eisabbrüche am Steingletscher östlich Bockberg. Kurzbericht z.Hd. SAC vom 29. April 2020, 3 S.
- Keusen, H.R. 2020b: Tierberglühütte Winterzustieg, Aktennotiz zur Begehung vom 30.10.2020, 15. November 2020, 3 S.

