Dokumentation und Überwachung einer Rutschung mittels UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

Autor(en): **Meier, G. / Frank, S.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio**

Band (Jahr): **112 (2014)**

Heft 10

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-389521

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Dokumentation und Überwachung einer Rutschung mittels UAV (Unmanned Aerial Vehicle)

Nach den intensiven Regenfällen vom 31. Mai bis am Morgen des 2. Juni 2013 (>200 mm) ist im Gebiet Howald östlich von Kaltbrunn (SG) eine grosse Waldfläche in Bewegung geraten. Die Ausdehnung der Hauptrutschfläche beträgt rund 700 m und die mittlere Breite etwa 100 m, was bei einer geschätzten mittleren Mächtigkeit von 3 bis 4 m eine Kubatur von ca. 200 000 bis 250 000 m³ ergibt. Das Holzvolumen des komplett abgeräumten Waldbestandes wird auf etwa 1000 m³ geschätzt. Die Howaldstrasse wurde bei Kote 1135 meterhoch überführt. Zirka zehn Tage später hat sich westlich der Hauptrutschung eine zweite Rutschung in Bewegung gesetzt. Diese ist ca. 350 m lang und 75 m breit.

Après les intenses chutes de pluie du 31 mai jusqu'au matin du 2 juin 2013 (>200) une grande surface forestière s'est mise en mouvement dans la région de Howald à l'est de Kaltbrunn (SG). L'extension de la surface de glisse principale est d'environ 700 m et la largeur moyenne mesure environ 100 m ce qui signifie pour une épaisseur de 3 à 4 m un cubage de 200 000 à 250 000 m³ de bois. Le volume de bois de la surface forestière complètement nettoyée est estimé à environ 1000 m. Vers la cote 1135 la route de Howald a été remplie de plusieurs mètres de matériaux. Une dizaine de jours plus tard un deuxième glissement s'est produit à l'ouest du glissement principal. Celui-ci mesure 350 m de long et 75 m de largeur.

Dopo le intense piogge cadute dal 31 maggio al 2 giugno 2013 (>200 mm) nella zona di Howald, a est di Kaltbrunn (SG), è scoscesa una grande superficie boschiva. La superficie della frana principale è di circa 700 m, mentre la larghezza media è di 100 m, il che con uno spessore del suolo da 3 a 4 m genera una cubatura di approssimativamente 200 000 – 250 000 m³. Si stima essere di 1000 m³ il volume di legname del soprassuolo forestale completamente asportato. La Howaldstrasse si è abbassata a quota 1135. Una decina di giorni dopo c'è stato un secondo smottamento, lungo circa 350 m e largo 75 m.

G. Meier, St. Frank

Geologie

Die Rutschung liegt in der subalpinen Molasse, die hier durch nach Südosten einfallende Nagelfuhbänke mit mächtigen Zwischenlagen aus Mergeln sowie Silt- und Sandsteinen geprägt ist. Die kalkig zementierte Nagelfluh ist durch Verkarstungsprozesse betroffen, was an zahlreichen kleinen Dolinen in den flacheren Gipfelbereichen des Schorhüttenbergs im Einzugsgebiet der Rutschung erkennbar ist. Rund 500 – 700 m nördlich des Rutschungsanrisses verlaufen zwei markante Störzonen; die intensive, tektonische Beanspruchung äussert sich auch in einer starken Klüftung der Nagelfluhbänke, die wahrscheinlich den massiven Wassereintrag in die Mergelzone im Anrissbereich der Rutschung begünstigte. Im Gebiet der Alp Howald ist in der geologischen Karte 1:25 000 (Blatt Walensee, 2003) im Auslaufbereich der aktuellen Bewegungen eine nicht aktive Rutschmasse verzeichnet; im oberen, eigentlichen Rutschbereich wird anstehender Fels angegeben.

Problematik

Der ungünstigste Fall wäre, wenn die Rutschung im Bereich der Alp Howald reaktiviert und die Strasse im Talgrund bis hinab zum Wengibach tangiert würde. Diese wird insbesondere am Wochenende von Touristen stark befahren. Die zwei Gebäude auf der Alp Howald wären dann ebenfalls gefährdet. Ebenso stellt sich die Frage, ob eine Wiederinstandstellung der überführten Howaldstrasse möglich ist.

UAV-Einsatz

Flugplanung und Signalisierung

Die Flüge werden als automatische reproduzierbare Wegpunktflüge durchgeführt. Mit Hilfe von GIS-Grundlagen (Landeskarten, Höhenmodelle usw.) werden Flugrouten für das UAV vordefiniert, welche dieses satellitengestützt abfliegt. Im Intervall von einigen Sekunden werden während des Flugs Lotrechtaufnahmen des Geländes ausgelöst. Die Flughöhe liegt 200 m über Grund und die Überdeckung der einzelnen Bilder in Längsrichtung bei 85 % und zwischen den Flugstreifen bei 60 %.

Am 11. Juni 2013 wurden die Signale (Passpunkte) gemäss Abbildung 3 gesetzt und mittels DGNSS (Differential Global Navigation Satellite System) eingemessen. Die Genauigkeit der Messungen liegt im Zentimeterbereich. Die Passpunkte wurden so gewählt, dass sie einerseits auf den Drohnenbildern gut sichtbar sind, und andererseits möglichst auf stabilem Gelände ausserhalb der Rutschungsfläche zu liegen kommen. Messungen in der Rutschfläche sind somit im Interpolationsbereich möglich.

Ein Passpunkt liegt innerhalb der Rutschfläche und ist somit als fix installiertes Signal unbrauchbar. Beim Setzen der Signale am 11. Juni war dieser jedoch noch stabil(er). Die Folgerutschung hat



Abb. 1: Rutschung in der ersten Juniwoche 2013 (Bild: Ingenieure Bart AG).

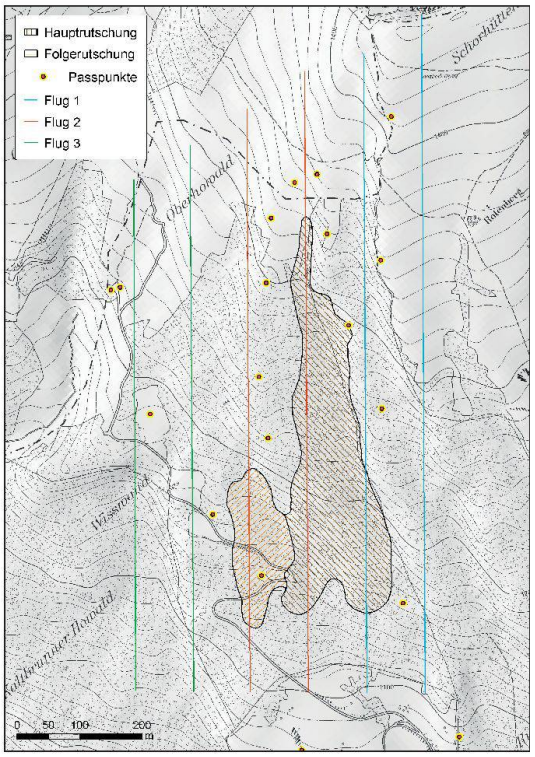


Abb. 3: Übersicht zur Flugvorbereitung. © Benützung der Daten der amtlichen Vermessung durch die kantonale Vermessungsaufsicht bewilligt, 10. Juni 2014.

sich erst nach dem ersten Bildflug in Bewegung gesetzt (Verschiebung dieses Punktes innerhalb der Folgerutschungsfläche zwischen den DGNSS-Messungen vom 11. Juni und 24. September 2013 um mehr als 4 m!).



Abb. 2: Setzen der Passpunktsignale (Bild: Ingenieure Bart AG).

Befliegung

Für die Befliegung wird ein Quadrokopter der Firma Microdrones verwendet. Mit einer Nutzlast von über einem Kilo und Flugzeiten bis 45 Minuten können auch grössere Gebiete je nach Bedarf mit unterschiedlichen Sensoren (z.B. Foto-, Video-, Multispektral-, Wärmebildkamera, Laserscanner) beflogen werden. Im Fall der Rutschung Howald wurde eine Sony NEX-5N Systemkamera mit einem 24 mm Zeiss-Objektiv gewählt. Aus den drei Flügen resultieren je 300 Bilder, welche als Grundlage für die Erstellung diverser Produkte benötigt werden. Die Flüge wurden im Jahr 2013 dreimal durchgeführt. Für 2014 sind weitere Flüge geplant.

Auswertungen und Resultate

Die Luftbilder werden photogrammetrisch ausgewertet. Um ein hochaufgelöstes digitales Terrainmodell (DTM) und ein Orthofoto (verzerrungsfrei, massstabsgetreue Abbildung der Erdoberfläche) zu erstellen, sind folgenden Schritte nötig:

- Auswertung der Passpunktmessungen (Echtzeit/statisch)
- Aerotriangulation (Messen der Passpunkte, Berechnung von Verknüpfungspunkten und Bündelblockausgleichung)
- Berechnung eines hoch aufgelösten DOM (Digitales Oberflächen-Modell) mittels Autokorrelation



Abb. 4: MD4-1000 im Einsatz (Bild: Rolf Ehrbar).

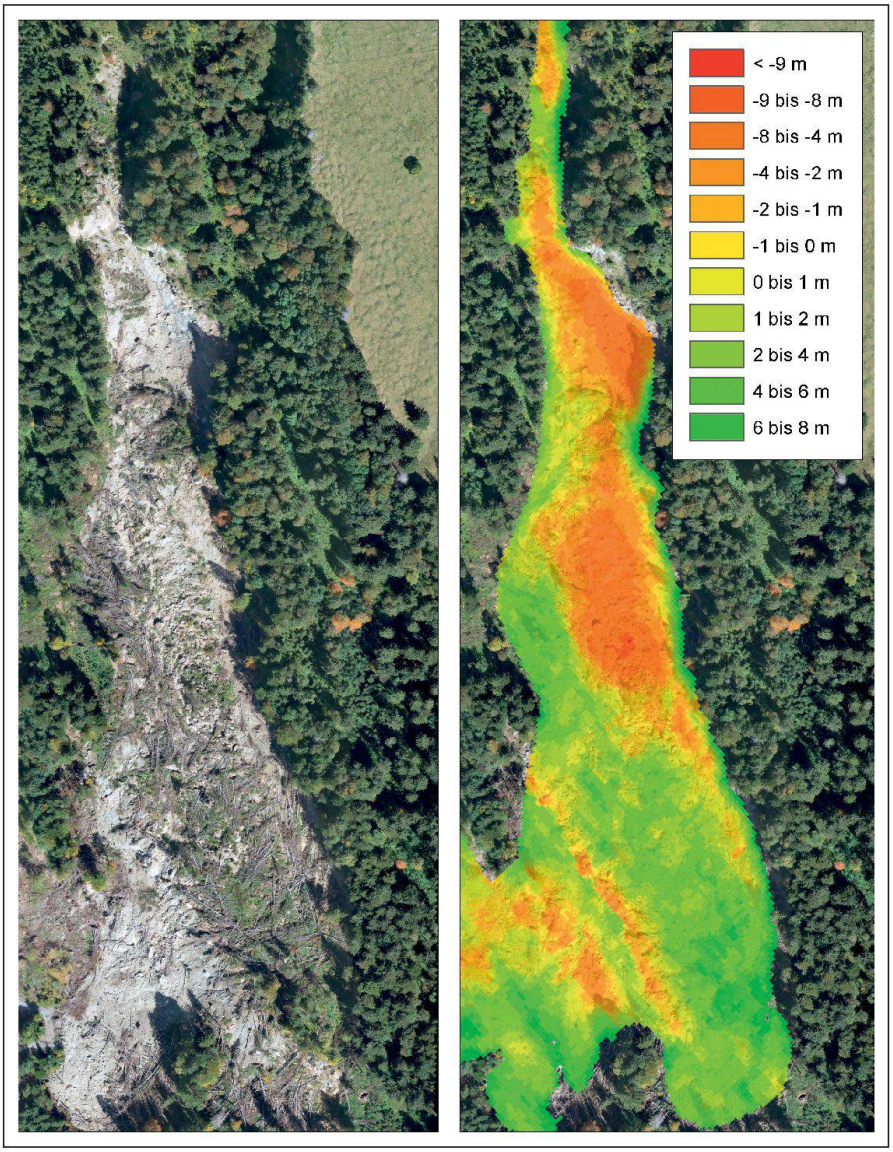


Abb. 5: Orthofoto und Differenzmodell DSM-UAV – DTM-AV.

- Nachbearbeitung des DOM für DTM (nur in den unbewaldeten Flächen) und Orthofoto.

Das DTM kann z.B. zu Vergleichszwecken verwendet werden. In Abbildung 5 wird das DTM vom letzten Flug (Ende September 2013) mit dem DTM AV (Geländemodell der Amtlichen Vermessung; Laserscan vor Rutschungsabgang) verglichen.

Aus dem Differenzmodell sind die vertikalen Veränderungen im Gelände ersichtlich. Vor allem in der oberen Hälfte der Rutschung sind diese mit bis zu 10 m imposant. Das Beispiel des Wanderweges, bei welchem zur Überwindung einer kleinen Felsstufe eine Leiter montiert war, zeigt diesen Versatz eindrücklich (Abb. 6). Im unteren Teil der Rutschung sind die steileren Passagen gut erkennbar (Nordwest bis Südost verlaufende orange Streifen in Abb. 5) wo viel Erdmaterial abgerutscht ist. Dort ist der anstehende Fels nun freigelegt.

Für die Abschätzung allfälliger Gefährdungen ist die horizontale, resp. die Bewegung talwärts mindestens ebenso interessant wie die Vertikale. Dazu können aus den Luftbildern identische Objekte zu unterschiedlichen Aufnahmezeitpunkten und daraus die Verschiebungsvektoren bestimmt werden. Die Auswertungen können ab Orthofoto zwei- oder mittels

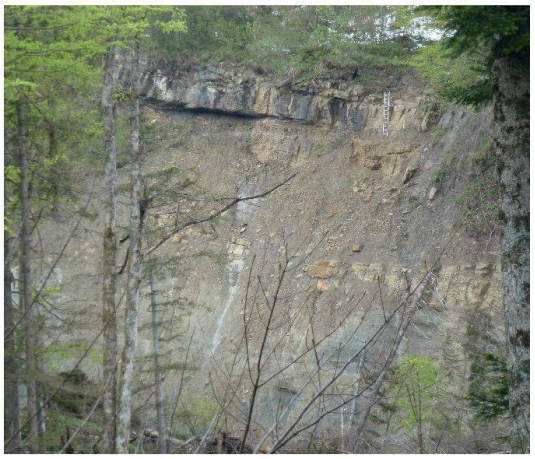


Abb. 6: Wanderweg: Wo geht's hier durch? (Bild: Ingenieure Bart AG).

Stereoanalyst dreidimensional erfolgen. Ein grosser Vorteil der Aufnahmen mittels UAV liegt bei der Bildauflösung, die typischerweise zwischen 2 und 5 cm Pixelgrösse liegt. Bei konventionellen Luftbildern liegt die übliche Bildauflösung zwischen 10 und 30 cm. Die hohe Auflösung schlägt sich in Genauigkeit, Qualität der Orthofotos und der Identifizierbarkeit von Objekten positiv nieder.

Über die ganze Rutschmasse hinweg sind innert drei Monaten (nach dem Ausbruch) Bewegungen von wenigen bis mehreren Dezimetern festzustellen. In steilen Passagen können bei einzelnen Komponenten Verschiebungen von wenigen Metern gemessen werden. Dabei handelt es sich aber um kleinflächige oberflächliche Rutschungen innerhalb der Rutschfläche. Insbesondere in der Front der Rutschung sind die Bewegungen ohne grössere Streuung durchwegs im Bereich von 30 cm (Abb. 8).

Überwachung

Neuerliche Bewegungen sind nun wahrscheinlich vor allem unterhalb der ausgeschiedenen Rutschfläche gegen den Talgrund hin zu erwarten, da diese alte Rutschmasse eine deutliche Zusatzbelastung erfahren hat. Eine akute Gefährdung der Alp Howald durch die Rutschung resp. starke differenzielle Bewegungen ist momentan aber nicht erkennbar. Es ist nicht auszuschliessen, dass sich bei

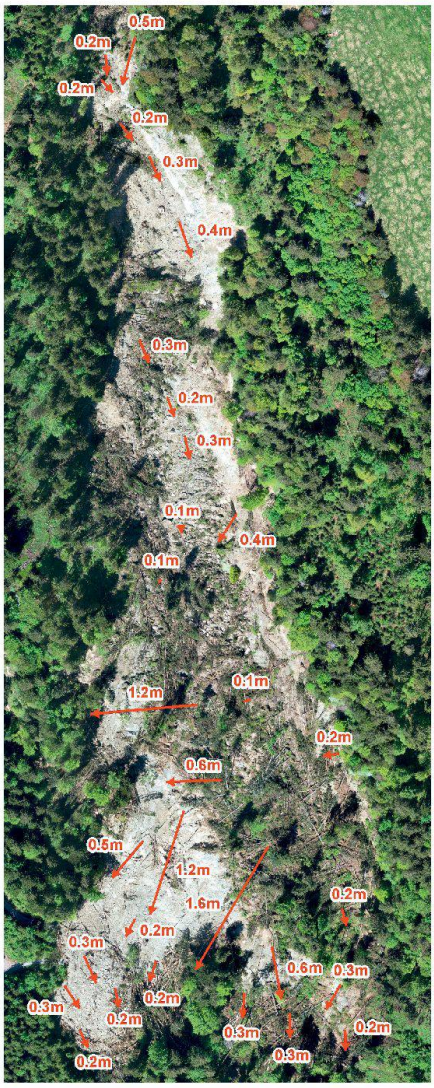


Abb. 8: Verschiebungsvektoren in der Hauptrutschmasse zwischen dem 11. Juni und 18. Oktober 2013; die initialen, deutlich grösseren Anfangsbewegungen sind hier nicht erfasst.

der Schneeschmelze oder erneuten Starkniederschlagsereignissen die Rutschmasse wieder reaktiviert. Deshalb wird das



Abb. 7: Veränderung an der Howaldstrasse: Die Strasse wurde im Einflussbereich der Rutschung seit Rutschungsabgang bis maximal 6 m talwärts verschoben; ein Grossteil dieser Bewegungen geschah im Laufe der Folgerutschung (Bild: Ingenieure Bart AG).

Untersuchungsgebiet zum Talboden hin erweitert. Zusätzliche Passpunkte (auch in der Rutschmasse) und zwei weitere Fluglinien gewährleisten eine optimale Grundlage zur Überwachung. In Zusammenarbeit mit dem Forstdienst, welcher das Gebiet periodisch kontrolliert, können die Signale jederzeit mittels DGNSS gemessen und Verschiebungen im Zentimeterbereich sofort detektiert werden. Mindestens einmal jährlich (sinnvollerweise nach der Schneeschmelze oder nach extremen Niederschlägen) wird die Befliegung des Gebietes empfohlen. Mit der Erstellung der vorgestellten Produkte können allfällige Veränderungen genau beobachtet und visualisiert werden.

Gion Meier
Ingenieure Bart AG
Waisenhausstrasse 15
CH-9000 St.Gallen
meier@bart.ch

Stephan Frank
Dr. von Moos AG
Bachofnerstrasse 5
CH-8037 Zürich
frank@geovm.ch