

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

**Band:** 103 (2005)

**Heft:** 9

**Artikel:** Photogrammetrie bewegter Objekte mit digitalen Amateur-Kameras

**Autor:** Wicki, P.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-236259>

### **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:** 17.11.2024

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

# Photogrammetrie bewegter Objekte mit digitalen Amateur-Kameras

Digitale Photo-Kameras aus dem mittleren Preissegment erfreuen nicht nur den ambitionierten Hobby-Photographen, sondern können auch für photogrammetrische Zwecke verwendet werden. Bei der Aufnahme bewegter Objekte entsteht durch den Zwang zur synchronen Auslösung zweier Kameras eine besondere Schwierigkeit. Erste Resultate der Auswertung einer künstlich ausgelösten Lawine zeigen das Potenzial des verwendeten Systems.

*Les caméras photographiques numériques du segment moyen des prix ne réjouissent pas seulement les photographes-loisir ambitionnés mais peuvent très bien être utilisées à des fins photogrammétriques. Lors de la prise de vue d'objets mobiles surgit une difficulté particulière due à la nécessité du déclenchement synchronisé de deux caméras. Les premiers résultats de l'analyse d'une avalanche déclenchée artificiellement démontrent le potentiel du système utilisé.*

Le fotocamera digitali del segmento medio di prezzo piacciono non solo agli ambiziosi fotografi dilettanti, ma possono anche essere impiegate a scopi fotogrammetrici. Nella ripresa di oggetti in movimento si registra una difficoltà particolare, riconducibile alla necessità avere uno scatto sincrono di due fotocamere. I primi risultati della valutazione di una valanga attivata artificialmente mostrano la potenzialità del sistema utilizzato.

P. Wicki

Seit dem Winter 1997/98 werden im schweizerischen Lawinenversuchsgelände Vallée de la Sionne, Kanton Wallis, vom Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) künstlich Lawinen ausgelöst, um das dynamische Verhalten von Fließ- und Staublawinen zu untersuchen. Mit verschiedenen Messverfahren (Radar, Photogrammetrie) werden Daten erfasst, welche in die Verifizierung und Kalibrierung physikalischer Modelle und numerischer Computermodelle einfließen<sup>1</sup>.

Die photogrammetrischen Auswertungen von Luftbildern des Anriss- und Ablagerungsbereichs der Lawinen dienen der Bestimmung der verfrachteten Schneevolumina und der Messung der Anrisshöhen entlang der Anrisskanten. Parallel werden seit dem Winter 2002/03 terrestrische videogrammetrische Auswertungen der Lawinen durchgeführt. Ziel dieser Auswertungen ist die Extrakti-

on der Frontlinien der Lawinen, die Ermittlung von Fließgeschwindigkeiten und -volumina und die Extraktion digitaler Oberflächenmodelle während ausgewählter Zeitschnitte der Lawinnenniedergänge<sup>2</sup>.

## Motivation

Im Winter 2003/04 wurden die videogrammetrischen Auswertungen erstmals

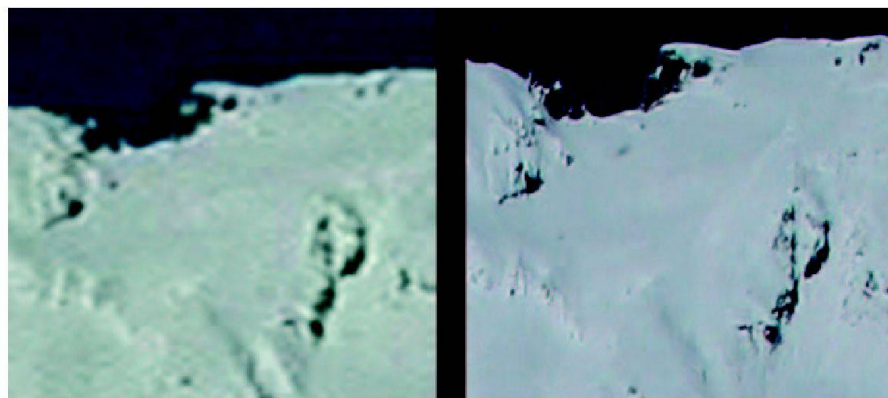


Abb. 1: Szene aufgenommen mit der Sony DCR-TRV-900 (links) und der Canon EOS 20D (rechts).

nicht mehr vom Institut für Photogrammetrie der EPF Lausanne, sondern von der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) in Birmensdorf durchgeführt. Die der WSL zur Verfügung stehenden Video-Kameras (Sony DCR-TRV-900) haben die gleiche Auflösung (drei Kanäle à 720 x 576 Pixel), aber eine kleinere Kammerkonstante (4.5 mm vs. 6 mm) als die zuvor von der EPFL verwendeten Kameras (SONY DSR-PD150P). Der daraus resultierende Massstabsunterschied ist aber vernachlässigbar und die Bilder sind qualitativ gleichwertig.

Die Qualität der aus dem Video exportierten Einzelbilder ist aber aufgrund der geringen Auflösung nicht zufriedenstellend. Die Messung der Stütz- und Verknüpfungspunkte für die Orientierung der Bilder und die stereoskopische Extraktion der Frontlinien und Höhenmodelle erfordern einen sehr grossen zeitlichen Operateur-Aufwand, welcher durch Bilder höherer Auflösung reduziert werden könnte. Diese Umstände und die Tatsache, dass nur ein Bild pro Sekunde ausgewertet wird, obwohl bei der Video-Aufnahme 25 erzeugt werden, führten zur Frage, ob sich die Videokameras durch digitale Photokameras ablösen lassen.

## Verwendete Hardware

Auf der Suche nach der geeigneten Kamera mussten diverse Anforderungen berücksichtigt werden. Die Kamera soll eine stabile Geometrie und eine qualitativ

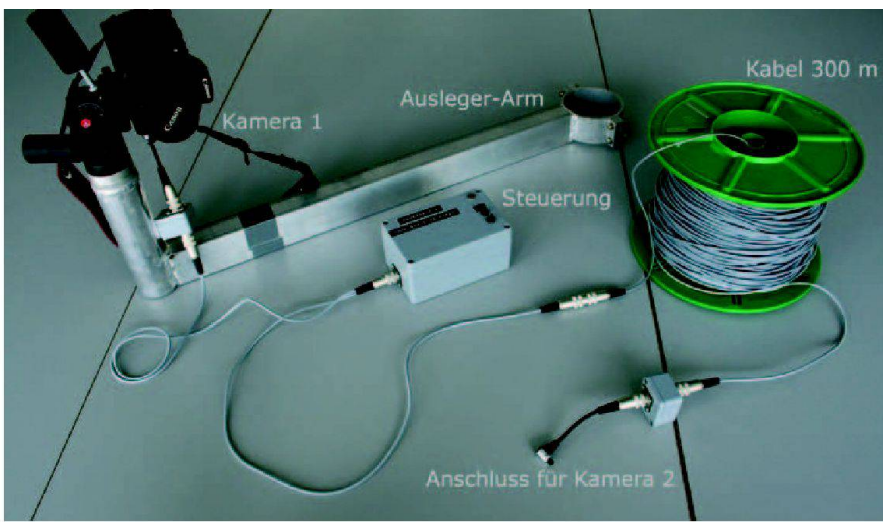


Abb. 2: Die für die Aufnahmen verwendete Hardware.

hohe Optik aufweisen, um sie für photogrammetrische Zwecke einsetzen zu können. Bei Temperaturen bis  $-15^{\circ}\text{C}$  soll sie zuverlässig funktionieren und über eine Zeitspanne von mindestens zwei Minuten kontinuierlich ein Bild pro Sekunde in hoher Auflösung aufnehmen können. Zudem sollte die Kamera eine Möglichkeit zur Synchronisierung bieten (Funk, Kabel-Fernauslösung). Das Preissegment wurde auf 1500–2500 CHF festgelegt.

Die Wahl fiel auf die im Herbst 2004 neu erschienene Canon EOS 20D. Die digitale Spiegelreflexkamera verfügt über ein robustes Gehäuse, einen 8.2 MP CMOS-Sensor (3504 x 2336 Pixel), exzellente Serienbildeigenschaften und funktioniert laut Angaben des Herstellers bis  $-40^{\circ}\text{C}$ . Für die ersten Tests im Winter 2004/05 wurde das EF-S 18–55 mm Objektiv gewählt, welches im Set mit der Kamera erhältlich war.

Für die Synchronisierung der Kameras bot Canon kein Produkt an, welches den Anforderungen (Schwankung der Intervalllängen  $< 1/100$  sec, Synchronität der Auslösung  $< 1/100$  sec) genügte. Darum wurde an der WSL eine elektronische Steuerung gebaut, mit welcher zwei Kameras über Kabel, welche am Adapter des Fernauslösers angeschlossen werden, in 1- oder 2-sec-Abständen synchron ausgelöst werden können.

Kernstück der Steuerung ist ein CMOS RC Timer, die Speisung der Steuerung erfolgt über eine 12-Volt-Batterie. Tests ergaben maximale Schwankungen der Intervalllängen von ca.  $3/1000$  sec, was den Ansprüchen genügt, legt doch eine Staublawine in dieser Zeit maximal 0.25 m zurück. Die Synchronität der Auslösung wurde mit der Feld-Konfiguration anhand von Bildern einer laufenden, digitalen Stoppuhr überprüft. Dabei konn-

ten im  $1/100$ -sec-Bereich keine Unterschiede festgestellt werden.

## Aufnahme-Konfiguration

Die Aufnahme-Konfiguration wird im Vallée de la Sionne von der Natur diktiert. Bedingt durch das unwegsame, bewaldete Gelände auf der Gegenhangseite des Lawinenzuges, bieten sich nur wenige Orte als geeignete Kamerastandorte an. Die beiden Photo-Kameras wurden auf den Punkten LA und G3 platziert (siehe Abbildung 3). Mit dem dritten zur Verfügung stehenden Standort BR ergibt sich zwar eine wesentlich längere Basis, aufgrund des grossen Konvergenzwinkels entsteht aber ein schlechter stereoskopischer Eindruck. Dieser Standort wurde darum für die Testphase im Winter 2003/04 nicht mit einer digitalen Photo-Kamera bestückt.

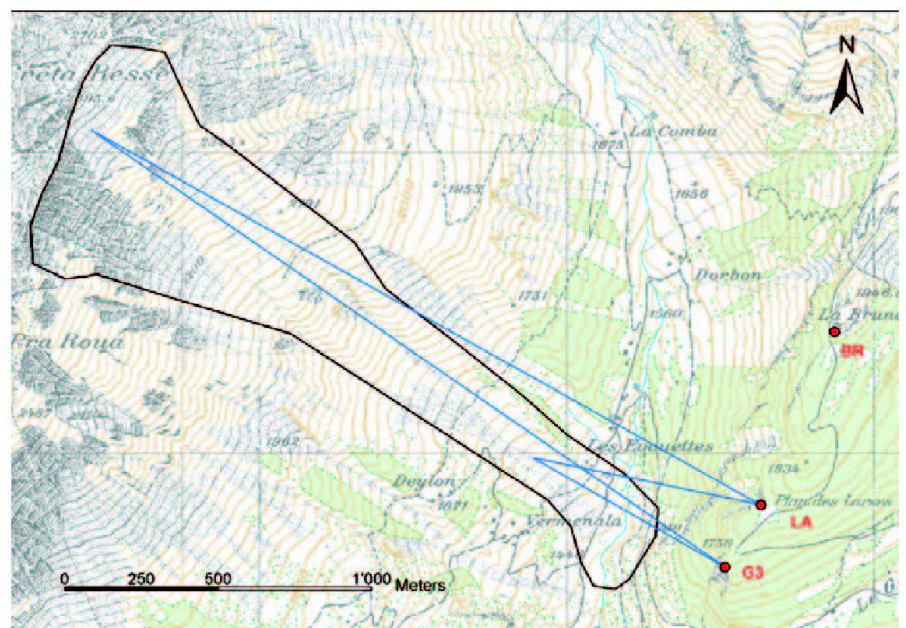


Abb. 3: Die möglichen Kamera-Standpunkte G3, LA und BR (rot) mit den Visuren ins Anriss- und Ablagerungsgebiet (blau) und dem Gefahrenbereich der Lawine (schwarz). (Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo BAO57188.)

Um gleichzeitig Photo- und Videoaufnahmen machen zu können, wurden die bestehenden Stative mit einem Ausleger-Arm für eine zweite Kamera ausgerüstet. So konnte sichergestellt werden, dass auch bei einem Misslingen der Photos Bilder für die Auswertung zu Verfügung stehen würden. Die neuen Kamera-Standpunkte wurden mit differentiellen GPS-Messungen mit einer Genauigkeit von 5 cm bestimmt.

Durch die Montage der Kameras im Hochformat und die Einstellung der Brennweite auf 18 mm (entspricht 29 mm im Kleinbild-Format) kann das ganze Gebiet auf jeweils einem Bild festgehalten werden, während die Videokameras während der Aufnahme geschwenkt werden müssen. Der Aufwand für die Orientierung der Bilder wird dadurch reduziert und eine Fehlerquelle (falscher Bildausschnitt) eliminiert. Bei den Aufnahmen wurde darauf geachtet, dass die beiden Kameras exakt die gleichen Einstellungen aufwiesen. Der Bildmassstab liegt zwischen 1:140 000 und 1:30 000, die Kantenlänge eines Pixels variiert im Objektraum zwischen 0.93 m und 0.21 m (gegenüber 2.95 m und 0.68 m in den Videobildern). Die Basis-Distanz zwischen den Kameras

beträgt 240 m, der Abstand zum Objekt zwischen 2600 m und 600 m. Dadurch ergibt sich die nicht optimale Aufnahme-Konfiguration, mit einem Abstand-Basis-Verhältnis von 1:11 im Bereich des Anrissgebietes.

## Orientierung

Die Messung der Bildkoordinaten erfolgte mit der Photogrammetrie-Software SOCET SET 5.2 von BAE Systems. Sowohl die Stütz- als auch die Verknüpfungspunkte wurden visuell gemessen. Die Messung der Stützpunkte gestaltete sich vor allem im oberen Bereich sehr schwierig, da die im Fels angebrachten Signale der Punkte nicht identifiziert werden konnten. Für die innere Orientierung wurden die Eckpunkte der Bilder verwendet. Die Ausgleichung der Messungen erfolgte mit BINGO 5.1.6 in einer Bündelblockausgleichung.

Aufgrund der Erfahrungen mit Video-Bildern in früheren Jahren wurde auf eine vorgängige Labor-Kalibrierung der Kameras verzichtet und für die Ausgleichung ein zweistufiges Vorgehen gewählt. In einem ersten Schritt wurden die Parameter der inneren Orientierung (Brennweite, Bildhauptpunktlage und Verzeichnung) für beide Kameras als freie Parameter in die Orientierung eingeführt (Selbstkalibrierung). Im zweiten Schritt flossen die errechneten Parameter als feste Grössen mit bekannter Standardabweichung in die Ausgleichung ein.

## Resultate

Die Standardabweichung der Gewichtseinheit a posteriori liegt im Bereich von  $4.5 \mu\text{m}$  ( $1 \text{ Pixel} = 6.4 \mu\text{m}$ ). Die durchschnittlichen Residuen der Stützpunkte (RMS) betragen 1.3 m in der Lage und 1 m in der Höhe. Betrachtet man die mittleren Fehlerellipsen der Stützpunkte, sieht man die grösste Ausdehnung in Aufnahme-Richtung im oberen Bereich. Dies ist auf das ungünstige Abstand-Basis-Verhältnis und die damit verbundenen schleifenden Strahlenschnitte zurückzuführen. Die Resultate der Ausgleichung sind auf-

grund des schwachen Blocks und der nicht einwandfreien inneren Orientierung der Kameras mit Vorsicht zu geniessen. Darum wurden mittels Messungen in den orientierten Bildern weitere Genauigkeitsuntersuchungen durchgeführt.

Eine visuelle Nachmessung der Stützpunkte ergab eine Abweichung (RMS) gegenüber den Sollwerten von 5.4 m im oberen Bereich und 2.2 m im unteren Bereich des Lawinenzuges.

Des Weiteren wurden 250 Punkte auf der Schneeoberfläche gemessen, wobei Zonen mit schlechtem Kontrast ausser Acht gelassen wurden. Die Höhen dieser Punkte wurden mit dem um 1 m erhöhten Oberflächenmodell (Simulation einer Schneedecke) verglichen. Diese Auswertungen ergaben maximale Abweichungen von 7.2 m bei einem RMS von 2.2 m und einem Mittelwert von 0.4 m (gegenüber 11 m im Video bei einem RMS von  $5 \text{ m}$ )<sup>3</sup>. Die Ermittlung der Lawinenoberfläche ist also mit einer Genauigkeit von 2–3 m möglich, womit die Forderung des SLF von 5 m eingehalten werden kann.

## Fazit

Mit dem vorgestellten System können synchrone Aufnahmen bewegter Objekte erzeugt werden, welche für photogrammetrische Auswertungen geeignet sind.

Die Resultate der Ausgleichung sind allerdings nicht ganz befriedigend. Um eine stabile Selbstkalibrierung durchführen zu können, müssen zusätzliche Bilder in die Ausgleichung eingeführt werden, wovon einige gekantet aufgenommen sein sollten. Ein zusätzliches Bild vom Kamerastandpunkt BR hätte aufgrund der Verlängerung der Basis auf über 870 m eine Verbesserung der Genauigkeit in Aufnahme-Richtung zur Folge.<sup>2</sup> Potenzial für eine Steigerung der Genauigkeit ist also bei einer unter den gegebenen Umständen optimalen Aufnahme-Konfiguration durchaus vorhanden.

## Danksagung

Besonderer Dank gebührt Bruno Fritschi für den Bau der Steuerung für die syn-

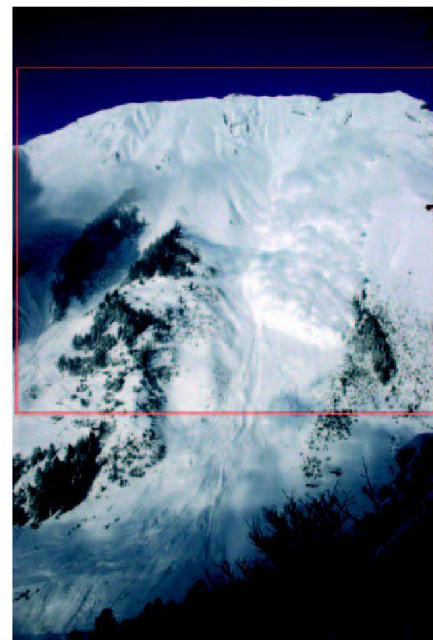


Abb. 4: Die Lawine vom 17. Februar 2005 ca. 1 min nach der Sprengung. Der rote Rahmen stellt den Bereich dar, der mit der Sony DCR-TRV-900 ohne Schwenken erfasst werden kann.

chrone Kamera-Auslösung. Ohne seine Arbeit wäre das Projekt nicht realisierbar gewesen.

## Literatur:

- <sup>1</sup> Ammann, W.J., 1999: A new Swiss test-site for avalanche experiments in the Vallée de la Sionne/Valais, Cold Regions Science and Technology, Volume 30, Issues 1–3, Pages 3–11.
- <sup>2</sup> Luhmann, T., 2003: Nahbereichsphotogrammetrie: Grundlagen, Methoden und Anwendungen, Oldenburg (D), Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg (D).
- <sup>3</sup> Vallet, J., 2002: Suivi d'aérosols par vidéo-grammétrie: Etude de faisabilité, EPF Lausanne.
- <sup>4</sup> Vallet, J.; Turnbull, B.; Joly, S.; Dufour, F., 2004: Observations on powder snow avalanches using videogrammetry, Cold Regions Science and Technology, Volume 39: Issues 2–3, Pages 153–159.

Patrick Wicki  
Eidg. Forschungsanstalt WSL  
Zürcherstrasse 111  
CH-8903 Birmensdorf  
patrick.wicki@wsl.ch