

# Terrestrisch-photogrammetrische Dokumentation des Gletscherrückgangs am Gössnitzkees (Schobergruppe, Nationalpark Hohe Tauern)

V. Kaufmann und R. Ladstädter  
Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie  
Technische Universität Graz  
E-mail: [viktor.kaufmann@tugraz.at](mailto:viktor.kaufmann@tugraz.at)

## Zusammenfassung

Am Anfang des 20. Jh. wurde die terrestrische Photogrammetrie als leistungsstarke und effiziente Vermessungsmethode zur Erfassung der Topographie von Hochgebirgsräumen erstmals - insbesondere auch zur Klärung von glaziologischen Fragestellungen - eingesetzt. Im Verlauf der vergangenen 100 Jahre wurde sie jedoch durch andere Messverfahren, wie z.B. Aerophotogrammetrie, Laserscanning und satellitengestützte bildgebende Verfahren, nahezu vollständig abgelöst. Gegenwärtig ergeben sich aber für Hochgebirgsanwendungen durch die Einsatzmöglichkeit von kostengünstigen, semi-professionellen Digitalkameras im Zusammenwirken mit digitalen Auswertemethoden neue Zukunftsperspektiven. Dieser Aufsatz beschreibt die terrestrisch-photogrammetrische Dokumentation des Gletscherrückgangs (1988-2003) am Gössnitzkees, welche durch die Kombination unterschiedlicher photographischer Aufnahmesysteme (Phototheodolit, Réseaukamera, Digitalkamera) ermöglicht wurde. Die Einsatzmöglichkeit der verwendeten Digitalkamera Nikon D100 wird für glaziologische Fragestellungen bewertet.

**Schlagwörter:** Glaziologie, terrestrische Photogrammetrie, Gletscher-Monitoring, Gössnitzkees, Hohe Tauern

## 1 Einleitung

### 1.1 Motivation

Das Gössnitzkess liegt in der Schobergruppe im Kärntner Teil des Nationalparks Hohe Tauern. Der durchwegs von Lawinen genährte Kargletscher ist größtenteils mit Blockschutt bedeckt und wies im Jahre 1997 eine Größe von 75.4 ha auf. 1982 wurde das Gössnitzkees in das Gletschermessnetz des Österreichischen Alpenvereins (ÖAV) aufgenommen. Jährliche Gletschermessungen werden durch Mitarbeiter des Instituts für Geographie und Raumforschung der Universität Graz durchgeführt. Im Rahmen eines vom Kärntner Nationalparkfonds geförderten Forschungsprojektes (Leitung: G.K. Lieb, UNI Graz) wurde die Gletschergeschichte des Gössnitzkees seit dem letzten Gletscherhochstand von 1850 erfasst und zahlenmäßig dokumentiert. Von 1850 bis 1997 hat sich die Gletscherfläche vergleichsweise um 51.5% verringert. Ein Forschungsthema des Institutes für Fernerkundung und Photogrammetrie beschäftigt sich u.a. damit, inwieweit die terrestrische Photogrammetrie im gegenständlichen Gletschermonitoring eingesetzt werden kann. Insbesondere soll untersucht werden, ob man mit kostengünstigen digitalen Spiegelreflexkameras ein Gletscher-Monitoring mit ausreichender Genauigkeit durchführen kann.

## 2 Terrestrisch-photogrammetrische Stereo-Aufnahmen

### 2.1 Phototheodolit TAL – Gletscherstand 1988



Abb. 1: TAL



Abb. 2: Aufnahme vom 7.9.1988

Im Jahre 1988 haben R. Kostka und V. Kaufmann erstmals eine photogrammetrische Standlinie (Basislänge 122 m, vgl. Abb. 2 und 5) angelegt. Zum Einsatz kam der Phototheodolit TAL („Terrestrische Ausrüstung leicht“, vgl. Abb. 1) von Zeiss/Jena. Kenngrößen:  $c = 55.62$  mm, Glasplattenformat:  $6.5 \times 9$  cm<sup>2</sup>. Belichtet wurde auf Topo-Platten TO1 (orthochromatische Emulsion) von ORWO VEB Filmfabrik Wolfen. Diese und alle anderen Aufnahmen (1997, 2003) des Gössnitzkess sind am Institut für Fernerkundung und Photogrammetrie der TU Graz archiviert.

## 2.2 Mittelformatkamera Rolleiflex 6006 – Gletscherstände 1997 und 2003



Abb. 3: Rolleiflex 6006

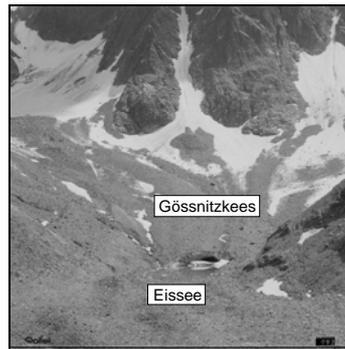


Abb. 4: Aufnahme vom 11.8.1997

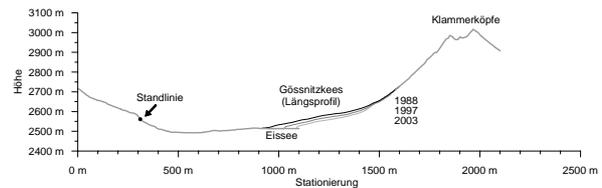


Abb. 5: Terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme-disposition. (Anmerkung: Die Standlinie liegt knapp oberhalb der Seitenmoräne von 1850 am Weg zum Roten Knopf.)

Die Aufnahmen von 1988 wurden in den Jahren 1997 und 2003 mit einer Réseaukamera Rolleiflex 6006 metric wiederholt (vgl. Abb. 3 und 4). Die Rolleiflex 6006 ist eine Mittelformat-Spiegelreflexkamera (6 cm x 6 cm Rollfilm,  $c = 151.608$  mm) mit eingebauter Réseau-Glasplatte (121 Réseaukreuze). Das vorliegende analoge Bildmaterial (Rolleiflex und auch TAL) wurde mit einem Präzisionsscanner UltraScan 5000 (Vexcel Imaging Austria) mit einer Auflösung von  $10\mu\text{m}$  digitalisiert. In einem weiteren Vorverarbeitungsschritt wurden die geometrischen Fehler zufolge Filmverzug und Filmunebenheit korrigiert. Auch erfolgte eine radiometrische Korrektur aller Bilddaten. Erwähnenswert ist die digitale Retusche der Réseaukreuze bei den Rolleiflex-Aufnahmen. Die Bildgröße der gescannten TAL-Aufnahmen beträgt ca.  $8000 \times 6000$  Pixel, jene der korrigierten Rolleiflex-Bilder wurde mit  $6001 \times 6001$  Pixel gewählt.

## 2.3 Digitalkamera Nikon D100 – Gletscherstand 2003



Abb. 6: Digitalkamera Nikon D100

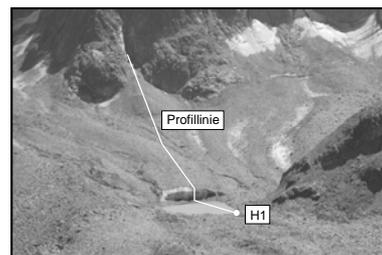


Abb. 7: Aufnahme vom 23.8.2003

Gemeinsam mit der Aufnahme mit der Rolleiflex 6006 wurden von den gleichen Standpunkten aus auch Aufnahmen mit einer digitalen Spiegelreflexkamera Nikon D100 (vgl. Abb. 6 und 7) gemacht. Verwendet wurde ein 50mm-Objektiv. Die Bildgröße beträgt  $3008 \times 2000$  Pixel. Die Kalibrierung der Kamera erfolgte mit dem Softwarepaket PhotoModeler Pro 4.0. Mit einer institutseigenen Software wurden zusätzlich die Farbfehler zufolge chromatischer Aberration eliminiert.

## 3 Geodätische Vergleichsmessungen 1997 und 2003

Seit 1996 werden alljährlich Mitte August vom Festpunkt H1 aus geodätische Vergleichsmessungen am Gössnitzkees durch Mitarbeiter der geodätischen Institute der TU Graz durchgeführt (vgl. Abb. 7). Eingemessen werden Gletscherrandpunkte (vorzugsweise das Gletschertor), Uferpunkte des temporären Eissees, Sonderpunkte zur Bestimmung der Fließgeschwindigkeit und ein Gletscherlängsprofil (Azimut =  $154.5$  gon). Im Jahre 2003 wurden auch photogrammetrische Passpunkte eingemessen.

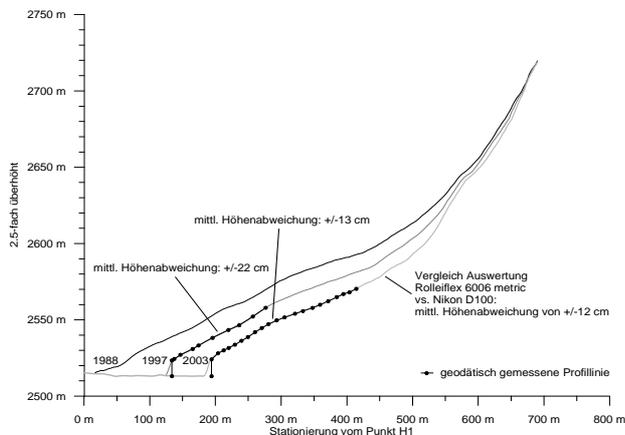
## 4 Photogrammetrische Auswertung

Sowohl die photogrammetrische Orientierung der vorhandenen Stereomodelle als auch die anschließende manuelle Datenerfassung erfolgten mit der digital-photogrammetrische Arbeitsstation ImageStation SSK von Z/I Imaging. Als Referenzmodell diente das Rolleiflex 6006-Stereomodell des Jahres 2003, welches mit den zum selben Zeitpunkt geodätisch eingemessenen Passpunkten orientiert wurde. In diesem Modell wurden 55 photogrammetrische Einpasspunkte, d.h. ortsfeste Punkte im Gletschervorfeld bzw. in den Felswänden oberhalb des Gletschers, für die absolute Orientierung der übrigen Stereomodelle gemessen.

## 5 Ergebnisse

Für alle vier Stereomodelle wurde jeweils ein Rasterhöhenmodell (5m Punktabstand) innerhalb des vorgegebenen Auswertebereichs gemessen. Weiters wurde auch der in den Messbildern sichtbare Gletscherrand erfasst. Aus den vorliegenden terrestrisch-photogrammetrischen Messergebnissen konnte die Gletscherveränderung (Eisdickenänderung, Gletscherlängenänderung) numerisch und graphisch ausgewiesen werden, aber auch andere glaziologisch relevante

Parameter, wie z.B. Ablationsgradient oder Fließgeschwindigkeit, berechnet werden. Die erzielten Ergebnisse wurden anhand der geodätischen Messungen (1997, 2003) bzw. auch mit bestehenden Luftbilddauswertungen (1997) überprüft. Aus Platzgründen kann an dieser Stelle nur die Ergebnispräsentation für das Längsprofil erfolgen (vgl. Abb. 7).



#### Eisdickenänderung [2530-2560 m]:

1988 – 1997: -13.6 m (= 1.51 m/a)  
 1997 – 2003: -12.2 m (= -2.00 m/a)  
 2002 – 2003: -2.15 m (aktueller Wert)

#### Gletscherlängenänderung:

1988 – 1997: -82.2 m (= -9.47 m/a)  
 1997 – 2003: -61.5 m (= 10.26 m/a)  
 2002 – 2003: -5.29 m (aktueller Wert)

Ablationsgradient [100 m]: 1.16 m w.e.  
mittl. Fließgeschwindigkeit: 30 – 60 cm/a

Abb. 7: Terrestrisch-photogrammetrische Dokumentation der Eisdickenänderung 1988-1997-2003 im Längsprofil

## 6 Resümee und Ausblick

Aus den Genauigkeitsuntersuchungen (vgl. Abb. 7) geht hervor, dass die jährliche Eisdickenänderung des Gössnitzkees z.B. unter Verwendung der Digitalkamera Nikon D100 mit einer Genauigkeit von ca. +/-20 cm möglich ist, was einem Relativfehler (bei anhaltend gleichem Gletscherschwund) von ca. 10% entspricht. Das Anwendungsgebiet dieser volldigitalen terrestrisch-photogrammetrischen Methode (= digitaler Datenfluss von der Aufnahme bis zur Auswertung) liegt im Monitoring kleinräumiger Gletscher bzw. von ausgewählten Gletscherbereichen (z.B. Zungenenden), wobei im Modellbereich genügend viele idente Punkte im unveränderlichen Geländebereich vorhanden sein müssen.

### Dank

Die Autoren bedanken sich herzlichst bei G. Kienast vom Institut für Navigation und Satellitengeodäsie der TU Graz, welcher für das Gelingen der geodätischen Messungen (1996-2003) wesentlich beigetragen hat. Ebenso muss an dieser Stelle die Mitarbeit von zahlreichen Studierenden im Rahmen von geodätischen Lehrveranstaltungen lobend erwähnt werden. Dem Nationalpark Hohe Tauern danken die Autoren für die geleistete Hilfestellung in Form von finanziellen Förderungen und auch tatkräftigem Personal (NP-Volontäre). Die Digitalisierung der analogen Bildvorlagen wurde freundlicherweise durch die Firma VEXCEL Imaging Austria ermöglicht.

### Literatur

Kaufmann, V., Krobath, M., Lieb, G.K., & Sulzer, W., 1999: Gössnitz- und Hornkees – die Entwicklung zweier Kargletscher der Schobergruppe (Nationalpark Hohe Tauern, Kärnten) seit dem Hochstand von 1850. Interner Bericht, Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 76 Seiten.

Kaufmann, V., & Plösch, R., 2000: Mapping and visualization of the retreat of two cirque glaciers in the Austrian Hohe Tauern National Park. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. XXXIII, Part B4, Amsterdam 2000, 446-453.

Lieb, G.K., 1985: 4 Jahre Gletschermessung in der Schobergruppe. Kärntner Naturschutzblätter, 24, 132-135.

Lieb, G.K., 2000. Die Flächenänderung von Göbnitz- und Hornkees (Schobergruppe, Hohe Tauern) von 1850 bis 1997. In: Festschrift für Heinz Slupetzky zum 60. Geburtstag, Salzburger Geographische Arbeiten, 36, 83-96.