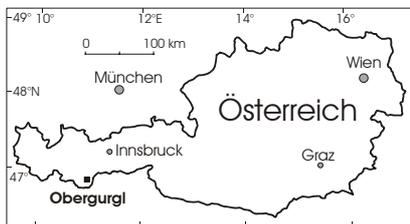


# Terrestrisch-photogrammetrische Dokumentation des Blockgletschers im Äußeren Hochebenkar

Richard LADSTÄDTER und Viktor KAUFMANN

## 1 Einleitung

Der Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar ( $46^{\circ} 50' N$ ,  $11^{\circ} 01' E$ ) befindet sich in den Öztaler Alpen 4 km südlich des Ortes Obergurgl (siehe Abbildung 1). Die 42 ha große, NW-exponierte Zunge des Blockgletschers erstreckt sich in einem Höhenbereich zwischen 2360 m und etwa 2800 m. Auf etwa 2580 m Seehöhe befindet sich eine Geländekante, über die sich der Blockgletscher in steileres Terrain vorschiebt. Im Gegensatz zum gleichmäßigen Permafrostkriechen im oberen Teil treten im Bereich unterhalb der Geländekante zusätzlich Rutschungen auf. Diese haben zu einer stark zerfurchten Oberfläche geführt, die sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert hat.



**Abb. 1:** Lage des Projektgebietes.

Bedingt durch diese besondere topographische Situation wurden an diesem Blockgletscher immer wieder außergewöhnlich hohe Bewegungsraten (mehrere Meter pro Jahr) gemessen. Erste photogrammetrische Messungen wurden bereits 1938 von W. Pillewizer durchgeführt (PILLEWIZER, 1957). L. Vietoris begann ab 1951 erstmals mit geodätischen Messungen (VIETORIS, 1972). Diese Messungen wurden ab 1972 von H. Schneider fortgeführt, sodass nun bereits eine über 60-jährige Messreihe vorliegt (SCHNEIDER & SCHNEIDER, 2001).

1985 erfolgte eine detaillierte Permafrostkartierung, welche u. a. auch den Blockgletscher im benachbarten Inneren Hochebenkar umfasste (HAEBERLI & PATZELT, 1985). Die Morphodynamik des Blockgletschers im Äußeren Hochebenkar wurde in weiterer Folge mittels differentieller Radar-Interferometrie (DInSAR) (NAGLER et al., 2002) bzw. mittels Luftbildphotogrammetrie (KAUFMANN & LADSTÄDTER, 2002) untersucht. Die verwendeten Luftbilder aus dem Zeitraum zwischen 1953 und 1997 ermöglichten auch die photogrammetrische Bewegungsmessung am Inneren Hochebenkar.

In diesem Beitrag steht die Auswertung von terrestrisch-photogrammetrischen Aufnahmen, die von Mitarbeitern des Instituts für Fernerkundung und Photogrammetrie der TU Graz in den Jahren 1986, 1999 und 2003 durchgeführt wurden, im Vordergrund. In diesem Zusammenhang ergaben sich folgende Fragestellungen:

- Ist die terrestrische Photogrammetrie eine geeignete Methode für das Blockgletscher-Monitoring? (Anmerkung: Unter Blockgletscher-Monitoring wird hier das Messen von 3D Fließvektoren bzw. Oberflächendeformationen verstanden.)

- Ist eine automatisierte Punktübertragung in Bildern unterschiedlicher Kamerasysteme und/oder Aufnahmezeitpunkte möglich?
- Wie sind die unterschiedlichen terrestrischen Aufnahmesysteme zu bewerten?

## 2 Terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme

### 2.1 Kamerasysteme

In den drei Messkampagnen von 1986, 1999 und 2003 wurden insgesamt vier verschiedene Kamerasysteme eingesetzt (siehe Abbildung 2):

- (a) Phototheodolit Photheo 19/1318 von Zeiss, 190 mm - Objektiv, 13 x 18 cm<sup>2</sup> Glasplatte.
- (b) Messkamera Linhof Metrika, 150 mm - Objektiv, 9 x 12 cm<sup>2</sup> Rollfilm (panchromatisch), Magazin mit Filmansaugvorrichtung, eingebaute Réseauplatte (99 Kreuze).
- (c) Halbmesskamera Rolleiflex 6006 mit 150 mm - Objektiv, 6 x 6 cm<sup>2</sup> Farbumkehrfilm, eingebaute Réseauplatte (121 Kreuze).
- (d) Digitale Spiegelreflexkamera Nikon D100 mit 50 mm - Objektiv, 6 MPixel CCD, IBM 1 GByte Microdrive.



**Abb. 2:** (a) Photheo 19/1318; (b) Linhof Metrika; (c) Rolleiflex 6006; (d) Nikon D100.

### 2.2 Bildformate

Sämtliche analogen Bilder wurden mit dem photogrammetrischen Präzisionsscanner Ultra-Scan 5000 von VEXCEL Imaging Austria mit einer Auflösung von 10  $\mu\text{m}$  gescannt. Die geometrische Genauigkeit wird für diesen Scanner mit besser als  $\pm 3 \mu\text{m}$  angegeben (GRUBER & LEBERL, 2001). Abbildung 3 zeigt die unterschiedlichen Bildformate der einzelnen Kamerasysteme im direkten Größenvergleich. Die mittleren Bildmaßstäbe sind in

Tabelle 1 angeführt (mittlere Objektdistanz: 1800 m). In Verbindung mit der Größe eines Scanpixels<sup>1</sup> lässt sich die geometrische Auflösung, bezogen auf eine vertikale Ebene in mittlerer Objektdistanz, angeben (vgl. Spalte „Auflösung“). Um einen besseren Vergleich mit dem Luftbildfall zu ermöglichen, wurde dieser Wert durch Berücksichtigung der mittleren Geländeneigung (26°) in eine „ground sampling distance“ umgerechnet (siehe Spalte „GSD“). In der letzten Spalte wird noch die Größe des Originalscans angegeben.



**Abb. 3:** Bildformate der analogen und digitalen Kamerasysteme im Vergleich: (a) Photheo 19/1318; (b) Linhof Metrika; (c) Rolleiflex 6006; (d) Nikon D100.

**Tabelle 1:** Zusammenstellung der verwendeten Bilddaten.

Kamera	Bildmaßstab	Format [Pixel]	Auflösung	GSD	Größe
<b>Photheo 19/1318</b>	1 : 9500	~ 18000 x 13000	9.5 cm	19 cm	220 MB
<b>Linhof Metrika</b>	1 : 12000	~ 12000 x 9000	12 cm	24 cm	110 MB
<b>Rolleiflex 6006</b>	1 : 12000	~ 6000 x 6000	12 cm	24 cm	98 MB
<b>Nikon D100</b>	1 : 36000	3008 x 2000	28 cm	56 cm	17 MB

### 2.3 Terrestrische Aufnahmedisposition

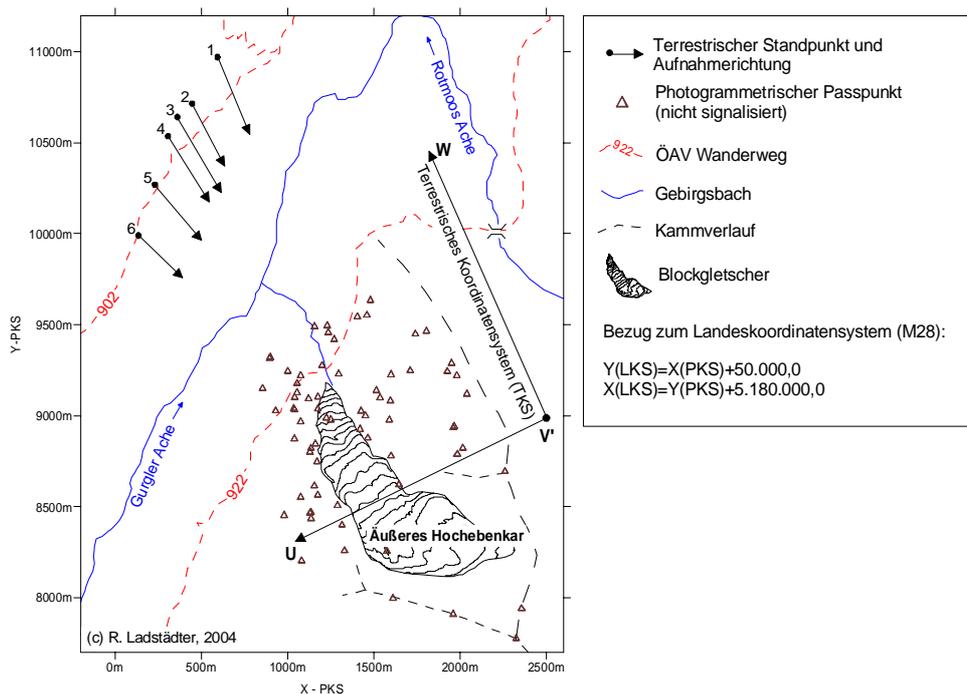
Die insgesamt sechs Kamerastandpunkte befinden sich am dem Blockgletscher gegenüberliegenden Südosthang auf etwa gleicher Höhe (zwischen 2450 und 2600 m) wie das Zungenende (siehe Abbildung 4). Sie können vom Wanderweg 922 aus leicht erreicht werden.

<sup>1</sup> Bei der Nikon D100 beträgt die Größe eines Bildelements 7.8 µm.

Bis auf den Punkt 1, der durch ein Eisenrohr bereits stabilisiert war, sind die Standpunkte nicht fix vermarktet und lediglich durch Steinmänner signalisiert.

Die Standpunkte 1 und 2 wurden während der Messkampagne vom 23. 9. 1986 ausgewählt. Sie formen eine 294 m lange Basislinie, von der aus ein Stereobildpaar mit dem Phototheo 19/1318 mit parallel verschwenkten Aufnahmerichtungen aufgenommen wurde.

Die bestehende Basislinie 1-2 wurde 1995<sup>2</sup> durch den weiter südwestlich gelegenen dritten Standpunkt 4 erweitert, wodurch eine zweite Basislinie 2-4 mit 225 m Länge entstand. Im Zuge der Messkampagne vom 9. 9. 1999 wurden Messbilder mit der Linhof Metrika und der Rolleiflex 6006 von allen drei Standpunkten aus aufgenommen.



**Abb. 4:** Terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme-dispositionen 1986, 1999 und 2003.

In der Messkampagne vom 19. 9. 2003 wurde schließlich der Standpunkt 3 (zwischen den Punkten 2 und 4) eingefügt<sup>3</sup>. Von den Standpunkten 1, 2 und 3 aus wurde der Blockgletscher mit der Linhof Metrika aufgenommen. Zusätzlich wurden von den Punkten 1 - 4 und von zwei neuen, noch weiter südwestlich gelegenen Punkten 5 und 6 aus Aufnahmen mit der Rolleiflex 6006 und der Nikon D100 durchgeführt.

<sup>2</sup> Die 1995 verwendete Rolleiflex 6006 war nur mit einem 50 mm - Objektiv ausgerüstet. Die so entstandenen Weitwinkelaufnahmen sind für detaillierte Auswertungen nicht brauchbar.

<sup>3</sup> Der neue Standpunkt 3 wurde zunächst irrtümlicherweise für den Punkt 4 aus 1999 gehalten.

### 3 Digital-photogrammetrische Auswertung

Digitale Bilddaten können nicht nur durch Bildverarbeitungsmethoden einfach manipuliert werden, sondern ermöglichen auch die Automatisierung des photogrammetrischen Messprozesses durch digitale Punktübertragung („Matching“). Die eingesetzte digital-photogrammetrische Prozessierungskette soll nun im Folgenden genau beschrieben werden.

#### 3.1 Geometrische Vorverarbeitung der Bilddaten

Vor der eigentlichen photogrammetrischen Auswertung müssen Abweichungen von der „idealen“ Bildgeometrie, die durch das verwendete Kamerasystem entstehen, korrigiert werden. Eine Ausnahme bildet nur der Photheo 19/1318, dessen Aufnahmen praktisch verzeichnungsfrei sind. Bei den Bilddaten der anderen Kamerasysteme wurden folgende Korrekturen durchgeführt:

- Korrektur des unregelmäßigen Anteils des Filmverzugs und digitale Retusche der Réseamarken (nur bei Linhof Metrika und Rolleiflex 6006).
- Elimination der radialen Verzeichnung und Zentrierung auf den Hauptpunkt.
- Korrektur der chromatischen Aberration (nur bei der Nikon D100).

Für eine detaillierte Beschreibung der eingesetzten Methoden zur Bildkorrektur wird auf (LADSTÄDTER & KAUFMANN, 2004) verwiesen.

#### 3.2 Terrestrisches Koordinatensystem

Für die photogrammetrische Auswertung ist die Verwendung eines lokalen terrestrischen Koordinatensystems (TKS) sinnvoll. Es wird ein rechtsdrehendes kartesisches Koordinatensystem mit den Achsen U, V und W benutzt, dessen Ursprung an der Position  $Y = 52.500,0$  m,  $X = 5.180.000,0$  m im Landeskoordinatensystem (LKS) liegt. Das TKS wurde gegenüber dem LKS um  $205^\circ$  um die W-Achse und um  $90^\circ$  um die (mitgedrehte) U-Achse rotiert, sodass die V-Achse der Z-Richtung im LKS entspricht und die (horizontale) W-Achse entgegengesetzt zur Aufnahme richtung orientiert ist (siehe Abbildung 4).

**Tabelle 2:** Zusammenstellung der orientierten terrestrischen Modelle.

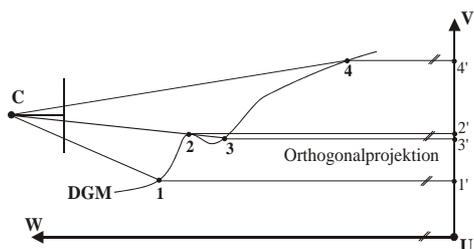
Modell	Bilder	R.M.S.- U [m]	R.M.S.-V [m]	R.M.S.-W [m]
<b>Photheo / 1986</b>	2	$\pm 0,28$ (< 0,9)	$\pm 0,15$ (< 0,4)	$\pm 0,42$ (< 1,3)
<b>Linhof M. / 1999</b>	3	$\pm 0,72$ (< 1,5)	$\pm 0,37$ (< 0,9)	$\pm 0,82$ (< 2,3)
<b>Rolleiflex / 1999</b>	3	$\pm 0,35$ (< 0,8)	$\pm 0,23$ (< 0,7)	$\pm 1,05$ (< 2,7)
<b>Linhof M. / 2003</b>	3	$\pm 0,37$ (< 2,0)	$\pm 0,20$ (< 0,7)	$\pm 0,80$ (< 2,4)
<b>Rolleiflex / 2003</b>	4	$\pm 0,69$ (< 1,5)	$\pm 0,34$ (< 0,7)	$\pm 1,40$ (< 3,9)
<b>Nikon D100 / 2003</b>	6	$\pm 0,40$ (< 1,0)	$\pm 0,25$ (< 0,6)	$\pm 0,87$ (< 1,9)

### 3.3 Orientierung der Bilder im terrestrischen System

Da im Zuge der terrestrischen Aufnahme keine Passpunktmessung durchgeführt wurde, mussten nachträglich natürliche (nicht signalisierte) Passpunkte bestimmt werden. Für diesen Zweck stand ein im Landeskoordinatensystem orientiertes Luftbildmodell (Befliegung BEV vom 5. 9. 2003) zur Verfügung. Darin wurden auf einer digital-photogrammetrischen Arbeitsstation (DPAS) etwa 70 natürliche Passpunkte stereoskopisch ausgewählt, eingemessen und in das terrestrische System transformiert. Eine Aufstellung der so orientierten Modelle und die dabei erzielten Genauigkeiten (R.M.S. der Restklaffen in den Passpunkten, Maximalwerte in Klammer) werden in Tabelle 2 angegeben.

### 3.4 Vorentzerrung über ein genähertes Geländemodell

Durch die unterschiedlichen Aufnahmepositionen, das stark ausgeprägte Hochgebirgsrelief und die unterschiedlichen Brennweiten der verwendeten Kamerasysteme weisen die terrestrischen Aufnahmen große perspektive Verzerrungen auf. Diese erschweren das Auffinden und die Messung homologer Punkte im automatisierten Auswerteprozess. Es wird daher vor dem Matching eine Vorentzerrung über ein genähertes digitales Geländemodell (DGM) durchgeführt, um die Bildgeometrien der einzelnen Aufnahmen möglichst aneinander anzugleichen. Dieses Konzept wurde bereits mehrfach erfolgreich für das Blockgletscher-Monitoring mittels Luftbildphotogrammetrie eingesetzt (KAUFMANN & LADSTÄDTER, 2003 bzw. LADSTÄDTER, 2004).



**Abb. 5:** Entzerrung der terrestrischen Aufnahmen (Seitenriss).

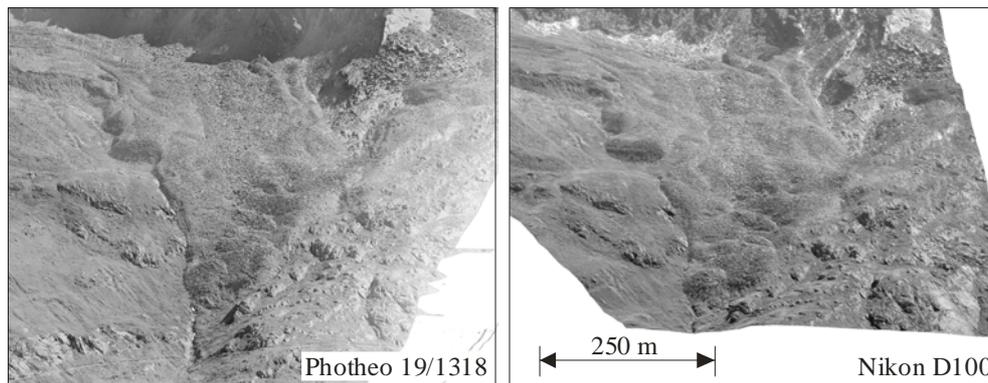
Abbildung 5 zeigt schematisch die terrestrische Aufnahme des unteren Teils des Blockgletschers. Die Größe des in ein Pixel abgebildeten Oberflächenelements ist neben der Aufnahmeentfernung vor allem von der Geländeneigung abhängig. So wird die Oberfläche zwischen den Punkten 1 und 2 im Bild wesentlich besser aufgelöst als in der Nähe des Punktes 4 (flache Visur). Teile der Oberfläche (zwischen 2 und 3) können aufgrund des Oberflächenreliefs nicht eingesehen werden.

Bei der Vorentzerrung werden die Projektionsstrahlen der orientierten Messbilder mit dem groben DGM verschritten und die erhaltenen Punkte am Gelände orthogonal in die U,V-Ebene des TKS projiziert. Die so gewonnenen Bilder entsprechen näherungsweise einem Orthophoto und werden daher als „Pseudo-Orthophotos“ bezeichnet. Bei dieser Transformation geht nur ein sehr geringer Teil der Bildinformation verloren (hier: zwischen den Punkten 2' und 3'). Es ergeben sich aber folgende wesentliche Vorteile:

- Große geometrische Ähnlichkeit (gleicher Maßstab, nur mehr geringe perspektive Restverzerrungen), dadurch Erleichterung der digitalen Punktübertragung.
- Gleicher Bildausschnitt (beliebig wählbar) in allen Bildern.
- Reduktion der Datenmenge pro Bild (Elimination nicht benötigter Bildinhalte).

Für das vorliegende Projekt wurden daher alle 21 Aufnahmen im Projektbereich ( $U = 800 - 1500$  m;  $V = 2250 - 2800$  m) mit Hilfe eines groben DGM entzerrt. Die Größe eines Pixels wurde dabei mit 10 cm bzw. 20 cm (für die Nikon-Bilder) gewählt. Die resultierende Bildgröße ist daher 36 MB (bzw. 9 MB).

Abbildung 6 zeigt anschaulich die geometrische Ähnlichkeit zweier Pseudo-Orthophotos, die von Bildern stammen, die von unterschiedlichen Standpunkten aus mit unterschiedlichen Kameras aufgenommen wurden. Durch Überlagerung der Pseudo-Orthophotos unterschiedlicher Epochen lässt sich die Bewegung des Blockgletschers in diesem Zeitraum bereits eindrucksvoll visualisieren (vgl. Animation: <http://www.geoimaging.tugraz.at/viktor.kaufmann/animations.html>).



**Abb. 6:** Pseudo-Orthophotos aus Aufnahmen von (a) Standpunkt 1 und (b) Standpunkt 6.

### 3.5 Automatisierte Auswertung mit ADVM 2.0

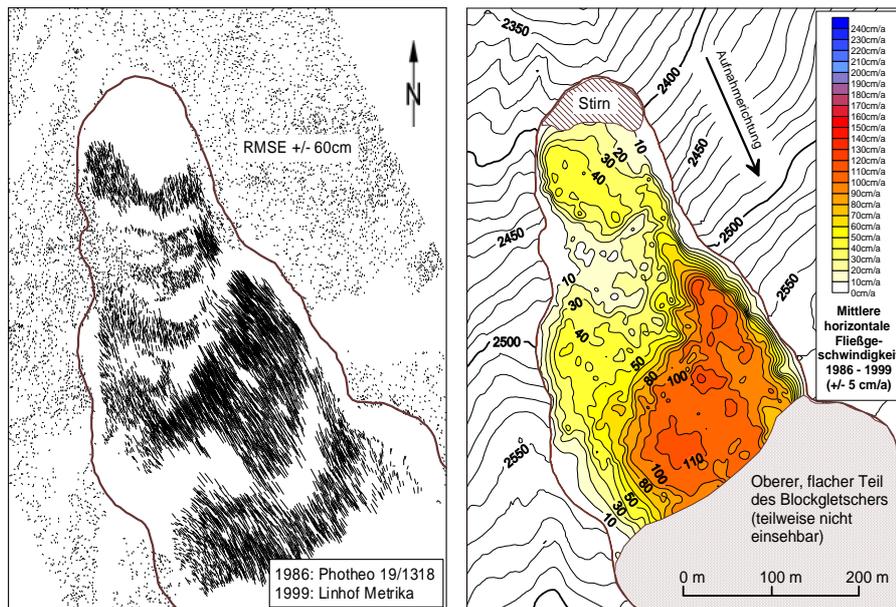
Die Pseudo-Orthophotos bilden nun die Ausgangsdaten für die automatisierte Auswertung mit der am Institut entwickelten Monitoring-Software ADVM 2.0 („Automated Displacement Vector Measurement“). Die Auswertung umfasst folgende Teilschritte:

- Extraktion von Interestpunkten in einem Referenzbild.
- Bestimmung genäherter homologer Bildpositionen durch Kreuzkorrelation mit den Vergleichsbildern.
- Simultane Punktübertragung in den multi-temporalen Bildern durch einen für die Pseudo-Orthophoto-Geometrie adaptierten Multi-Photo-Constrained-Matching (MPCM) Algorithmus (vgl. LADSTÄDTER, 2004).

Als Ergebnis liegen nun für jede Epoche rekonstruierte 3D-Punkte im terrestrischen System vor. Aus diesen Punktwolken können dann (a) durch Dreiecksvermaschung digitale Geländemodelle für jede Epoche abgeleitet und (b) Deformationsvektoren aus identen Punkten in unterschiedlichen Epochen berechnet werden.

## 4 Ergebnisse

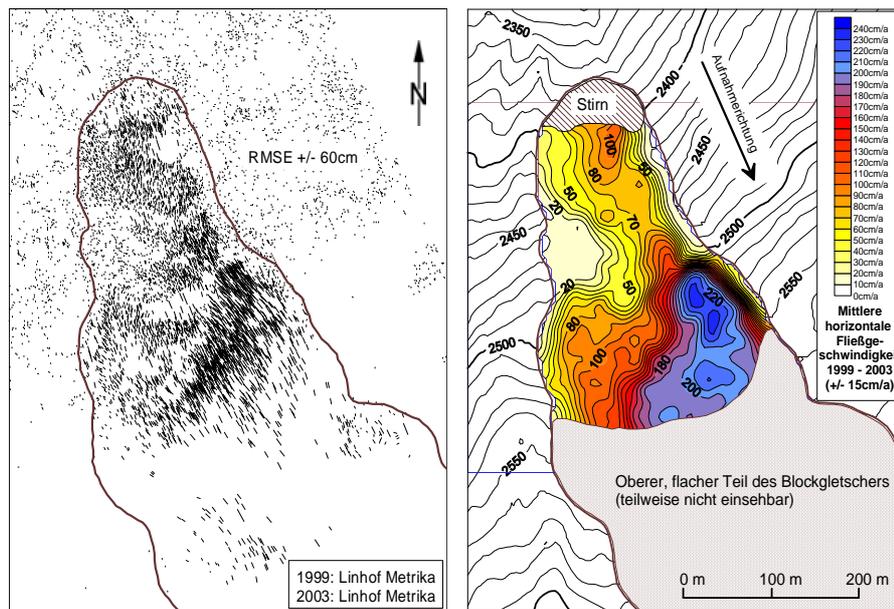
Für die Visualisierung der Ergebnisse wurden die im terrestrischen System gemessenen Objektpunkte zunächst in das Landeskoordinatensystem zurücktransformiert. Abbildung 7a zeigt die aus identen Punkten berechneten Fließvektoren für den Zeitraum 1986-1999. Von den insgesamt 23.670 gemessenen Vektoren beziehen sich 8.630 auf die Blockgletscheroberfläche, der Rest (15.040) liegt im stabilen Umgebungsbereich. Letztere Vektoren dürfen keine Verschiebung aufweisen und können daher zur Kontrolle der gegenseitigen Orientierung der beiden Modelle herangezogen werden. Die nach der Korrektur eines eventuell vorhandenen systematischen Offsets erhaltene Varianz dieser Vektoren (hier:  $\pm 60$  cm) kann zur Beurteilung der Genauigkeit der gemessenen Vektoren herangezogen werden.



**Abb. 7:** (a) Gemessene Fließvektoren 1986-1999 im LKS und (b) Isolinien-Darstellung der mittleren horizontalen Fließgeschwindigkeit.

Lücken in der Auswertung im sonst dichten Vektorfeld werden u. a. durch flache Visuren, sichttote Räume und Schatten verursacht. Bei der Interpretation der Isolinien-Darstellung der mittleren jährlichen Horizontalgeschwindigkeit (siehe Abbildung 7b) muss auf diese Problembereiche daher Rücksicht genommen werden. Abbildung 8 zeigt das Ergebnis der Auswertung für den Zeitraum 1999-2003. Im Vergleich zum Zeitraum 1986-1999 sind die Fließgeschwindigkeiten höher, mit maximalen Werten von bis zu 230 cm/a unterhalb der Geländekante.

Weitere Ergebnisse, wie z. B. digitale Geländemodelle für alle drei Epochen (u. a. aus den Rolleiflex 6006 und Nikon D100 Bildern abgeleitet), können aus LADSTÄDTER & KAUFMANN (2004) entnommen werden.



**Abb. 8:** (a) Gemessene Fließvektoren 1999-2003 im LKS und (b) Isolinien-darstellung der mittleren horizontalen Fließgeschwindigkeit.

## 5 Schlussfolgerungen

Die terrestrische Aufnahmemethode stellt eine interessante und kostengünstige Ergänzung zum Monitoring von Blockgletschern mittels Luftbildphotogrammetrie dar. Mit dieser Methode ist es möglich, Teilbereiche des Blockgletschers in großen Bildmaßstäben und damit verbundener hoher geometrischer Auflösung aufzunehmen. Die Vertikalkomponente der Fließbewegung kann im Vergleich zum Luftbildfall mit höherer Genauigkeit bestimmt werden. Demgegenüber verursacht die proportional zum Quadrat der Aufnahmeentfernung abnehmende Tiefenmessgenauigkeit ein bezüglich der erzielbaren Genauigkeit inhomogenes Ergebnis. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Wahl der terrestrischen Aufnahmedisposition durch die Topographie eingeschränkt wird. Dadurch können Aufnahmeentfernung bzw. -ort i. a. nicht optimal gewählt werden.

Wie mit diesem Projekt erfolgreich gezeigt wurde, ist die automatisierte Auswertung der unterschiedlichsten analogen und digitalen Kamerasysteme durch den Einsatz moderner digital-photogrammetrischer Methoden möglich. Der aufwendige Scanprozess und die nötige geometrische Vorverarbeitung werden in Zukunft durch die Einführung digitaler bildgebender Sensoren weitestgehend entfallen.

Im Vergleich der in der Praxis noch eingesetzten Kamerasysteme liefert die Linhof Metrika aufgrund des großen Bildformats, der stabilen Bildgeometrie und der hohen Bildqualität die besten Ergebnisse. Die Auflösung der Rolleiflex 6006 ist bei der großen Aufnahmeentfernung dieses Projekts gerade noch ausreichend. Die geometrische Korrektur der Réseaubil-

der stellt jedoch einen zusätzlichen aufwendigen Arbeitsschritt dar. Digitale Systeme wie die Nikon D100 haben den Vorteil der stabilen Bildgeometrie und der Möglichkeit zur direkten Prozessierung der digitalen Bilddaten. Die Auflösung dieser Kamera ist jedoch für die gegebene Aufnahmeentfernung bei weitem noch nicht ausreichend.

## 6 Dank

Die Autoren danken M. Gruber von VEXCEL Imaging Austria für das kostenlose Einscannen der analogen Messbilder. Für die Unterstützung der Feldforschungen gebührt G. Patzelt, dem Leiter des Instituts für Hochgebirgsforschung der Universität Innsbruck, besonderer Dank.

## Literatur

- Gruber, M. & F. Leberl (2001): Description and evaluation of the high quality photogrammetric scanner UltraScan 5000. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 55, S. 313-329.
- Haerberli, W. & G. Patzelt (1982): Permafrostkartierung im Gebiet der Hochebenkar-Blockgletscher, Obergurgl, Öztaler Alpen. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 18 (2), S. 127-150.
- Kaufmann, V. & R. Ladstädter (2002): Monitoring of active rock glaciers by means of digital photogrammetry. *IAPRS*, Vol. 34, Part 3B, S. 108-111.
- Kaufmann, V. & R. Ladstädter (2003): Quantitative analysis of rock glacier creep by means of digital photogrammetry using multi-temporal aerial photographs: Two case studies in the Austrian Alps. In: *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost*, 21-25 July, Zurich, Switzerland, Vol. 1, A.A. Balkema Publishers, S. 525-530.
- Ladstädter, R. (2004): Digital-photogrammetrische Bewegungsmessung von Blockgletschern – Entwicklung einer Monitoring-Software, unveröffentlichte Dissertation, TU Graz, 2004, 126 S.
- Ladstädter, R. & V. Kaufmann (2004): Change detection of a mountain slope by means of ground-based photogrammetry: A case study in the Austrian Alps. In: *Proceedings of the 4th ICA Mountain Cartography Workshop*, Vall de Núria, Katalonien, Spanien, 30. Sept. – 2. Okt. 2004, in Druck.
- Nagler, T., C. Mayer & H. Rott (2002): Feasibility of DINSAR for mapping complex motion fields of alpine ice- and rock glaciers. *ESA SP*, 475, S. 377-382.
- Pillewizer, W. (1957): Untersuchungen an Blockströmen der Öztaler Alpen. In: *Geomorphologische Abh. des Geographischen Inst. d. Freien Universität Berlin*, 5, S. 37-50.
- Schneider, B. & H. Schneider (2001): Zur 60-jährigen Messreihe der kurzfristigen Geschwindigkeitsschwankungen am Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar, Öztaler Alpen, Tirol. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 37 (1), S. 1-33.
- Vietoris, L. (1972): Über den Blockgletscher des Äußeren Hochebenkars. *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 8, S. 169-188.