ARBEITEN AUS DEM INSTITUT FÜR GEOGRAPHIE DER KARL-FRANZENS-UNIVERSITÄT GRAZ
Band 33 S. 141-162
Beiträge zur Permafrostforschung in Österreich Graz 1996

Der Dösener Blockgletscher - Studienkarten und Bewegungsmessungen

von **Viktor KAUFMANN**, Graz

mit 6 Abbildungen und 3 Tabellen im Text sowie 5 Kartenbeilagen

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden erstmals die Ergebnisse von geodätischen und kartographischen Arbeiten über den Dösener Blockgletscher (Dösener Tal, Ankogelgruppe, Kärnten, Lage siehe Luftbildkarte 1:10 000 in diesem Band) dargestellt. Weiters wird ein Überblick über die bisherige Blockgletschervermessung in Österreich gegeben, wobei für den Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar (Gurgler Tal, Ötztaler Alpen, Tirol, Lage siehe LIEB 1996: Abb. 1, in diesem Band) die jüngsten Meßergebnisse mitgeteilt werden. Der Äußere Hochebenkar-Blockgletscher ist der in Österreich am zeitlich längsten und am besten beobachtete Blockgletscher. Er nimmt jedoch aufgrund seiner durch die Topographie stark beeinflußten Fließbewegung eine Sonderstellung ein. In Erweiterung des geodätischen und photogrammetrischen Beobachtungsprogrammes für Blockgletscher in Österreich wurde der Dösener Blockgletscher als neues Studienobjekt eingebunden. Die geomorphometrische Studienkarte 1:5000 „Inneres Dösener Tal" war der Ausgangspunkt für weitere geodätische und kartographische Aktivitäten. Die kartographische Palette umfaßt eine Stereoorthophotokarte 1:30 000, zwei kombinierte Bild-Strichkarten im Maßstab 1:10 000, eine Detailkarte des Dösener Blockgletschers im Maßstab 1:5000, sowie eine thematische Karte der Fließbewegungen am Dösener Blockgletscher im Maßstab 1:5000. Die letztgenannte Karte zeigt anhand von luftbildphotogrammetrisch bestimmten Bewegungsvektoren, daß sich die mittlere jährliche Fließgeschwindigkeit an der Blockgletscherstirn von 21 cm/a (Epoche 1954-1975) auf 12 cm/a (Epoche 1975-1993) verlangsamt hat. Dies steht größenordungsmäßig im Einklang mit Ergebnissen aus ähnlichen Untersuchungen in den Schweizer Alpen. Der Gesamtvorschub des Dösener Blockgletschers von 1954 bis 1993 ergab eine Länge von 6,60 m. Mit Hilfe der angelegten terrestrisch-photogrammetrischen Standlinien (seit 1994) und des vermarkten geodätischen Kontrollnetzes (seit 1995) ist im Zusammenwirken mit der Aerophotogrammetrie (seit 1954) erstmals eine umfassende geodätische Deformationsanalyse eines Blockgletschers in Österreich möglich.
Die den Dösener Blockgletscher betreffenden Arbeiten erfolgten im Rahmen des Projektes „Hochgebirgspermafrost" des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Wien) und des Projektes „Blockgletscher-Monitoring" des Kärntner Nationalparkfonds.

Summary: Dösen rock glacier - study maps and measurements of surface velocity

This publication for the first time presents the results of geodetic and cartographic research work carried out on the active Dösen rock glacier (Dösen Valley, Ankogel group, Hohe Tauern range, location see image map 1:10,000 in this volume). Furthermore, an overview of former rock glacier measuring and mapping activities in Austria is given. Recent annual surface velocities of the active outer Hochebenkar rock glacier (Gurgl Valley, Ötztal Alps, location see LIEB 1996: Fig. 1 in this volume) are presented. The outer Hochebenkar rock glacier has the longest continuous record of measurements and thus is the best observed rock glacier in Austria. Nevertheless, this rock glacier occupies a special position because of its quite large annual movements, which are mainly induced by the topographic conditions. The Dösen rock glacier was selected in order to widen the existing geodetic and photogrammetric observation program of active rock glaciers in Austria. As a first step a detailed geomorphometric study map at 1:5,000 scale covering the inner Dösen Valley was evaluated. Further cartographic work comprises a stereo-orthophoto map at 1:30,000 scale, two combined image-line maps at 1:10,000 scale, a detailed map of the Dösen

rock glacier at 1:5,000 scale, and a thematic map at 1:5,000 scale indicating the velocity of flow of the Dösen rock glacier. The photogrammetrically determined flow vectors reveal that the mean annual velocity observed at the snout of the rock glacier has decreased from 21 cm/a (period from 1954 to 1975) to 12 cm/a (period from 1975 to 1993). Similar results were obtained in the Swiss Alps. During the whole observation period the Dösen rock glacier has advanced 6.6 meters in total. Precise geodetic measurements within an observation network (since 1995), and numerous terrestrial and aerial photographs (since 1994 and 1954, respectively) provide the basis for the first comprehensive geodetic deformation analysis of an active rock glacier in Austria.
The investigations on the Dösen rock glacier were financially supported by the Austrian Science Foundation and by the Carinthian National Park Fund.

Inhalt

1. Problemstellung und Forschungsstand ... 142
2. Blockgletschervermessung in Österreich ... 143
2.1. Pionierarbeiten ... 143
2.2. Ergebnisse jüngster Vermessungsarbeiten am Äußeren Hochebenkar-Blockgletscher ... 145
2.2.1. Terrestrisch-photogrammetrische Studien ... 145
2.2.2. Geschwindigkeitsmessungen an Steinlinien ... 149
3. Zur Kartographie im inneren Dösener Tal ... 149
3.1. Geomorphometrische Studienkarte 1:5000 ... 150
3.2. Digitales Höhenmodell ... 151
3.3. Stereoorthophotokarte 1:30 000 ... 152
3.4. Luftbildkarte 1:10 000 ... 154
3.5. Reliefkarte 1:10 000 ... 155
3.6. Karte Dösener Blockgletscher 1:5000 ... 155
4. Bewegungsmessungen am Dösener Blockgletscher ... 155
4.1. Photogrammetrischer Ansatz ... 156
4.1.1. Terrestrische Photogrammetrie ... 156
4.1.2. Aerophotogrammetrie ... 156
4.2. Geodätischer Ansatz ... 158
5. Ausblick ... 160
Dank ... 160
Literatur ... 161

1. Problemstellung und Forschungsstand

Intakte Blockgletscher sind Indikatoren des diskontinuierlichen Permafrosts im außerpolaren Hochgebirge und fallen durch ihr charakteristisches Relief (fluidaler Habitus) ins Auge. Das für Blockgletscher typische Mikrorelief (Wälle und Rinnen) wird durch die hang- bzw. talabwärts gerichtete Fließ-/Kriechbewegung verursacht. Wissenschaftliche Studien haben gezeigt, daß Klimaschwankungen direkte Auswirkungen in Hinblick auf Volumen und Fließgeschwindigkeit der Blockgletscher erkennen lassen. Im Vergleich zu Gletschern aus Blankeis, welche auf kurzperiodische Klimaschwankungen relativ rasch und für jederman sichtbar reagieren (Massenverlust, Gletscherzungenrückgang), spiegeln die relativ geringen Änderungen der Blockgletscher in Lage, Form und Größe im wesentlichen die langperiodischen Schwankungen (vgl. GUODONG & DRAMIS 1992) wider. HAEBERLI 1992 und 1993 weist darauf hin, daß die bis jetzt andauernde globale Erwärmung die Permafrostmächtigkeit reduziert hat, und daß die Abschmelzvorgänge des im Permafrost gebundenen Eises Muren und Erdrutsche auslösen und somit alpinen Siedlungsraum gefährden können. In weiterer Folge sind die Auswirkungen auf die hydrographischen Verhältnisse im Hochgebirge - Blockgletscher sind Wasserspeicher - zu bedenken.

HÖLLERMANN 1983, HAEBERLI 1985 sowie BARSCH 1983 und 1992 geben in ihren Arbeiten einen umfassenden Überblick über Permafrost sowie Blockgletscher im speziellen. Aus diesen und anderen Arbeiten wie z.B. KING et al. 1992 geht hervor, daß für das Verständnis von Genese und Dynamik von Blockgletschern verschiedenste Feldmeßmethoden, wie z.B. Quelltemperaturmessungen, seismische und geoelektrische Messungen, Aufschlußbohrungen

und Vermessung zur Anwendung kommen. Wohl die älteste unter ihnen ist die letztgenannte Methode. Einen umfassenden Überblick über die eingesetzten Vermessungsverfahren, exemplarische Beispiele von Beobachtungsprogrammen und Ergebnisse von Fließgeschwindigkeitsmessungen geben BARSCH & HELL 1976, HAEBERLI 1985, HAEBERLI & SCHMID 1988, BARSCH & ZICK 1991 und BARSCH 1992. Pionierarbeit in der Blockgletschervermessung wurde und wird in der Schweiz geleistet. Langzeitbeobachtungen von Blockgletschern in den Schweizer Alpen gehen bis an den Anfang dieses Jahrhunderts zurück. Mit größtem technischen Aufwand werden Blockgletscher luftbildphotogrammetrisch und geodätisch nahezu alljährlich - in einigen Fallbeispielen (vgl. HAEBERLI 1985, 94 f. und BARSCH & HELL 1976) auch mehrmals innerhalb eines Jahres - beobachtet, um Fließgeschwindigkeiten, Volumsänderungen und andere charakteristische oberflächenbeschreibende geometrische Parameter abzuleiten.

Der Methodenvorrat der Blockgletschervermessung stützt sich - abgesehen von den bekannten geodätischen Standard-Meßverfahren - im wesentlichen auf jene photogrammetrischen Verfahren (siehe RINNER & BURKHARDT 1972), welche in der klassischen Gletschervermessung entwickelt wurden. In diesem Zusammenhang möge - historisch-methodisch gesehen - die Bezeichnung Block"gletscher" durchaus ihre Berechtigung haben (vgl. dazu LIEB 1996, Kap. 1, in diesem Band). Da in diesem Beitrag die photogrammetrischen Methoden überwiegen, ist an dieser Stelle ein kurzer Exkurs in die Geschichte der *Gletscherphotogrammetrie* angebracht (vgl. dazu KONECNY 1964).

S. FINSTERWALDER gilt allgemein als der Vater der Gletscherphotogrammetrie, da er 1889 die *Meßtischphotogrammetrie* am Vernagtferner im Ötztal zum erstenmal einsetzte (PILLEWIZER 1989). Die *stereophotogrammetrische* Wiederholungsaufnahme erfolgte durch O. VON GRUBER im Jahre 1912 (R. FINSTERWALDER 1952). R. FINSTERWALDER führte zum erstenmal *Geschwindigkeitsmessungen* (1928) an Gletschern mit Hilfe der terrestrischen Photogrammetrie durch. Er setzte das damals schon bekannte Verfahren der stereoskopischen Messung kleiner Deformationen in die Praxis der Gletschervermessung um (R. FINSTERWALDER 1931). Die geschichtliche Entwicklung der Bestimmung von Gletscher-geschwindigkeiten aus Luftbildern kann in HOFMANN 1958, KONECNY 1964, FLOTRON 1979 und speziell für Blockgletscher in MESSERLI & ZURBUCHEN 1968, BARSCH & HELL 1976 und HAEBERLI & SCHMID 1988 nachvollzogen werden. Dabei ist festzustellen, daß sich durch die rasante Weiterentwicklung der Technik immer wieder verbesserte und leistungsfähigere Methoden ergaben. Diese Entwicklung wird auch in der Zukunft anhalten. Die modernen Methoden der *Deformationsanalyse* (siehe PELZER et al. 1988) fanden auch in der Blockgletscherforschung (vgl. z.B. HAEBERLI & SCHMID 1988) ihren Einzug. Ein wesentlicher Beitrag hierzu ist die *Strainanalyse* (WELSCH 1982), mit der es möglich ist, die Verformungen eines Blockgletschers nach geometrischen Gesichtspunkten zu beschreiben. Über aktuelle Fragestellungen und neue Lösungsansätze in der Hochgebirgskartographie geben ASCHENBRENNER 1992 und KOSTKA 1996 Auskunft.

2. Blockgletschervermessung in Österreich

2.1. Pionierarbeiten

Schon in den Jahren 1922 bis 1924 unternahm der berühmte Mathematiker, Photogrammeter und Gletscherforscher S. FINSTERWALDER (1862-1951) den Versuch, eine möglichst lückenlose stereophotogrammetrische Aufnahme des Gepatschferners (Kaunertal, Ötztaler Alpen, Tirol) samt seiner weiteren Umgebung zu erzielen (S. FINSTERWALDER 1928). Im Zuge der Aufnahmearbeiten "entdeckte" er, wie er schreibt, zwei Blockgletscher, nämlich den Blockgletscher am Nordfuße der Krummgampenspitze (Rifflferner) und den Blockgletscher unter dem Ölgrubenjoch (Ölgruben-Blockgletscher). Auf das Vorhandensein von Block-

gletschern in den Ostalpen wurde er durch Forschungsberichte aus der Schweiz aufmerksam gemacht. Beide Blockgletscher wurden von S. FINSTERWALDER im Detail beschrieben und in der Karte „Der Talschluß des Kaunsertales in den Ötztaleralpen mit dem Gepatsch- u. Weißseeferner" (Kartenbeilage zu S. FINSTERWALDER 1928) kartographisch im Maßstab 1:20 000 (Kartenmanuskript im Maßstab 1:10 000) festgehalten. Natürlich wollte auch S. FINSTERWALDER in Anlehnung an die Schweizer Arbeiten die Bewegung der Blockgletscher studieren. Zu diesem Zweck machte er je eine *photogrammetrische Vergleichsaufnahme des Ölgruben-Blockgletschers* in den Jahren 1923 und 1924, um vorerst durch "direkten" Vergleich des ersten Bildes mit der Natur bzw. durch spätere Ausmessung beider Bilder die Größe der Bewegung zu erfassen. Die Auswerteergebnisse ließen ihn vermuten, daß sich der Blockgletscher mit Bewegungsbeträgen von max. 50 cm/a nach vor schiebt. S. FINSTERWALDER war jedoch von diesem Ergebnis enttäuscht, da seiner Meinung nach "der Versuch wider Erwarten negativ ausfiel"; er hatte 1 - 2 m erwartet. Dieser Blockgletscher stellt nun in weiterer Folge inhaltlich die Verbindung zum bekannten Gletscherforscher und Hochgebirgskartographen W. PILLEWIZER her.

PILLEWIZER ist der erste Wissenschafter in Österreich, der sich mit der systematischen Vermessung von Blockgletschern mittels terrestrisch-photogrammetrischer Methoden beschäftigt hat. Ich hatte das Glück, ihn am 7.11.1995 persönlich kennenzulernen, mit ihm über die Vermessung von Blockgletschern zu diskutieren und auch persönliche Schriftstücke über die Blockgletscherproblematik zu bekommen.

1938 legte PILLEWIZER an drei gut ausgebildeten Blockzungen der Ötztaler Alpen *photogrammetrische Bewegungsprofile* an, nämlich am vorhin erwähnten Ölgruben-Blockgletscher, am Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar bei Obergurgl und am neu gefundenen Blockgletscher im Rotschliffkar (Taschachtal). Am letztgenannten Blockgletscher erfolgten bis heute keine Nachmessungen. 1939 konnte PILLEWIZER das untere Bewegungsprofil am *Ölgruben-Blockgletscher* nachmessen, jedoch wurden weitere Messungen insbesondere am Äußeren Hochebenkar-Blockgletscher durch den Ausbruch des 2. Weltkrieges vereitelt. Erst 1953 konnte PILLEWIZER mit seinen Bewegungsmessungen und Kartierarbeiten an den beiden Blockgletschern fortsetzen. Eine umfassende Beschreibung seiner Blockgletscherforschungen in den Ötztaler Alpen ist in PILLEWIZER 1957 zu finden (weitere Hinweise auch in LINDIG 1953 und PILLEWIZER 1986). Die photogrammetrischen Bewegungsmessungen von 1938/39 am Ölgruben-Blockgletscher ergaben eine Jahresbewegung von 50 cm, was den von S. FINSTERWALDER ermittelten Betrag bestätigte. Aus einem zweiten Profil ergab sich eine mittlere Jahresbewegung von max. 75 cm im Zeitraum von 1938 bis 1953.

Zum eigentlichen Gegenstand der Blockgletscherforschung bzw. -messung in Österreich wurde schlußendlich der *Äußere Hochebenkar-Blockgletscher*, zumal nicht nur PILLEWIZER, sondern auch VIETORIS an diesem Blockgletscher wissenschaftlich tätig waren. VIETORIS, Institut für Mathematik der Universität Innsbruck, begann seine Messungen im Jahre 1951, vorerst ohne Kenntnis der schon getätigten Arbeiten von PILLEWIZER, indem er eine *Steinlinie* mit 5 ausgesuchten Blöcken in ein Beobachtungsprogramm aufnahm. Dies wiederum veranlaßte PILLEWIZER, 1953 seine Bewegungslinie (Profil 3) am Äußeren Hochebenkar-Blockgletscher nachzumessen. Dabei legte er zwei weitere photogrammetrische Bewegungslinien (Profil 1 und 2) an, wobei sich das Profil 2 mit der Steinlinie von VIETORIS deckte. VIETORIS wiederum legte Steinlinien in die von PILLEWIZER festgelegten Profile 1 und 3. Während PILLEWIZER seine Bewegungsgrößen photogrammetrisch bestimmte, fußten die Messungen von VIETORIS auf der geodätischen Tachymetrie. Die Messungen beider ergaben übereinstimmende Ergebnisse (PILLEWIZER 1957 und VIETORIS 1972). Die Bewegungsgeschwindigkeiten für die Epoche 1953-1955 nehmen nach PILLEWIZER vom obersten bis zum untersten Profil (0,75 m/a im Profil 3, 1,80 m/a im Profil 2 und 3,57 m/a im Profil 1) linear zu, sodaß sich ein jährlicher Vorschub der Blockgletscherstirn von ca. 4 m/a errechnete (vgl. Abschnitt 2.2.2). An dieser Stelle muß aber festgehalten werden, daß dieses Fließverhalten nicht typisch für Blockgletscher ist, sondern

eher eine Ausnahme darstellt. Die Beschleunigung der Bewegung läßt sich aber z.T. dadurch erklären, daß der Äußere Hochebenkar-Blockgletscher nach unten hin in immer steileres Gelände gelangt (PILLEWIZER 1986, 94). VIETORIS hat bis 1970 die drei Profile in regelmäßigen Zeitabständen nachgemessen. Ab 1970 wurde diese Arbeit von seinen Mitarbeitern, insbesondere von H. SCHNEIDER fortgeführt. Die Nachmessungen zwischen 1970 und 1972 zeigten zum erstenmal eine Abnahme der Geschwindigkeit an allen drei Steinlinien.

Der permafrostkundlichen Arbeit (HAEBERLI & PATZELT 1983) über den Äußeren Hochebenkar-Blockgletscher ist ein Schichtlinienplan des Blockgletschers im Maßstab 1:10 000 (Stand 1969) beigelegt. Für Vergleichsstudien kann auch auf die Karte „Gurgler Ferner" 1:10 000 (Stand 1981, Kartenbeilage zu PATZELT 1986) zurückgegriffen werden. Der Vollständigkeit halber sei hier noch angeführt, daß PILLEWIZER auch eine photogrammetrische Standlinie am benachbarten Blockgletscher im Inneren Hochebenkar (Epoche 1953-1955) angelegt hat. Die mittlere Jahresgeschwindigkeit errechnete sich mit 1,10 m/a.

2.2. Ergebnisse jüngster Vermessungsarbeiten am Äußeren Hochebenkar Blockgletscher

2.2.1. Terrestrisch-photogrammetrische Studien

Der Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar wurde in Fortsetzung der Arbeiten von PILLEWIZER während zweier Feldforschungsaufenthalte in den Jahren 1986 und 1995 durch Mitarbeiter des Institutes für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Universität Graz (R. KOSTKA und V. KAUFMANN) terrestrisch-photogrammetrisch aufgenommen. Diese Arbeiten erfolgten in enger Kooperation mit dem Institut für Hochgebirgsforschung der Universität Innsbruck. Die Erstaufnahme fand am 23. und 24.9.1986 statt, die Wiederholungsaufnahme am 23. und 24.8.1995. Ausgehend von der Aufgabenstellung, die Fließbewegung des Blockgletschers - insbesondere im unteren Zungenbereich - detaillierter und aussagekräftiger zu erfassen, wurde eine Hauptstandlinie (Standlinie 1) am dem Blockgletscher gegenüberliegenden Hang angelegt (vgl. PILLEWIZER 1957, 45). Von dieser Standlinie aus wurden mit dem *Phototheodoliten* Photheo 19/1318 (*Meßkamera* der Fa. Jenoptik, Bildformat 13cm x 18cm) Stereobilder (siehe Abb.1) im *verschwenkten Aufnahmefall* aufgenommen. Die Standlinien 2 und 3 wurden näherungsweise als Normalaufnahmen der terrestrischen Photogrammetrie mit einer Hasselblad SWC (*Nichtmeßkamera*, Bildformat 6cm x 6cm) gewonnen, und zwar von Positionen aus, wo der obere, flache Wurzelbereich des Blockgletschers gut eingesehen werden konnte. Die geodätischen Messungen beschränkten sich auf die Bestimmung der beiden Aufnahmeorte der Standlinie 1. Auf die in der Photogrammetrie üblicherweise sehr aufwendige geodätische Bestimmung von Paßpunkten wurde in diesem Fall verzichtet. Diese sollten aus den schon existierenden Luftbildmodellen abgeleitet werden.

Bei der Wiederholungsaufnahme im Jahre 1995 wurde auf die unhandliche *Plattenkamera* verzichtet, und stattdessen kamen die *Teilmeßkammer* Rolleiflex 6006 metric (*Réseaukamera*, Bildformat 6cm x 6cm) und das *nichtmetrische* Aufnahmesystem Hasselblad 500 EL/M (Bildformat 6cm x 6cm) zum Einsatz. Die bestehende Standlinie 1 wurde durch einen dritten Standpunkt erweitert, sodaß die neue Aufnahmedisposition eine optimale und flexible Auswertung der Aufnahmen, welche mit näherungsweise horizontalen Aufnahmerichtungen erfolgte, zuläßt. Auf eine genaue Orientierung der photographischen Aufnahmen wurde verzichtet, ebenso erfolgte keine Vermessung der Standpunkte oder von Kontroll- bzw. Paßpunkten. Dies liegt darin begründet, daß über *idente Punkte*, welche sowohl im Stereomodell 1995 als auch im Modell 1986 zu messen sind, eine strenge geometrische Beziehung (räumliche Drehstreckung) definiert werden kann; es sollen lediglich die Veränderungen gegenüber der Situation von 1986 ermittelt werden. Von der Standlinie 2

Abb. 1: Terrestrisch-photogrammetrische Meßaufnahme mit dem Photheo 19/1318 vom linken Endpunkt der Standlinie 1 (2490 m). Blick nach SE zum Hangerer (3020 m), links das Rotmoostal und rechts das Äußere Hochebenkar mit dem gleichnamigen Blockgletscher, im Vordergrund der Weg von Obergurgl zur Langtalereck Hütte. Aufnahme: KOSTKA & KAUFMANN, 23.9.1986.

Fig. 1: Terrestrial metric photograph taken with a Photheo 19/1318 plate camera from the left station of baseline 1 (2490 m). View in SE direction to Hangerer (3020 m) and to the outer Hochebenkar rock glacier as can be seen in the upper right quarter of the photo.

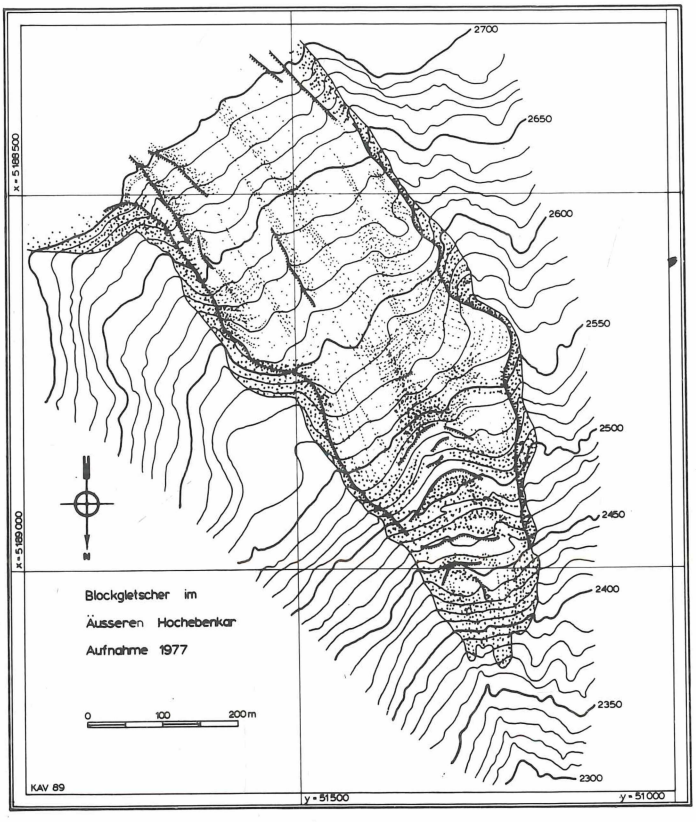
(2900 m) im unteren Gipfelbereich des Hangerers wurde mit nach unten gekippten Aufnahmerichtungen ein Stereobildpaar belichtet. Auch hier kann auf die bestehenden geodätischen Grundlagen und Bildauswertungen aufgebaut werden. Alle vorhin genannten Aufnahmen und auch zahlreiche Dokumentarphotos, inklusive der Durchführungsberichte und der geodätischen Grundlagen, stehen im Bildarchiv des Institutes für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Universität Graz für Forschungszwecke zur Verfügung.

Die Ergebnisse des angesprochenen Vergleichs zwischen den Aufnahmen von 1986 und 1995 liegen zum jetztigen Zeitpunkt noch nicht vor, sehr wohl aber eine photogrammetrische Untersuchung (RIEDER 1987) der Fließbewegungen des Blockgletschers im Äußeren Hochebenkar unter Verwendung der terrestrisch-photogrammetrischen Stereoaufnahmen aus dem Jahre 1986 und von Luftbildern aus dem Jahre 1977. Die Besonderheit dieser Arbeit liegt aus methodischer Sicht darin, daß ein Luftbildmodell und ein terrestrisch-photogrammetrisches Stereomodell von verschiedenen Aufnahmezeitpunkten miteinander in Beziehung gebracht werden. Die Abb.2 und 3 zeigen Studienkarten 1:10 000 der unteren Hälfte der Blockgletscherzunge zu den angeführten Aufnahmejahren. Für Vergleichszwecke sei hier auf die Karten der Aufnahmejahre 1936, 1953, 1969 und 1981 in PILLEWIZER 1957, HAEBERLI & PATZELT 1983 und PATZELT 1986 hingewiesen. Lag 1936 die Oberkannte der Stirnböschung

des Blockgletschers bei etwa 2530 m (vgl. PILLEWIZER 1957, 45), so kann dieselbe Position in Abb. 3 mit etwa rund 2400 m höhenmäßig zugeordnet werden. Wie schon PILLEWIZER betont, kann auch in diesem Fall die Fließgeschwindigkeit der Blockgletscherstirn nur recht vage abgeschätzt werden. Für den Zeitraum von 50 Jahren läßt sich aus dem Vorrücken der Blockgletscherstirn von 148 m eine *mittlere jährliche Geschwindigkeit* von 3 m/a berechnen.

Abb. 2: Studienkarte 1:10 000 des Äußeren Hochebenkar-Blockgletschers, Stand 1977. Luftbildauswertung durch RIEDER, kartographische Darstellung durch KAUFMANN.

Fig. 2: Study map at 1:10,000 scale of the outer Hochebenkar rock glacier. Source: Aerial photographs dating from 1977



Abgesehen von dieser Problematik scheint die Angabe eines solchen Zahlenwertes in Hinblick auf blockgletscherdynamische Studien wenig sinnvoll. Stattdessen wurden in RIEDER 1987 die Verschiebungen, getrennt in Lage und Höhe, von 12 ausgewählten Felsblöcken des Blockgletschers ermittelt. Abb.4 zeigt die graphische Darstellung des photogrammetrischen Auswerteergebnisses. Der schnellste gemessene Felsblock bewegte ich im Zeitraum 1977 bis 1986 mit einer mittleren jährlichen Geschwindigkeit von 1,25 m/a in horizontaler Richtung. Somit kann unabhängig von den noch zu beschreibenden Geschwindigkeitsmessungen an Steinlinien gezeigt werden, daß sich die absoluten Fließbewegungen am Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar im mittleren und unteren Zungenbereich wesentlich im Vergleich zu den 50er-Jahren verringert haben (vgl. VIETORIS 1972).

Abb. 3: Studienkarte 1:10 000 des Äußeren Hochebenkar-Blockgletschers, Stand 1986. Terrestrisch-photogrammetrische Auswertung durch RIEDER, kartographische Darstellung durch KAUFMANN.

Fig. 3: Study map at 1:10,000 scale of the outer Hochebenkar rock glacier. Source: Terrestrial photographs dating from 1986.

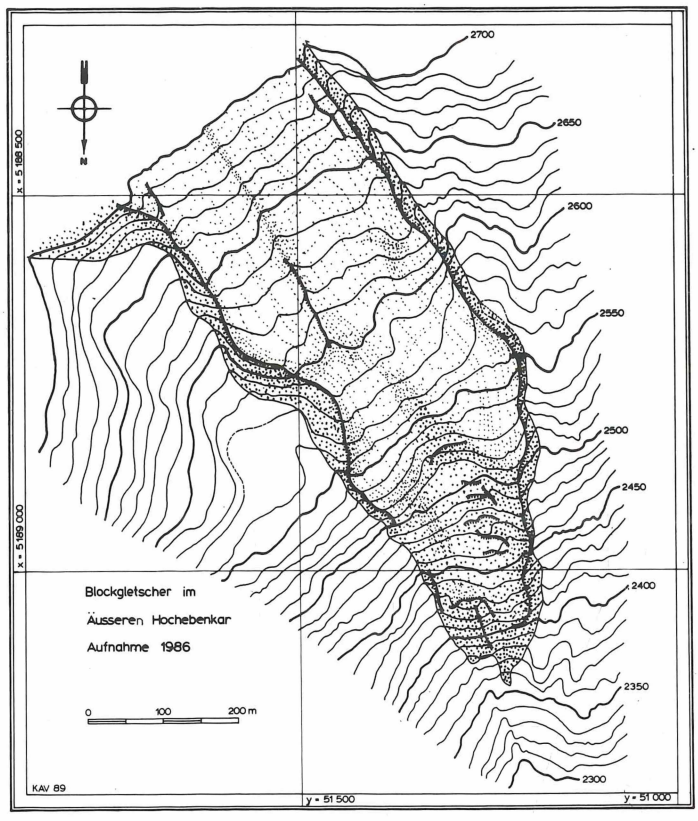
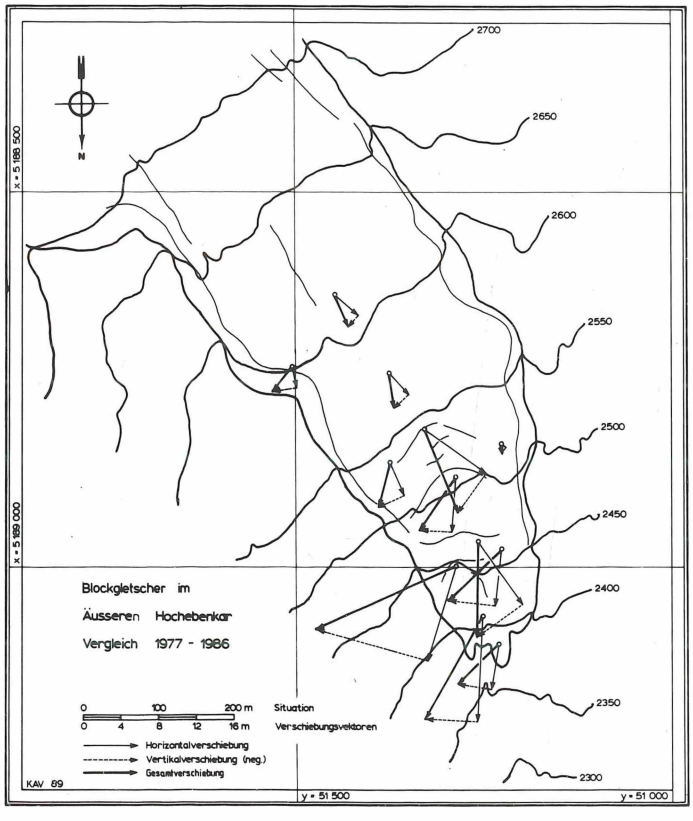


Abb. 4: Graphische Darstellung der dreidimensionalen Verschiebungsvektoren im Maßstab 1:800 für ausgewählte Punkte des Äußeren Hochebenkar-Blockgletschers für die Epoche 1977-1986. Bearbeitung durch RIEDER, kartographische Darstellung durch KAUFMANN.

Fig. 4: Graphical representation of the three-dimensional displacements of surface points at outer Hochebenkar rock glacier.



2.2.2. Geschwindigkeitsmessungen an Steinlinien

Wie schon im Abschnitt 2.1 erwähnt, hat SCHNEIDER, Innsbruck, seit den 70er-Jahren regelmäßig die *Steinlinien* von VIETORIS mit *kombinierter Richtungs- und Streckenmessung* unter Verwendung moderner geodätischer Instrumente nachgemessen. Die Punkte der Steinlinien am Blockgletscher werden nach wie vor durch Farbpunkte auf den ausgewählten Felsblöcken markiert. SCHNEIDER teilte mir 1995 seine Meßergebnissse für die letzten beiden Meßepochen 1985-1990 bzw. 1990-1995 mündlich mit. Die Wiedergabe der Ergebnisse (siehe Tab.1) erfolgt mit Erlaubnis des Urhebers. Die Lage der Profile ist in PILLEWIZER 1957, 44 dargestellt. Aus Tab.1 läßt sich ablesen, daß sich die Bewegungen am Blockgletscher wieder beschleunigt haben; die großen Fließgeschwindigkeiten der 50er-Jahre werden aber bei weitem nicht erreicht. Auffallend im Vergleich zu den Bewegungsmessungen von PILLEWIZER ist, daß die mittleren jährlichen Fließgeschwindigkeiten im Zeitraum 1985-1995 im Profil 2 am größten sind und nicht im Profil 1. Der "schnellste" Felsblock wurde dennoch im untersten Profil 1 gemessen.

Tab. 1: Horizontale Fließbewegung des Blockgletschers im Äußeren Hochebenkar für die Epochen 1985-1990 und 1990-1995. Die Meßergebnisse wurden freundlicherweise von SCHNEIDER, Universität Innsbruck, zur Verfügung gestellt.

Tab. 1: Mean annual (horizontal) surface velocity at outer Hochebenkar rock glacier given for time periods 1985 to 1990 and 1990 to 1995, respectively. Data derived from geodetic measurments.

Profil/ Steinlinie	Epoche 1985-1990	Epoche 1990-1995
Profil 1 (2540 m)	29 cm/a	52 cm/a, max. 96 cm/a
Profil 2 (2630 m)	45 cm/a	59 cm/a, max. 83 cm/a
Profil 3 (2680 m)	34 cm/a	45 cm/a, max. 64 cm/a

3. Zur Kartographie im inneren Dösener Tal

Es sind im wesentlichen zwei topographische Kartenwerke, welche das Studiengebiet im Inneren Dösener Tal im größeren Maßstabsbereich überdecken, nämlich die Alpenvereinskarte „Hochalmspitze-Ankogel", Bl. 44, Ausgabe 1979, im Maßstab 1:25 000 und die Österreichische Karte 1:50 000, Bl. 181, Ausgabe 1986. Die Alpenvereinskarte wurde 1995 neu aufgelegt, wobei eine ansprechende Reliefschummerung in die überarbeitete Karte aufgenommen wurde. An dieser Stelle ist anzumerken, daß die Paßpunktermittlung und Luftbildkartierung für die Alpenvereinskarte vom jetzigen Leiter der Abteilung für Fernerkundung, Bildverarbeitung und Kartographie des Institutes für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Universität Graz, Gerhard BRANDSTÄTTER in seinen frühen Assistentenjahren in Graz ausgeführt wurde. Die topographisch-kartographische Bearbeitung erfolgte in hervorragender Weise durch seinen Vater, dem bekannten Hochgebirgskartographen Leonhard BRANDSTÄTTER. Im Zuge der Permafrostforschung im Studiengebiet (siehe LIEB 1996, in diesem Band) sollte eine *geomorphometrische Studienkarte* im Maßstab 1:5000 erstellt werden. In weiterer Folge wurde nicht nur diese Karte, sondern auch in Ausarbeitung des Projektes „Blockgletscher-Monitoring" ein *digitales Höhenmodell* und fünf weitere Karten erstellt.

3.1. Geomorphometrische Studienkarte 1:5000

Das Studiengebiet umfaßt eine Fläche von 10,325 km^2 (vgl. Stereoorthophotokarte 1:30 000). Die geographische Lage und das physiogeographische Umfeld ist in LIEB 1996, Kap. 3.1, in diesem Band, beschrieben. Zur Lösung der angesprochenen Aufgabe wurde auf die bewährte Methode der *Aerophotogrammetrie* zurückgegriffen, die bekannterweise als einzige Methode für die großmaßstäbige Kartierung größerer Gebiete ökonomisch und technisch in Frage kommt. Für eine erste Kostenabschätzung konnte auf die Papierabzüge jener Luftbilder zurückgegriffen werden, die einst von G. BRANDSTÄTTER bei der Erstellung der Alpenvereinskarte verwendet wurden. In weiterer Folge wurden vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien die in Tab.2 angeführten Luftbilder, als Diapositive und Kontaktkopien auf Photopapier, bestellt. Eine zweimalige Einsichtnahme in das umfangreiche Bildarchiv des Bundesamtes war ratsam, da das Studiengebiet seit den ersten Tagen der Luftbildaufnahme bis jetzt von einer Vielzahl von Messungsflügen in den verschiedensten Bildmaßstäben, Filmtypen und Kamerasystemen aufgenommen wurde. Ältere Luftbilder als die von 1954 konnten auch im Österreichischen Staatsarchiv nicht aufgefunden werden. Mit geringer Wahrscheinlichkeit könnten ältere Luftbilder in Kriegsarchiven z.B. in Deutschland noch vorhanden sein, was aber nicht weiter verfolgt wurde.

Tab. 2: Verwendetes Luftbildmaterial vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen in Wien.
Tab. 2: Aerial photographs used in the survey.

Jahr	Datum	Anzahl	Maßstab	Kammerkonstante (mm)	Filmtyp
1954	-	3	1:13 600 - 1:18 500	210,230	Schwarzweißfilm
1969	29.9 - 12.10.	2	1:26 000- 1:32 000	152,670	Schwarzweißfilm
1975	17.9.	5	1:16 100 - 1:22 800	152,610	Schwarzweißfilm
1983	15.8.	5	1:40 800 - 1:47 400	152,600	Schwarzweißfilm
1993	15.8.	5	1:8700 - 1:13 500	214,760	Farbinfrarotfilm

Angestrebt war eine möglichst aktuelle Situationsauswertung im Maßstab 1:5000, bestmöglich am Ende des hydrologischen Jahres. Auf die *Farbinfrarotaufnahmen* von 1993 konnte bei der Erstellung der geomorphometrischen Studienkarte nicht zurückgegriffen werden, da zum Zeitpunkt des Projektbeginns die Luftbilder beim Bundesamt in Wien noch in Bearbeitung waren (Aerotriangulation für die Erstellung des Berghöfekatasters). Der zweite Halbsatz des gegenständlichen Bildfluges konnte hingegen bei einem Besuch im Vermessungsamt in Spittal a.d. Drau im August 1994 eingesehen werden. Hätte man aber das gesamte Studiengebiet aus diesem Luftbildmaterial kartieren wollen, so wären jeweils mehrere Aufnahmen von insgesamt drei benachbarten Flugstreifen - aufgrund des großen Bildmaßstabes - notwendig gewesen, was den zeitlichen bzw. insbesondere den finanziellen Rahmen gesprengt hätte. Schlußendlich fiel die Wahl, begründet einerseits durch die photogrammetrischen Rand-bedingungen, wie erzielbare Lage- und Höhengenauigkeit, maximale Anzahl der Stereomodelle, und andererseits durch die finanziellen Möglichkeiten, auf die *Schwarzweißbilder* des Jahres 1975.

Das Studiengebiet wird von zwei Stereomodellen vollständig überdeckt. Die photogrammetrische Auswertung erfolgte am institutseigenen *analytischen Stereoauswertegerät* DSR-1 von Kern mit der Software CRISP. Bei der Bildtriangulation mußte aufgrund des beschränkten Etats auf die Einbindung von geodätisch bestimmten Paßpunkten verzichtet werden. Dies hätte eine teure Meßkampagne im Gelände erfordert. Stattdessen wurde der koordinative Bezug zum

System der Landesaufnahme (Gauß-Krüger-Koordinatensystem) über luftsichtbare Triangulierungspunkte (siehe Luftbildkarte 1:10 000) und weitere Höhenpunkte, welche aus der Alpenvereinskarte 1:25 000 und der Österreichischen Karte 1:50 000 entnommen wurden, hergestellt. Eine spätere, unabhängige Genauigkeitskontrolle in der absoluten Orientierung des auf diese Weise triangulierten Stereotriplets zeigte, daß in der Lage die geforderte absolute Genauigkeit von ±1-2 m und in der Höhe die mittlere erzielbare Höhenmeßgenauigkeit von ±0.3 m als durchaus zufriedenstellendes Resultat erreicht wurde. Das photogrammetrische Manuskript umfaßt folgende graphische Elemente:

- ☐ Höhenschichtlinien mit einer Äquidistanz von 10 m,
- ☐ Zwischenhöhenlinien (5 m bzw. 2,5 m) in den weniger steilen Bereichen (Dösener Blockgletscher und Gebiete im N, S und W des Dösener Sees,
- ☐ Höhenkoten an markanten Geländepunkten,
- ☐ Seen, Lacken und Bäche,
- ☐ Gebäude,
- ☐ Bäume und Latschenzonen,
- ☐ Schneefelder und Gletscher,
- ☐ Alpenvereinswege (soweit im Luftbild sichtbar),
- ☐ positive und negative Geländeformlinien und
- ☐ teilweise auch Abgrenzungen von Oberflächentypen, soweit diese nicht durch die vorhin aufgezählten Elemente repräsentiert werden.

Das Manuskript wurde einerseits on-line am angeschlossenen *Plotter* GP1 von Kern gezeichnet und andererseits als computerlesbarer Datensatz (*digitale Rohkartierung*) verspeichert. Dieser Datensatz ist eine dreidimensionale Koordinatendatei, welche thematisch in die vorhin erwähnten graphische Elemente gegliedert ist. Bei der photogrammetrischen Auswertung trat - wie bei Hochgebirgsräumen zu erwarten ist - die Schwierigkeit auf, daß in *sichttoten Räumen* und in einigen Steil- und Schattenbereichen keine vollständige Auswertung möglich war. Zur Auffüllung dieser Lücken wurden die Luftbilder aus den Jahren 1954, 1969 und 1983 herangezogen. Es handelt sich im wesentlichen um Gebiete, die für das gegenständliche Projekt von nachgeordneter Priorität (Gebiete außerhalb des Talschlusses sowie Felswände) sind. Für diese Gebiete ist aufgrund des verwendeten Bildmaterials mit einer geringeren Auswertegenauigkeit zu rechnen. Das photogrammetrische Manuskript wurde von V. KAUFMANN und R. BENZINGER in ca. 200 Stunden Arbeitszeit erstellt. In weiterer Folge wurde der Inhalt des Manuskriptes, das im eigentlichen Sinne ein Meßprotokoll darstellt, in das CAD-System AutoCAD importiert und dort von BENZINGER und R. LADSTÄDTER überarbeitet. Die kartographische Formulierung der geomorphometrischen Studienkarte 1:5000 erfolgte - ausgehend vom vorliegenden, überarbeiteten Manuskript - durch KAUFMANN und LADSTÄDTER. Ein hierfür notwendiger *Feldvergleich* fand im Sommer 1995 statt. Aus Aktualitätsgründen wurden die Gebäude (A.-v.-Schmid Haus und das unweit davon befindliche Kraftwerkshaus) aus den Luftbildern von 1993 nachgeführt. Weitere, noch nicht ausgewertete Teile des Wegesystems stammen ebenfalls von diesem Bildmaterial. Aus Kostengründen wurde die gegenständliche Karte nicht drucktechnisch vervielfältigt, sondern nur bei Bedarf - zu Studienzwecken - als farbiges Einzelexemplar (siehe LADSTÄDTER 1996) am Plotter ausgegeben. Im Rahmen der laufenden Forschungsaktivitäten wurde nach anderen billigeren kartographischen Ausdruckformen gesucht, welche in den nachfolgenden Abschnitten besprochen werden.

3.2. Digitales Höhenmodell

Das *digitale Höhenmodell* (DHM) wird in PEIPE et al. 1978, KRAUS 1984 und KAMMERER 1987 ausführlich in technischer Hinsicht und in seinen vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten in den Ingenieur- und Geowissenschaften beschrieben. Die Erstellung eines digitalen Höhenmodells für das Studiengebiet erscheint nicht nur naheliegend, sondern auch unumgänglich, da das Höhenmodell für die Erstellung von Orthophotos, Stereoorthophotos, Axonometrien und perspektivischen Ansichten, sowie zur Berechnung von Reliefeigenschaften wie z.B. die morphometrischen Parameter Hangneigung und -exposition benötigt wird. Weiters soll das

digitale Höhenmodell in verschiedenen Modellberechnungen z.B. für die Bestimmung der direkten solaren Einstrahlung (vgl. FUNK & HOELZLE 1992) und in der Erfassung des Massenhaushaltes zur Anwendung kommen. Die Berechnung des digitalen Höhenmodells erfolgte am Institut für Digitale Bildverarbeitung, Joanneum Research, Graz mit dem Softwarepaket „Graz Terrain Model" (GTM), wobei sämtliche oberflächenbeschreibenden Linien und Punkte der geomorphometrischen Studienkarte 1:5000 zur Berechnung herangezogen wurden. Als Ergebnis wurde ein *rasterförmiges* Höhenmodell generiert, welches eine Rasterweite von 2,5 m in den beiden horizontalen Koordinatenrichtungen aufweist. Die den Rasterpunkten zugeordneten Höhenwerte haben eine nominelle Auflösung von 0,1 m. Die gesamte Oberfläche des Studiengebietes wird folgedessen von insgesamt 1 652 000 diskreten Höhenpunkten approximiert. Höhenwerte für beliebige Punkte innerhalb der gegebenen Stützstellen können durch Interpolation gewonnen werden. Abb.5 zeigt eine Visualisierung des digitalen Höhenmodells für den Bereich des Dösener Blockgletschers. Aus dem digitalen Höhenmodell können für das Studiengebiet folgende statistische Parameter berechnet werden: Minimale Höhe mit 2030,2 m, maximale Höhe mit 3085,6 m und durchschnittliche Höhenlage mit 2531,9 m. Eine Vielzahl weiterer geomorphometrischer Parameter läßt sich leicht mit den zur Verfügung stehenden Programmsystemen, wie z.B. IDL, ILWIS, IDRISI, SURFER etc., berechnen.

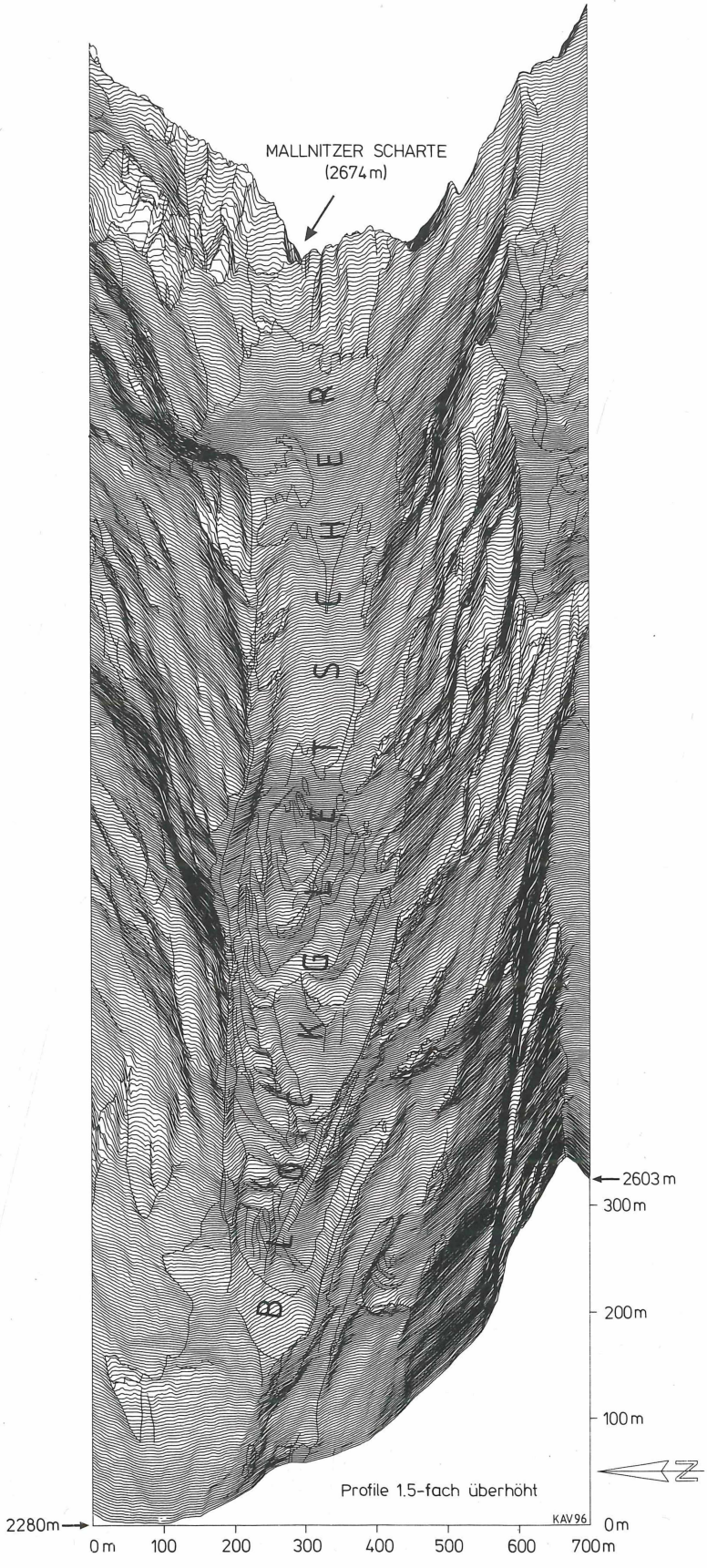
3.3. Stereoorthophotokarte 1:30 000

Wie schon im Abschnitt 3.1 erwähnt, wird auf die Reproduktion der geomorphometrischen Studienkarte verzichtet. Stattdessen sind 4 bzw. 5 einfärbige Studienkarten, welche im folgenden kurz beschrieben werden, dieser Publikation beigelegt. Die erste Karte ist als Übersichtskarte des Studiengebietes in Form einer *Stereoorthophotokarte* konzipiert. Über die Erstellung von Orthophotos und Stereoorthophotos geben WIESEL 1991 und KRAUS 1984 Auskunft. Hinweise zur kartographischen Nutzung von räumlichen Orthophotos entnimmt man RÜD. FINSTERWALDER 1989. Die nun folgende technische Beschreibung gilt in Teilen auch für die anderen, noch zu beschreibenden Karten.

Die Grundlage dieser Karte ist das *digitale Orthophoto*, wobei hier anzumerken ist, daß die analoge Herstellung von Orthophotos (vgl. PILLEWIZER 1982) zugunsten der leistungsfähigeren digitalen Bildverarbeitungsmethoden nahezu ausgedient hat. Die Luftbilder aus dem Jahre 1983 wurden mit dem *Bildscanner* VX 3000 (Vexcel Imaging Corporation) mit einer geometrischen Auflösung von 27 µm digitalisiert. Die *digitale Differentialentzerrung* der Luftbilder wurde mit dem Programmsystem GAMSAD (KAUFMANN 1984) bewerkstelligt, wobei das digitale Höhenmodell und die jeweiligen Orientierungsparameter der Luftbilder aus der analytischen Stereoauswertung Eingang in das Entzerrungsmodell fanden. Die Bildelementgröße der Orthophotos beträgt im gegenständlichen Falle 2,5 m x 2,5 m. Für die Berechnung des linken und rechten Stereopartners wurde ein Computerprogramm von BENZINGER verwendet. Bei der Stereoorthophotokarte 1:30 000 wurde das Orthophoto und die beiden *Stereopartner* von demselben Luftbild abgeleitet. Das hat zur Folge, daß nur die im Höhenmodell erfaßte Geländeoberfläche stereoskopisch sichtbar ist, und daß Gebäude, Bäume und geomorphologische Kleinformen nicht räumlich erscheinen. Aufgrund des sehr kleinen Bildmaßstabes wurde auf die Berechnung der Stereopartner aus dem jeweiligen linken und rechten Partner des zentralen Luftbildes verzichtet. Die räumliche Betrachtung der beiden Raumsegmente kann entweder mit Hilfe eines dafür geeigneten Linsenstereoskops oder - bei gegebenem Geschick - auch freiäugig erfolgen (vgl. RÜD. FINSTERWALDER 1989). In Hinblick auf die kartographische Gestaltung des Orthophotos wurde der schriftliche Inhalt auf ein notwendiges Maß reduziert, um die gute stereoskopische Wirkung nicht allzu sehr zu mindern. Die Stereoorthophotokarte 1:30 000 vermittelt in anschaulicher, direkt wahrnehmbarerer Art und Weise die räumliche Gliederung des vorliegenden Hochgebirgsraumes und - soweit es der Maßstab zuläßt - die verschiedenen Charakteristika der verschiedenen Oberflächentypen (vgl. LIEB 1996: Abb. 19, in diesem Band). Das Kartenblatt umfaßt neben der Legende noch eine

Abb. 5: Axonometrische Ansicht des Dösener Blockgletschers von W. Berechnung und graphische Ausgabe durch das Institut für Digitale Bildverarbeitung, Joanneum Research Graz.

Fig. 5: Axonometric view in W direction towards Dösen rock glacier.



Übersichtskarte und eine perspektivische Ansicht des Studiengebietes von W. Letzteres vermittelt ebenfalls einen guten Geländeeindruck, kann aber auch als Ausweg für all jene angesehen werden, die die vorliegende Stereoorthophotokarte nicht auf Anhieb räumlich wahrnehmen können. Diese und alle anderen Karten wurden vollständig digital mit der populären CorelDRAW-Software, Version 5, erstellt. Vektordaten wurden über AutoCAD, Rasterdaten über IDRISI in CorelDRAW importiert. Die perspektivischen Ansichten wurden mit Hilfe von ILWIS erstellt.

3.4. Luftbildkarte 1:10 000

Die vorliegende Karte stellt eine *kombinierte Bild-Strichkarte* dar. Neue Aspekte in der Herstellung von Bild-Strichkarten werden in ASCHENBRENNER 1993 und KOSTKA 1996 mitgeteilt. Im Vergleich zur Stereoorthophotokarte 1:30 000 mußte der flächenmäßige Umfang des dargestellten Geländes so reduziert werden, daß die gesamte Karte die Druckfläche im DIN-Format A3 nicht überschritt. Der 6,6 km² große Geländeausschnitt wurde so gewählt, daß der Charakter des Talschlusses - gegeben durch seine begrenzende Umrandung (Großfeldspitz, Säuleck, Dösener Spitz, Dullater Nock) - erhalten blieb. Das zugrundeliegende digitale Orthophoto (1,25 m Bodenauflösung) stammt von jenem Luftbild des Bildfluges 1975, das flächenmäßig die geringsten sichttoten Räume in den interessierenden Bereichen des Talschlusses aufweist. Sichttote Räume sind bei großmaßstäbigen Luftaufnahmen im Hochgebirgsräumen nahezu unvermeidlich und stellen ein wohlbekanntes Problem dar. Luftbilder für großmaßstäbige Kartierungen von Gebieten mit hoher Reliefenergie sollten daher mit langbrennweitigen Objektiven (vgl. dazu Tab. 2) und in großer Längsüberdeckung (80%) gemacht werden. In absehbarer Zukunft wird das hochauflösende Satellitenbild (1 m Bodenauflösung) eine ernstzunehmende Alternative zum herkömmlichen Luftbild darstellen. Wie schon bei der Darstellung der geomorphometrischen Studienkarte 1:5000 erwähnt wurde, müssen die Bereiche des sichttoten Raumes gesondert behandelt werden. Da für diese Bereiche des entzerrten Photos keine entsprechenden Gegenstücke in dem zu entzerrenden Ausgangsbild gegeben sind, muß diese Information entweder aus den benachbarten Luftbildern desselben Bildfluges oder aus Luftbildern anderer Aufnahmezeitpunkte gewonnen werden, was aber mit entsprechendem Mehraufwand verbunden ist. Diese Prozedur der Mosaikbildung wurde jedoch aus einsichtigen Kosten-Nutzen-Überlegungen nicht durchgeführt. Artefakte zufolge Nichtberücksichtigung von sichtoten Räumen können u.a. südlich des Dösener Spitzes, östlich vom Großen Gößspitz, beim Grazer Schartl und am Kammverlauf zwischen Säuleck und Kleinfeldspitz identifiziert werden. Die Problematik von Schattenbereichen ist ähnlich gelagert und soll in diesem Zusammenhang nicht näher erläutert werden.

Das entzerrte Orthophoto wurde zur besseren visuellen Wahrnehmung mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung *kontrast-* und *kantenverschärft*. Durch Kantenschärfung werden Grauwertkanten selektiv betont; das Photo (eigentlich das Bild) erscheint in schärferen Konturen (vgl. hierzu das reprotechnische *Pictoline-Verfahren* in ASCHENBRENNER 1992). Die Strichinformation wurde in Teilen der geomorphometrischen Studienkarte entnommen, ebenso die Höhenkoten. Alle Schneefelder und Gletscherbereiche sind zur besseren Sichtbarmachung schwarz umrandet. Das Namensgut entstammt der Alpenvereinskarte 1:25 000 sowie der Österreichischen Karte 1:50 000. Bei der kartographischen Ausführung der Luftbildkarte wurde der Versuch unternommen, einen eigenständigen Lösungsansatz zu realisieren. Die Äquidistanz der Höhenschichtlinien wurde mit 50 m gewählt. Dies gibt einerseits genug Relief- und Höheninformation und andererseits leidet der Bildinhalt nicht allzu sehr darunter. In flacheren Geländeabschnitten und auf markanten Geländepunkten wurden Höhenkoten gesetzt. Die Tiefenangabe des Dösener Sees wurde der limnologischen Arbeit von SCHULZ & WIESER 1991 entnommen. Namensgut und Höhenangaben sind i.a. freigestellt, d.h. sie erscheinen als weißer Schriftzug auf grauen bis dunklem Hintergrund. Die Koordinatenangaben beziehen sich - wie bei allen anderen Karten dieses Beitrags auch - auf das Österreichische

Bundesmeldenetz (BMN). Die zahlreichen Kratzspuren der Diapositive sind klarerweise auch im Orthophoto zu sehen. Auf eine bildverarbeitungsmäßige Abschwä-chung derselben wurde verzichtet. Rechts vom Orthophoto wurden drei Kästchen angeordnet, welche zwei Übersichtskärtchen in unterschiedlichen Maßstäben und eine perspektivische Ansicht des Gebietes von W beinhalten. Eine ausführliche Legende rundet die Karte im unteren Bereich ab.

Bis jetzt gibt es noch keine amtliche *Österreichische Luftbildkarte 1:10 000* (ÖLK 1:10 000), welche das Studiengebiet überdeckt, sehr wohl aber Orthophotos. Das gesamte Studiengebiet könnte durch ein Bildmosaik aus vier verschiedenen Orthophotos dargestellt werden. Eine solche Bildmontage erscheint wenig sinnvoll, zumal die Einzelphotos von zwei verschiedenen Bildflügen (1983 und 1992) stammen. Weitere von diesem Gebiet vorhandene Farbinfrarot-Orthophotos werden in SEGER 1996, in diesem Band, besprochen.

3.5. Reliefkarte 1:10 000

Die *Reliefkarte* ist als Ergänzung zur Luftbildkarte 1:10 000 zu verstehen, kann aber auch als eigenständige Karte angesehen werden, in der das Geländerelief und die damit korrelierenden Schneefelder und Gletscher optimal wiedergegeben werden. Die Höhenschichtlinien haben eine Äquidistanz von 10 m und vermitteln eine gute *Scharungsplastik*. Die Einbeziehung der 5 m-Höhenschichtlinien ergab kein befriedigendes Ergebnis. Die Scharungsplastik wird verstärkt und strukturiert durch eine *Schräglichtschummerung* aus NW. Die Schummerung wurde mit einem einfachen Algorithmus im Programmsystem IDRISI realisiert (vgl. hierzu EBNER 1990). Die Schneeflächen und Gletscher sind als Flächen mit einem Flächenton von 20% belegt. Sonst ergeben sich keine wesentlichen Unterschiede zu der vorhin besprochenen Luftbildkarte.

3.6. Karte Dösener Blockgletscher 1:5000

Die DIN-A4 große Karte, eine Kombination aus Stereoorthophotokarte und Strichkarte, versucht in kompakter Art und Weise sämtliche topographischen Informationen über den Dösener Blockgletscher zu präsentieren. Aufgrund des vorgegebenen Kartenformates konnte der Blockgletscher nicht "genordet" wiedergegeben werden. Die Strichkarte im rechten Segment der Karte zeigt im wesentlichen den Inhalt aus der geomorphometrischen Studienkarte 1:5000. Hier scheinen auch die 5 m-Höhenschichtlinien (strichliert) auf. Das mittlere Segment beinhaltet das korrespondierende Orthophoto (0,625 m Bodenauflösung) aus dem Jahr 1993, das wiederum seinen Stereopartner im ersten Segment zugeordnet hat. Zufolge der Rotation des Bildinhaltes um ca. 90º quer zur Aufnahmebasis des Bildfluges ist die richtige räumliche Wiedergabe aller geomorphologischen Kleinformen (Felsblöcke etc.), welche durch das digitale Höhenmodell nicht beschrieben werden, aus technischen Gründen (vgl. KRAUS 1984) nicht möglich, was aber dem plastischen Gesamteindruck des Blockgletschers samt den geländewirksamen Fließstrukturen keinen Abbruch tut. Die letzte der fünf Karten wird im Abschnitt 4.1.2. besprochen.

4. Bewegungsmessungen am Dösener Blockgletscher

Zentrale Aufgabe des Projektes „Blockgletscher-Monitoring“ ist eine eingehende Deformationsanalyse des Dösener Blockgletschers, um sein Volumen, die Fließgeschwindigkeit und andere oberflächenbeschreibende Parameter, wie z.B. Dehnung und Stauchung, in Funktion von Raum und Zeit zu bestimmen, was wiederum als Grundlage für blockgletschermechanische Modellberechnungen und zur Modellierung von Klimaszenarien von Wichtigkeit ist. Die geodätische Deformationsanalyse kann als die Erfassung möglicherweise veränderter geometrischer Zustände und die anschließende Beschreibung dieser Veränderungen angesehen werden (LEHMKÜHLER 1993). Bei der Lösung der Aufgabenstellung kommen die im Kap.1 erwähnten Methoden zur Anwendung. Die Lösungsansätze mußten zufolge der gegebenen Hard- und Softwarevoraussetzungen meist modifiziert und erweitert werden. In den

nachfolgenden Abschnitten soll über den aktuellen Stand des „Blockgletscher-Monitorings" am Dösener Blockgletscher berichtet werden.

4.1. Photogrammetrischer Ansatz

4.1.1. Terrestrische Photogrammetrie

Am 26.7.1994 erfolgten die terrestrisch-photogrammetrische Erstaufnahme des Dösener Blockgletschers mit der institutseigenen Teilmeßkammer Rolleiflex 6006 metric durch KOSTKA und KAUFMANN. Mehrere Standlinien wurden südlich des Blockgletschers an der Kammverlaufslinie zwischen Dullatem Nock und Dösener Spitz angelegt. Die Aufnahmestandpunkte wurden durch Steinmänner im Gelände markiert. Weitere Stereo- aber auch Einzelaufnahmen wurden nicht nur von größeren Bereichen des Blockgletsches, sondern auch von kleinräumigen Bereichen (Blockgletscherstirn und -vorgelände) mit der Hasselblad 500 EL/M und einer *Nichtmeßkamera* Minolta XG1 (Kleinbildformat) gewonnen. Die Wiederholungsauf-nahmen (siehe Abb.6) fanden am 26. und 27.7.1995 statt. KOSTKA und BENZINGER erweiterten das terrestrisch-photogrammetrische Meßprogramm um weitere Standlinien im N des Blockgletschers. Zu Dokumentationszwecken wurde der Blockgletscher auch von einer N-S verlaufenden Standlinie aus, welche am westlichen Ende des Dösener Sees angelegt wurde, stereoskopisch aufgenommen. Nähere Angaben zu den Standpunkten und dem verwendeten Filmmaterial sind den Protokollen zum Bildarchiv „Terrestrisch-photogrammetrische Meßbilder des Inneren Dösener Tales" zu entnehmen. Regelmäßige Wiederholungsaufnahmen sind im zeitlichen Abstand von ca. 5 Jahren vorgesehen. Damit ist eine Grundlage für das geplante *Langzeitbeobachtungsprogramm* am Dösener Blockgletscher geschaffen. Aus den Meßaufnahmen soll durch messenden Bildvergleich die zeitliche Variabilität der Fließbewegungen flächendeckend erfaßt werden. Erste Ergebnisse stehen noch aus.

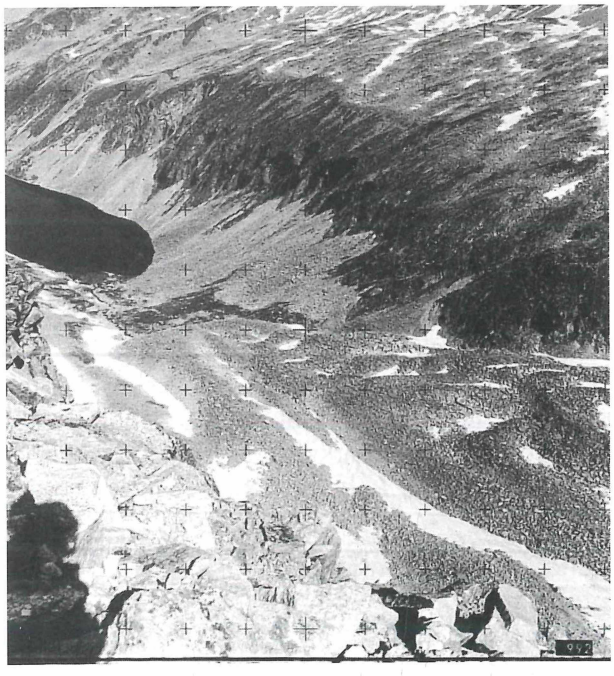


Abb. 6: Terrestrisch-photogrammetrische Aufnahme mit der Teilmeßkammer Rolleiflex 6006 metric. Blick in nordwestliche Richtung auf das östliche Ende des Dösener Sees, die Seewände und den unteren Zungenbereich des Dösener Blockgletschers. Aufnahme: KOSTKA und BENZINGER, 26.7.1995.

Fig. 6: Terrestrial photograph taken with a Rolleiflex 6006 metric réseau camera. View in NW direction onto Dösen Lake and Dösen rock glacier.

4.1.2. Aerophotogrammetrie

Mit Hilfe der Luftbilder des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen ist es möglich, das dynamische Verhalten des Blockgletschers über den Zeitraum der vergangenen 40 Jahre - zumindest für einige Epochen - zu studieren. Für eine eingehende Studie wurden die Luftbilder aus den Jahren 1954, 1975 und 1993 herangezogen (siehe Tab.2). Nur diese eignen sich aufgrund ihres größeren Bildmaßstabes für die *photogrammetrischen Vergleichsmessungen*. Vorerst wurden für eine größere Anzahl von Blockgletscherpunkten die *räumlichen Verschie-*

bungsvektoren ermittelt, um die Fließbewegungen des Blockgletschers zu bestimmen. Weiters ist geplant, durch Vergleich von Höhenmodellen Volumsveränderungen zu erfassen.

Um repräsentative Aussagen über das Fließ-/Kriechverhalten des Dösener Blockgletschers treffen zu können, sind die Örter von gut identifizierbaren Felsblöcken, welche auf der Oberfläche des Blockgletschers mittransportiert werden, koordinativ in den drei Raumrichtungen zu bestimmen. Die gewählte Methodik sieht hier eine doppelte Vorgangsweise vor:

- Konventionelle Photogrammetrie mit Punktidentifizierung in unabhängigen Modellen (vgl. KONECNY 1964),
- Digitale Photogrammetrie mit digitaler Punktübertragung (vgl. FÖRSTNER 1995).

An dieser Stelle soll nur über die Ergebnisse der erstgenannten Vorgangsweise berichtet werden. Nach Beendigung der Bildtriangulationsarbeiten für den schon erwähnten Messungsflug 1993 durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen konnte nicht nur das Luftbildmaterial, sondern auch das Triangulationsergebnis angefordert werden. Somit konnte das Stereomodell, welches den Dösener Blockgletscher vollständig überdeckt, mit einer absoluten Genauigkeit von ±5 cm in Lage und Höhe in das amtliche Gauß-Krüger-Koordinatensystem eingebunden werden. Die Stereomodelle aus den Jahren 1954 und 1975 wurden anschließend über idente Punkte - sie befinden sich im Umgebungsbereich des Blockgletschers und sind als unbeweglich und fest klassifiziert - in die Geometrie des Bezugsmodells 1993 übergeführt. Die Einpaßgenauigkeit lag in der Lage und in der Höhe bei ca. ±10 cm. Da der in FLOTRON 1979 und HAEBERLI & SCHMID 1988 erprobte direkte Bildvergleich (Messung von Bewegungsparallaxen) wegen der zu großen Unterschiede im Maßstab sowie in der Bildgeometrie und im Grauwerteumfang nicht möglich war, mußten idente Blockgletscherpunkte unabhängig in den drei Modellen gemessen werden, was einerseits fehlertheoretisch zu größeren Meßfehlern führt und andererseits aber auch Anlaß für grobe Identifizierungsfehler sein kann. Nicht nur für diese Studie, sondern auch in Hinblick auf zukünftige Luftbildauswertungen wurde von mir ein Verzeichnis von mehr als 600 Felsblöcken des Dösener Blockgletschers angelegt. Jeder ausgesuchte Punkt wurde photogrammetrisch im Stereomodell 1993 durch Dreifachmessung koordinativ bestimmt. Die Punkte sind in vergrößerten Luftbildausschnitten (Maßstab ca. 1:600) lagerichtig eingezeichnet und zusätzliche Detailskizzen weisen auf die genaue Punktlage (z.B. Ecke eines Felsblockes) hin. Für eine erste Vorstudie wurden für die Epoche 1975-1993 insgesamt 142 idente Punkte gemessen. Von diesen konnten nur 81 Punkte im Stereomodell des Jahres 1954 aufgefunden und gemessen werden. Dies liegt darin begründet, daß die diesbezügliche Bildqualität relativ schlecht ist und die Identifizierung der Punkte durch eine Neuschneeauflage von ca. 10-20 cm äußerst erschwert wurde (siehe Karte 1:5000 „Fließbewegungen am Dösener Blockgletscher"). Um ein gleichmäßig dichtes Punktefeld für die Epoche 1954-1975 zu gewinnen, wurden 15 weitere Punkte zur Meßepoche hinzugefügt. Durch einfache *Koordinatendifferenzbildung* konnten die *Verschiebungsvektoren* zu den Epochen 1954-1975 und 1975-1993 ermittelt werden. Um die *mittlere jährliche Fließgeschwindigkeit* punktweise angeben zu können, mußten die errechneten Bewegungsbeträge durch die Anzahl der verstrichenen Jahre, 21 bzw. 18, dividiert werden. Eine graphische Darstellung der Bewegungsvektoren, und zwar nur der horizontalen Komponente, ist in der thematischen Karte 1:5000 „Fließbewegungen am Dösener Blockgletscher" wiedergegeben. Die Scharung der Fließvektoren gibt zu erkennen, daß das Ergebnis im lokalen Bereich größtenteils homogen und konsistent ist. Weiters stehen die Vektoren bis auf wenige Ausnahmen nahezu orthogonal auf die Höhenschichtlinien. In der Tab.3 sind repräsentative Bewegungsangaben für ausgewählte Regionen des Blockgletschers zusammengefaßt. Die mitgeteilten Angaben im Zentimeterbereich sind stets signifikant.

Im oberen, orographisch rechten Teilbereich des Blockgletschers ist fast keine signifikante Fließbewegung in horizontaler Richtung festzustellen; die vertikale Geschwindigkeitskomponente ist hier für die ältere Epoche gleich Null und für die jüngere etwa -3 cm/a.

Tab. 3: Numerische Angaben zur mittleren jährlichen Fließbewegung am Dösener Blockgletscher für die Epochen 1954-1975 und 1975-1993.
Tab. 3: Mean annual surface velocity at Dösen rock glacier given for time periods 1954 to1975 and 1975 to 1993, respectively. Data derived from aerial photographs.

Epoche 1954-1975 (96 Blockgletscherpunkte)

Bereich	mittl. jährl. Geschwindigkeit (vertikale Komponente)	mittl. jährl. Geschwindigkeit (horizontale Komponente)	mittl. jährl. Geschwindigkeit (Gesamtkomponente)	Neigungswinkel gegenüber der Horizontalen
Blockgletscherstirn (2380 m - 2400 m)	-5 cm/a	21 cm/a	22 cm/a	14°
Blockgletschermitte (2450 m - 2470 m)	-5 cm/a	25 cm/a	25 cm/a	11°
oberer Blockgl.-bereich (2510 m - 2550 m)	-11 cm/a	21 cm/a	23 cm/a	27°

Epoche 1975-1993 (142 Blockgletscherpunkte)

Bereich	mittl. jährl. Geschwindigkeit (vertikale Komponente)	mittl. jährl. Geschwindigkeit (horizontale Komponente)	mittl. jährl. Geschwindigkeit (Gesamtkomponente)	Neigungswinkel gegenüber der Horizontalen
Blockgletscherstirn (2380 m - 2400 m)	-2 cm/a	12 cm/a	12 cm/a	11°
Blockgletschermitte (2450 m - 2470 m)	-9 cm/a	16 cm/a	19 cm/a	30°
oberer Blockgl.-bereich (2510 m - 2550 m)	-12 cm/a	17 cm/a	21 cm/a	36°

Aus der Tab. 3 geht hervor, daß sich die Blockgletscherstirn im Zeitraum 1954-1993, also innerhalb von 39 Jahren, im Mittel um 6,6 m nach vor geschoben hat. Die Unsicherheit der Angabe liegt bei ±0,2 m. Weiters kann festgehalten werden, daß sich die mittlere jährliche Fließgeschwindigkeit in allen Teilbereichen des Blockgletschers signifikant verringert hat, im Mitten- und Stirnbereich um etwa 36-43%, im oberen Bereich um etwa 20%. In beiden Epochen war die Fließgeschwindigkeit in der Mitte höher als am unteren Zungenende. Ein generelles Einsinken der Blockgletscheroberfläche oder etwa eine daraus resultierende Verkleinerung des Blockgletschervolumens läßt sich aus dem vorliegenden Datenmaterial noch nicht bestätigen. Auffallend ist aber, daß für die Epoche 1975-1993 im mittleren Bereich die Neigung der Fließvektoren mit 30° um 5° größer ist als der steilste Geländeabschnitt des Blockgletschers. Dies würde - wie es für den Wurzelbereich des Blockgletschers schon zahlenmäßig vorliegt - auf ein Einsinken der Oberfläche in diesem Bereich hindeuten.

4.2. Geodätischer Ansatz

Beim geodätischen Ansatz sind nicht Koordinatenpaare in photogrammetrisch aufgenommenen Bildern, sondern Richtungen und Strecken die Beobachtungsgrößen. Die Auswahl und Vermarkung des dreidimensionalen *Kontrollnetzes* (*Stützpunkte* und *Objektpunkte*) sowie die erste geodätische Netzbeobachtung (Null-Messung) erfolgte in zwei Feldarbeitsperioden

(26.-28.7.1995, 13.-21.8.1995) durch Mitarbeiter und Studenten des Institutes für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der Technische Universität Graz. Die geodätischen Arbeiten koordinierte G. KIENAST, Abteilung für Landesvermessung und Landinformation, wobei die praktischen Arbeiten im Zuge von Seminar- und Diplomarbeiten (HEILAND & TILG 1996a und 1996b) durchgeführt wurden und noch werden. Das geodätische Netz umfaßt 7 Stützpunkte (siehe Luftbildkarte 1:10 000):

- Punkte, N1, N2 und N3, auf einer Schulter nördlich des Blockgletschers,
- 3 Punkte, S1, S2 und S3, oberhalb des Felsabbruchs östlich des Dullaten Nocks und
- Punkt, S4, auf einer Felsnase südlich des Blockgletschers am Fuße des Felsabbruchs. In der unmittelbaren Nähe dieses Punktes wurde ein weiterer Punkt S5 als *Sicherungspunkt* angelegt.

Die Stützpunkte wurden unter Berücksichtigung der Kriterien für Kontrollnetze (in PELZER et al. 1988 als *Überwachungsnetze* bezeichnet) so ausgewählt, daß zwischen möglichst allen Punkten Sichtverbindung besteht und von jedem Punkt mindestens ein Triangulierungspunkt der amtlichen Landesvermessung als Fernziel einmeßbar ist. Abgesehen von diesen geodätischen Zwängen und der Tatsache, daß jeder Punkt des Blockgletschers (Objektpunkt) von mehreren Stützpunkten aus eingesehen werden kann, war bei der Auswahl der Punktlagen die *Stabilität* des Untergrundes ein entscheidendes Kriterium. Bereiche mit Lockermaterial und Blockschutt sowie potentielle Permafrostbereiche mußten von vornherein ausgeklammert werden, sodaß die Stützpunkte nur an größeren, blockschuttfreien Felsbereichen auszuwählen waren. Da dieses geodätische Netz eine wichtige Grundlage für das *Langzeitbeobachtungsprogramm* am Dösener Blockgletscher darstellt, wurden nicht nur die Stützpunkte, sondern auch die Punkte am Blockgletscher dauerhaft im Untergrund vermarkt.

Die Vermarkung besteht aus Messingbolzen (12 mm Durchmesser, 4,5 cm Länge; Bohrung an einem Ende mit einem M8-Gewinde). Zapfen, ebenfalls aus Messing, welche nach den Normen der geodätischen Firma LEICA hergestellt wurden, können paßgenau in die befestigten Messingbolzen eingeschraubt werden. Auf die LEICA-Zapfen können die LEICA-Prismen als temporäre Signalisierung direkt aufgesetzt werden. Die oben offenen Messingbolzen werden mit einer Abschlußschraube abgeschlossen. Bei den Stützpunkten weisen die Abschlußschrauben eine zentrierte Vertiefung auf, sodaß die Meßstative mittels optischen Lotes punktgenau zentriert werden können. Die Messingbolzen wurden in 16 mm breite Bohrlöcher, welche mit einem HILTI TE10A Bohrhammer geschlagen wurden, mit einem Zweikomponentenkleber bodengleich in den felsigen Untergrund eingesetzt.

Die Überprüfung der Unveränderlichkeit (Invarianz) der Stützpunkte, primär relativ zueinander - Stützpunkte müssen nicht unbedingt immer als Festpunkte bestehen bleiben -, ist Gegenstand von umfangreichen geodätischen Kontrollmessungen und anschließender Analysen (siehe HEILAND & TILG 1996a und 1996b). Im Bereich der Stützpunkte könnte es durchaus in den nächsten Jahrzehnten z.B. durch Einwirkung von Frostsprengung zum Abbrechen bzw. Verschieben von mehr oder weniger großen Felspartien kommen. Sollten Stützpunkte davon betroffen sein, so ist dies durch die oben erwähnten geodätischen Messungen festzustellen.

Wegen des anhaltend schlechten Wetters während der ersten Meßkampagne 1995 konnte die Einbindung des Stützpunktfeldes in das Landessystem nur mit geringer Genauigkeit erfolgen. Dies ist für die Deformationsmessung vorerst ja ohne Belang bzw. ist im Jahr 1996 daran gedacht, in einer weiteren Arbeit der Abteilung für Landesvermessung und Landinformation die vorhandenen Punkte mit Hilfe des satellitengestützten *Global Positioning Systems (GPS)* einzumessen. Trotz Regens und Nebels konnten innerhalb von zwei Tagen (14. und 15.8.1995) insgesamt 34 Punkte am Blockgletscher ausgewählt und mit den vorbereiteten Messingbolzen vermarkt werden. Bei der Auswahl der Punkte wurde auf eine gleichmäßige Verteilung derselben auf dem Blockgletscher geachtet, wobei die Objektpunkte stets auf markanten, großen Felsblöcken - gut einsehbar von den Stützpunkten - zu liegen kamen. Die Lage der Punkte ist stark an die vorhandenen Fließstrukturen (Stauchwülste) ausgerichtet (siehe Karte

1:5000 „Fließbewegungen am Dösener Blockgletscher"). Zum sicheren und schnellen Auffinden der Blockgletscherpunkte wurden kleine Steinmänner errichtet. Die so ausgewählten Punkte wurden vom Meßteam durch kombinierte Richtungs- und Streckenmessung polar eingemessen. Zusätzlich zu diesen Punkten wurden auch all jene *Profilpunkte* (siehe vorhin erwähnte Karte), welche im Zuge der geophysikalischen Untersuchungen (vgl. SCHMÖLLER & FRUHWIRTH 1996, in diesem Band) mit einem roten Farbpunkt markiert worden waren, in das Beobachtungsprogramm aufgenommen. Weitere Details zum verwendeten Instrumentarium, zur Meßtechnik sowie zur Netzberechnung werden in den Arbeiten von HEILAND & TILG 1996a und 1996b mitgeteilt.

Somit sind die Voraussetzungen gegeben, die Bewegungen der vermarkten Blockgletscherpunkte über Jahre hinweg mit großer Genauigkeit (±5 mm Punktlagefehler) zu erfassen. Das Kontrollnetz kann nach Maßgabe der Erfordernisse (Detailstudie) jederzeit verdichtet werden. Weiters ist auch an Mehrfachbeobachtungen innerhalb eines Jahres gedacht, um die jahreszeitliche Abhängigkeit der Fließgeschwindigkeit zu studieren. Die Ergebnisse der terrestrisch-photogrammetrischen Auswertungen könnten ebenfalls durch Paßpunktmessung über die Stützpunkte in das Landessystem transformiert werden, was die Synthese aller vorliegenden Informationen wesentlich erleichtern sollte.

5. Ausblick

Im Sommer 1996 soll die zweite Meßkompagne am Dösener Blockgletscher im Rahmen des Projektes „Blockgletscher-Monitoring" stattfinden. Konkrete Aussagen über das aktuelle Fließverhalten des Dösener Blockgletschers werden erst nach Auswertung der geodätischen Wiederholungsmessungen vorliegen. Die terrestrisch-photogrammetrischen Aufnahmen des Jahres 1995 sollen ebenfalls im Zuge der kommenden Feldarbeiten wiederholt werden. Die begonnene Luftbildauswertung soll dahingehend fortgesetzt werden, daß hochauflösende digitale Geländemodelle zu den drei Aufnahmezeitpunkten (1954, 1975 und 1993) erstellt werden. Aus dem Vergleich der Höhenmodelle ist eine signifikante Aussage über die Änderung des Blockgletschervolumens zu erwarten. Durch den Einsatz der Digitalphotogrammetrie wird methodisch ein neuer Weg beschritten, mit dem es möglich sein sollte, oberflächenbeschreibende geometrische Parameter, wie z.B. Fließgeschwindigkeit, Hebung und Senkung oder Dehnung und Stauchung, mit hoher Genauigkeit und Effizienz zu bestimmen. Die Visualisierung der erzielten Ergebnisse wird den Schwerpunkt von weiteren kartographischen Studien bilden. Die Übertragung der im vorhin erwähnten Projekt gewonnen Erfahrungen auf ein ähnliches Projekt für den Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar wird angestrebt.

Dank

Sämtliche geodätischen und kartographischen Arbeiten wurden am Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der Technischen Universität Graz durchgeführt. Dem Institutsvorstand B. HOFMANN-WELLENHOF möchte ich dafür danken, daß das Projektteam das beschriebene Forschungsvorhaben an der von ihm geleiteten Forschungsstätte unter Verwendung ihrer Infrastruktur durchführen konnte. Die Hauptlast der Arbeit wurde von der Abteilung für Fernerkundung, Bildverarbeitung und Kartographie (Leiter: G. BRANDSTÄTTER) getragen. Die nicht minder wichtigen geodätischen Messungen wurden von G. KIENAST von der Abteilung für Landesvermessung und Landinformation geleitet. Ein Teil des geodätischen Instrumentariums wurde von der Abteilung für Allgemeine Geodäsie und Ingenieurgeodäsie (Leiter: F. K. BRUNNER) zur Verfügung gestellt. Die Durchführung der in diesem Beitrag geschilderten Aktivitäten und im speziellen die Herausgabe der Studienkarten erfolgten mit finanzieller Unterstützung des *Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung* (Projekt P09565) und des *Kärntner Nationalparkfonds*. Der eingesetzte Graphikrechner (Iris Indigo von Silicon

Graphics) wurde aus Mitteln des *Jubiläumsfonds* der *Österreichischen Nationalbank* finanziert. Besonderen Dank schulde ich den studentischen Mitarbeitern R. BENZINGER, R. HEILAND, R. LADSTÄDTER und H.-P. TILG und den anderen, namentlich nicht angeführten Meßgehilfen. R. KOSTKA brachte in gewohnter Weise sein langjähriges Wissen in die terrestrisch-photogrammetrischen und kartographischen Arbeiten ein, wofür ihm herzlichst gedankt sei. Wertvolle Mitarbeit wurde weiters von W. KRÄMER geleistet. Zwei Bohrmaschinen wurden vom Österreichischen Alpenverein (ÖAV), Sektion Graz, zur Verfügung gestellt. Die Digitalisierung der Luftbilder erfolgte am Institut für Computerunterstützte Geometrie und Graphik (Leiter: F. LEBERL) der Technischen Universität Graz. Die Berechnung des digitalen Geländemodells besorgte das Institut für Digitale Bildverarbeitung, Joanneum Research Graz. Für die Überlassung von Informationen über den Äußeren Hochebenkar-Blockgletscher danke ich H. SCHNEIDER. Desgleichen bin ich W. PILLEWIZER zu Dank verpflichtet.

Literatur

ASCHENBRENNER, J., 1992: Orthophoto und Monoplotting in der Gletscherkartographie. - Salzburger Geogr. Arbeiten 21, 89 S.

ASCHENBRENNER, J., 1993: Die Bild-Strichkarte. Ein Beitrag zur kartographischen Geländedarstellung. - Kartographische Nachrichten 43, Heft 4, 133-139.

BARSCH, D, 1983: Blockgletscherstudien - Zusammenfassung und offene Probleme. - In: POSER, H., & SCHUNKE, E. (Hrsg.), Mesoformen des Reliefs im heutigen Periglazialraum. - Abh. d. Akad. d. Wiss. Göttingen, math.-physikal. Kl., 3.Folge 35, 133-150.

BARSCH, D., 1992: Permafrost creep and rockglaciers. - Permafrost and Periglacial Processes 3, 175-188.

BARSCH, D., & HELL, G., 1976: Photogrammetrische Bewegungsmessungen am Blockgletscher Murtèl I, Oberengadin, Schweizer Alpen. - Z. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 11 (1975), 111-142.

BARSCH, D., & ZICK, W., 1991: Die Bewegung des Blockgletschers Macun 1 von 1965-1988 (Unterengadin, Graubünden, Schweiz). - Z. f. Geomorphologie, Suppl.-Bd. 35, 1-14.

EBNER, H., 1990: Digitale Geländemodelle aus heutiger Sicht. - In: BRUNNER, K., & EBNER, H. (Hrsg.), Festschrift für Rüdiger FINSTERWALDER zum 60. Geburtstag. - Lehrstuhl f. Photogrammetrie, Techn. Univ. München, 51- 60.

FINSTERWALDER, R., 1931: Geschwindigkeitsmessungen an Gletschern mittels Photogrammetrie. - Z. f. Gletscherkunde 29, 251-262.

FINSTERWALDER, R., 1952: Das Ergebnis der photogrammetrischen Gletschermessung seit 1885 in den Ostalpen. - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Heft 3, 66-69.

FINSTERWALDER, RÜD., 1989: Die kartographische Nutzung von räumlichen Orthophotos. - Kartographische Nachrichten 39, Heft 2, 41-46.

FINSTERWALDER, S., 1928: Begleitworte zur Karte des Gepatschferners. - Z. f. Gletscherkunde 16, 20-41, 1 Kartenbeilage.

FLOTRON, F., 1979: Verschiebungsmessungen aus Luftbildern. - Mittl. d. Versuchsanst. für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie ETH Zürich 41, 39-44.

FÖRSTNER, W., 1995: Matching strategies for point transfer. - In: FRITSCH, D., & HOBBIE, D. (Hrsg.), Photogrammetric week '95. - Wichmann Verlag, Heidelberg, 173-183.

FUNK, M., & HOELZLE, M., 1992: A model of potential direct solar radiation for investigating occurrences of mountain permafrost. - Permafrost and Periglacial Processes 3, 139-142.

GUODONG, C., & DRAMIS, F., 1992: Distribution of mountain permafrost and climate. - Permafrost and Periglacial Processes 3, 83-91.

HAEBERLI, W., 1985: Creep of mountain permafrost: Internal structure and flow of alpine rock glaciers. - Mitt. d. Versuchsanstalt f. Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie ETH Zürich 77, 142 S.

HAEBERLI, W., 1992: Construction, environmental problems and natural hazards in periglacial mountain belts. - Permafrost and Periglacial Processes 3, 111-124.

HAEBERLI, W., 1993: Research on permafrost and periglacial processes in mountain areas - status and perspectives. - Proceedings of the 6th International Conference on Permafrost, Vol.2, Beijing, 1014-1018.

HAEBERLI, W., & PATZELT, G., 1983: Permafrostkartierung im Gebiet der Hochebenkar-Blockgletscher, Obergurgl, Ötztaler Alpen. - Z. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 18 (1982),127-150.

HAEBERLI, W., & SCHMID, W., 1988: Aerophotogrammetric monitoring of rock glaciers. - Proceedings of the Fifth International Conference on Permafrost, Vol. 1, 764-769.

HEILAND, R., & TILG, H.-P., 1996a: Erkundung, Vermarkung und Ersteinmessung des Kontrollnetzes am Dösener Blockgletscher. - Unpubl. Seminararbeit, , Inst. f. Angewandte Geodäsie u. Photogrammetrie, Techn. Univ. Graz, in Vorbereitung.

HEILAND, R., & TILG, H.-P., 1996b: Neubestimmung des Kontrollnetzes am Dösener Blockgletscher und erste Bewegungsanalyse. - Unpubl. Diplomarbeit, Inst. f. Angewandte Geodäsie u. Photogrammetrie, Techn. Univ. Graz, in Vorbereitung.

HOFMANN, W., 1958: Bestimmung von Gletschergeschwindigkeiten aus Luftbildern. - Bildmessung und Luftbildwesen 3, 71-88.

HÖLLERMANN, P., 1983: Blockgletscher als Mesoformen der Periglazialstufe. Studien aus europäischen und nordamerikanischen Hochgebirgen. - Bonner Geogr. Abh. 67, 73 S.

KAMMERER, P., 1987: Computergestützte Reliefanalyse unter Verwendung des Digitalen Geländemodells. - Münchner Geogr. Abh. A 36, 94 S.

KAUFMANN, V., 1984: Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur geometrischen Auswertung von digitalen multispektralen Zeilenabtasteraufnahmen und analog-/digital-gewandelten Luftbildern. - Unpubl. Diplomarbeit, Inst. f. Angewandte Geodäsie u. Photogrammetrie, Techn. Univ. Graz., 210 S.

KING, L., GORBUNOV, A.P., & EVIN, M., 1992: Prospecting and mapping of mountain permafrost and associated phenomena. - Permafrost and Periglacial Processes 3, 73-81.

KONECNY, G., 1964: Glacial surveys in western Canada. - Photogrammetric Engineering 30, 64-82.

KOSTKA, R., 1996: Die kombinierte Bild-Strichkarte der Gebirgsregion auf Satellitenbildbasis.- In: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie 9, in Druck.

KRAUS, K., 1984: Photogrammetrie. Band 2: Theorie und Praxis der Auswertesysteme. - Bonn, Dümmler Verlag, 389 S.

LADSTÄDTER, R., 1996: Geomorphometrische Studienkarte Inneres Dösener Tal 1:5000. - Unpubl. Seminararbeit, Inst. f. Angewandte Geodäsie u. Photogrammetrie, Techn. Univ. Graz, in Vorbereitung.

LEHMKÜHLER, H.; 1993: Die geodätische Deformationsanalyse als Mustererkennungsaufgabe. - Veröff. d. Geodätischen Inst. d. Rheinisch- Westfälischen Techn. Hochschule Aachen 49, 85 S.

LIEB, G.K., 1996: Permafrost und Blockgletscher in den östlichen österreichischen Alpen. - In diesem Band.

LINDIG, G., 1953: Kurs für Hochgebirgsforschung 1953. - Allgemeine Vermessungs-Nachrichten, Heft 12, 129-132.

MESSERLI, B., & ZURBUCHEN, M., 1968: Blockgletscher im Weissmies und Aletsch und ihre photogrammetrische Kartierung. - Die Alpen, Heft 3, 139-151.

PATZELT, G., 1986: Begleitworte zur Karte des Gurgler Ferners 1981. - Z. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 22, 163-170, 1 Kartenbeilage.

PEIPE, J., REISS, P., & RENTSCH, H., 1978: Zur Anwendung des digitalen Geländemodells in der Gletscherforschung. - Z. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 14, 161-172.

PELZER, H., et al., 1988: Deformationsmessungen. - In: PELZER, H. (Hrsg.), Ingenieurvermessung. - Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart, 37-192.

PILLEWIZER, W., 1957: Untersuchungen an Blöckströmen der Ötztaler Alpen. - In: Geomorphologische Abhandlungen. Abh. des Geogr. Inst. d. Freien Universität Berlin 5, 37-50.

PILLEWIZER, W., 1982: Orthophototechnik im Hochgebirge. - Z. f. Vermessungswesen 107, Heft 8, 358-367.

PILLEWIZER, W., 1986: Zwischen Alpen, Arktis und Karakorum. Fünf Jahrzehnte kartographische Arbeit und glaziologische Forschung. - In: BECK, H. (Hrsg.), Kleine Geogr. Schriften 6, Dietrich Reimer Verlag, Berlin, 211 S.

PILLEWIZER, W., 1989: 100 Jahre Vernagtferner-Karte. - Berichte und Informationen 9, Österr. Akademie der Wissenschaften, Institut für Kartographie, Wien, 19 S., 1 Kartenbeilage.

RIEDER, B., 1987: Photogrammetrische Untersuchung der Fließbewegungen des Blockgletschers im Äußeren Hochebenkar (Ötztal) unter Verwendung von terrestrisch-photogrammetrischen Stereoaufnahmen (1986) und Luftbildern (1977). - Unpubl. Seminararbeit, Inst. f. Angewandte Geodäsie u. Photogrammetrie, Techn. Univ. Graz, 57 S.

RINNER, K.; & BURKHARDT, R., 1972: Gletscherphotogrammetrie. - In: KNEISSL, M. (Hrsg.), Jordan, Eggert, Kneissl - Handbuch der Vermessungskunde, Bd. IIIa/2 (Photogrammetrie), J.B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1428-1470.

SCHMÖLLER, R., & FRUHWIRTH, R., 1996: Komplexgeophysikalische Untersuchungen auf dem Dösener Blockgletscher (Hohe Tauern, Österreich). - In diesem Band.

SCHULZ, N., & WIESER, G., 1991: Der Dösener See. - Alpenverein Graz, Mitteilungen 43, Heft 2, 54-57.

VIETORIS, L., 1972: Über den Blockgletscher des Äußeren Hochebenkars. - Z. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 8, 169-188.

SEGER, M., 1996: Bildkarten aus Fernerkundungsdaten: Herstellung und geographisch-interpretative Nutzung. Mit einer Luftbildkarte des östlichen Tauernmassivs. - In diesem Band.

WELSCH, W., 1982: Zur Beschreibung homogener Strains oder einige Betrachtungen zur affinen Transformation. - Z. f. Vermessungswesen, Heft 5, 174-182.

WIESEL, J., 1991: Digitale Orthophototechnik.- In: BÄHR, H.-P. (Hrsg.), Digitale Bildverarbeitung: Anwendungen in Photogrammetrie, Kartographie und Fernerkundung. - Wichmann Verlag, Karlsruhe, 137-144.

Anschrift des Verfassers:

Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Viktor KAUFMANN
Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie
Abteilung für Fernerkundung, Bildverarbeitung und Kartographie
Technische Universität Graz
Steyrergasse 30
A-8010 Graz, Österreich

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Arbeiten aus dem Institut für Geographie der Karl-Franzens-Universität Graz

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: 33_1996

Autor(en)/Author(s): Kaufmann Viktor

Artikel/Article: Der Dösener Blockgletscher - Studienkarten und Bewegungsmessungen 141-162