

KAUFMANN, Viktor und HEILAND, Regina (Graz)***Zur Morphometrie des Dösener Blockgletschers
(Nationalpark Hohe Tauern, Österreich)****Inhaltsverzeichnis***Zusammenfassung**Summary*

1	Einleitung und Problemstellung	102
2	Kartographische Grundlagen – Studienkarten	103
3	Digitales Höhenmodell	104
4	Bewegungsmessungen am Dösener Blockgletscher	105
5	Analyse der Meßergebnisse	108
6	Ausblick	109
7	Danksagung	109
8	Literaturverzeichnis	109
9	Verzeichnis der Abbildungen	111

Zusammenfassung

In diesem Aufsatz werden die Ergebnisse von geodätischen, photogrammetrischen und kartographischen Arbeiten über den Dösener Blockgletscher (Dösener Tal bei Mallnitz, Kärnten, Österreich) beschrieben, welche von Mitarbeitern des Institutes für Angewandte Geodäsie der Technischen Universität Graz im Rahmen eines vom Kärntner Nationalparkfonds unterstützten Projektes (Kurztitel: "Blockgletscher-Monitoring") erzielt wurden. Mit den vorgestellten Arbeiten wurde ein weiterer Beitrag zur Permafrostforschung in Österreich geleistet.

Summary

This publication presents the results of geodetic, photogrammetric and cartographic work carried out on the Dösen rock glacier (Dösen Valley near Mallnitz, Carinthia, Austria). The presented investigations have been financially supported by the Carinthian National Park Fund and are of great importance in the context of permafrost research in Austria.

1 Einleitung und Problemstellung

Blockgletscher (engl. rock glaciers) sind gefrorene Schuttmassen bzw. Schutt-Eis-Gemische, die sich aufgrund plastischer Deformation ihres Eisgehaltes der Schwerkraft folgend langsam hang- oder talabwärts bewegen (Definition durch BARSCH 1983). Charakteristische Oberflächenformen, wie Längs- und Querwülste sowie Rinnen, und eine meist steinschlägige Randböschung im Stirnbe- reich prägen das äußere Erscheinungsbild. Intakte Blockgletscher sind Indikatoren des diskontinuierlichen Permafrostes im außerpolaren Hochgebirge und sind schon seit nahezu 100 Jahren Gegenstand von Forschungen. Durch den Einsatz moderner Technologien und neuer Untersuchungsmethoden gab es in den vergangenen 10-20 Jah-

ren wesentliche Fortschritte in der Erforschung dieser Landschaftsform. Detaillierte Hinweise zum augenblicklichen Forschungsstand bezüglich Permafrost und Blockgletscher im speziellen werden in LIEB (1996) und BARSCH (1996) mitgeteilt. Weiterführende Literatur kann diesen beiden Publikationen entnommen werden.

Die Erforschung des Hochgebirgspermafrostes ist einer der Schwerpunkte der wissenschaftlichen Tätigkeit am Institut für Geographie der Universität Graz. In enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Geophysik der Montanuniversität Leoben wurde ein dreijähriges, interdisziplinäres Forschungsprojekt mit dem Kurztitel "Hochgebirgspermafrost", welches vom Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung, Wien, unter der Projekt-

* KAUFMANN Viktor und HEILAND Regina, beide Institut für Angewandte Geodäsie, Technische Universität Graz, A-8010 Graz, Steyrergasse 30

nummer P 09565-GEO finanziert wurde, erarbeitet und 1996 erfolgreich abgeschlossen. Die diesbezüglichen Forschungsergebnisse sind in LIEB (1996) dokumentiert. Als Studiengebiet wurde das innere Dösener Tal in der Ankogelgruppe, Kernzone des Nationalparks Hohe Tauern gewählt, zumal ein anthropogener Einfluß auf die dort vorkommenden Permafrostbereiche nicht gegeben ist und weiters eine Alpenvereinshütte, das Arthur-von-Schmid-Haus, als günstiger Stützpunkt für die umfangreichen Geländearbeiten dienlich war. Im besonderen wurde der Dösener Blockgletscher ($46^{\circ}59'N$, $13^{\circ}17'E$; Index mo 238 des "Blockgletscherinventars in den östlichen österreichischen Alpen", LIEB 1996) mit einem breitgefächerten, fachübergreifenden Methodenspektrum untersucht und analysiert. Einen Schwerpunkt bildeten unter anderem die komplexgeophysikalischen Untersuchungen, um den strukturellen Aufbau des Blockgletschers zu erkunden (SCHMÖLLER & FRUHWIRTH 1996). Der geodätisch-kartographische Anteil an den durchgeführten Arbeiten beschränkte sich auf die Erstellung einer geomorphometrischen Studienkarte 1:5.000 "Inneres Dösener Tal" (LADSTÄDTER 1996).

Um Aussagen über die raum-zeitliche Änderung eines Blockgletschers machen zu können, sind vermessungstechnische Arbeiten unumgänglich. Von großem Interesse sind die Ermittlung der Fließgeschwindigkeit und die Erfassung der Höhenänderung der Blockgletscheroberfläche. Aus Meß-Zeitreihen, welche viele Jahre bzw. Jahrzehnte umspannen sollen, erwarten Wissenschaftler durch geeignete Korrelationsrechnung mit anderen meßbaren Umweltparametern wie beispielsweise Lufttemperatur nähere Hinweise zur Klimaveränderung im Hochgebirge. Geometrische Parameter werden weiters für die mathematische Modellierung des Fließverhaltens von Blockgletschern benötigt (BARSCH 1996).

Gletscher aus Blankeis reagieren auf kurzperiodische Klimaschwankungen relativ rasch in Form von visuell leicht wahrnehmbaren Veränderungen (Massenverluste, Gletscherzungenrückgang), wohingegen die relativ geringen Veränderungen der Blockgletscher in Lage, Form und Größe im wesentlichen die langperiodischen Schwankungen (GUODONG & DRAMIS 1992) widerspiegeln. Diese kleinen Änderungen können im allgemeinen nicht unmittelbar erkannt werden und sind daher Gegenstand von genauen Vermessungsarbeiten. HAEBERLI (1992, 1993) weist darauf hin, daß die bis jetzt andauernde globale Erwärmung die Permafrostmächtigkeit reduziert hat, und daß die Abschmelzvorgänge des im Permafrostkörper gebundenen Eises Muren und Erdrutsche auslösen und somit alpinen Siedlungsraum gefährden können. Ein weiterer, interessanter Aspekt ist darin zu sehen, daß Blockgletscher als Wasserspeicher anzusehen sind.

Der aktuelle Forschungsstand in der Blockgletschervermessung ist in KAUFMANN (1996) nachzulesen. KAUFMANN gibt weiters einen Überblick über die bisher in Österreich durchgeführten Vermessungsarbeiten an Blockgletschern. Erste Bewegungsmessungen in Österreich wurden bereits in den Jahren 1923-1924 getätigt. Der Blockgletscher im Äußeren Hochebenkar (Gurgler Tal, Ötztaler Alpen, Tirol) ist der in Österreich am zeitlich längsten 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. Als sinnvolle Ergänzung zu dem vorhin erwähnten Projekt der Universität Graz wurde aufbauend auf schon geleistete Vorarbeiten das Projekt "Blockgletscher-Monitoring" durch Mitarbeiter des Institutes für Angewandte Geodäsie der Technischen Universität Graz ausgearbeitet. Ein diesbezügliches Förderungsansuchen an den Kärntner Nationalparkfonds wurde im Mai 1995 positiv behandelt. Das Projekt endete im Dezember 1996. Die Lage und das physiogeographische Umfeld des Gebietes Dösener Tal wird in LIEB (1996) beschrieben. Der Dösener Blockgletscher selbst ist in einem Kar im Talschluß des Dösener Tales – zwischen Dösener See (2.269 m) und Mallnitzer Scharke (2.674 m) gelegen – eingebettet (vgl. Abb. 1). Seine Länge beträgt ca. 900 m, die Breite zwischen 150-250 m. Die Blockgletscherstirn endet auf einer Seehöhe von 2.340 m. Die Permafrostmächtigkeit wird von LIEB mit 30-40 m angegeben.

2 Kartographische Grundlagen – Studienkarten

Für geowissenschaftliche Detailstudien sind genaue und aktuelle Karten unerlässlich. Das Studiengebiet im inneren Dösener Tal wird von folgenden Kartenwerken bzw. Orthophotos überdeckt:

- Alpenvereinskarte "Hochalmspitze-Ankogel" 1:25.000, Bl. 44, Ausgabe 1979
- Neuauflage obiger Karte, Ausgabe 1995, jedoch mit Reliefschummerung
- Österreichische Karte 1:50.000, Bl. 181, Ausgabe 1986
- 4 Schwarzweiß-Orthophotos 1:10.000, Nr. 4521-100, 101, 102 und 103, Stand 1983 bzw. 1992, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) in Wien
- 4 Farbinfrarot-Orthophotos 1:10.000, Nr. 4521-100, 101, 102, 103, Stand 1983, Umweltbundesamt in Wien
- Farbinfrarot-Luftbildkarte des östlichen Tauernmassivs 1:40.000, Stand 1983, Institut für Geographie der Universität Klagenfurt

Das oben genannte Kartenmaterial war für die geplanten Studien am Dösener Blockgletscher sowohl für die Arbeiten im Projekt "Hochgebirgsspermafrost" als auch für das "Blockgletscher-Monitoring" nur bedingt verwendbar. Aus diesem Grund wurde am Institut für Angewandte Geodäsie eine geomorphometrische Studienkarte im Maßstab 1:5.000 durch photogrammetrische Auswertung von Luftbildern des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (vgl. Tab. 1) erstellt. Die technischen Details zur Herstellung sind in KAUFMANN (1996) und LADSTÄDTER (1996) dokumentiert. Von den in Tabelle 1 angeführten Luftbildern wurden hauptsächlich jene aus dem Jahr 1975 für die Herstellung dieser großmaßstäbigen Karte verwendet, wobei einzelne Ergänzungen mit dem Luftbildmaterial aus den Jahren 1954, 1969 und 1983 erfolgten. Für die noch zu besprechenden photogrammetrischen Bewegungsmessungen am Dösener Blockgletscher wurde ebenfalls auf das Bildmaterial von Tabelle 1 zurückgegriffen.

Aus der Höheninformation der geomorphometrischen Studienkarte wurde ein hochauflösendes Digitales Höhenmodell (vgl. nächster Abschnitt) interpoliert. Einige ausgewählte Luftbilder wurden mit einem Präzisions-Bildscanner digitalisiert und mittels komplexer Rechenoperationen (KAUFMANN 1984) geometrisch entzerrt. Unter Anwendung digitaler Bildverarbeitung und digitalkartographischer Methoden wurden aus dem vorliegenden Datensätzen (Orthophotos, Strichkarte 1:5.000, Digitales Höhenmodell) weitere, für das "Blockgletscher-Monitoring" benötigte Kartenwerke, wie zum Beispiel die Stereoorthophotokarte 1:30.000, die Luftbildkarte 1:10.000, die Reliefkarte 1:10.000 und die Karte "Dösener Blockgletscher" 1:5.000, konzipiert und drucktechnisch umgesetzt (vgl. Abb. 1-3). Die vorliegenden Kartenbeispiele sind nicht als Selbstzweck zu verstehen, sondern sind ein integraler Bestandteil des Blockgletscherprojektes. Bei der thematischen, visuellen Aufbereitung der Ergebnisse der Bewegungsmessungen wird dies besonders deutlich (vgl. Abb. 3). Produktionstechnische Hinweise zu den einzelnen Kartenbeispielen finden sich bei KAUFMANN (1996) und LADSTÄDTER 1996.

3 Digitales Höhenmodell

Das Digitale Höhenmodell (DHM) wird als technisch-mathematische Beschreibung der Geländeoberfläche für die Bearbeitung vieler geowissenschaftlicher Aufgabenstellungen benötigt, so auch in der Blockgletscherforschung.

Die Erstellung eines Digitalen Höhenmodells für das Studiengebiet und insbesondere für den Blockgletscher erscheint nicht nur naheliegend, sondern auch unumgänglich, da das Höhenmodell für die Erstellung von Orthophotos, Stereoorthophotos, Axonometrien und perspektivischen Ansichten (vgl. Abb. 1-3), sowie zur Berechnung von Reliefeigenschaften, wie beispielsweise die morphometrischen Parameter Hangneigung und -exposition, benötigt wird. Es ist geplant, das Digitale Höhenmodell in Modellrechnungen, wie zum Beispiel für die Berechnung der direkten solaren Einstrahlung und in der Erfassung des Massenhaushaltes, zu verwenden. Volumsveränderungen des Dösener Blockgletschers – Volumsabnahme durch Abschmelzen des im Schuttkörper gebundenen Eises bzw. Volumszunahme durch Eiszugewinne oder markante Schutzzufuhr – können durch Differenzbildung von Höhenmodellen verschiedener Epochen aufgezeigt und numerisch belegt werden.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt liegen vom Bereich des Dösener Blockgletschers drei hochauflösende Höhenmodelle zu den Epochen 1954, 1975 und 1993 vor. Die Auswertung gestaltet sich aber äußerst schwierig, da unter anderem Schneeflächen, Flächen im Schattenbereich sowie Flächen im photogrammetrisch sichttoten Raum von der Berechnung ausgeklammert werden müssen. Unsicherheiten in der photogrammetrischen Auswertung müssen ebenfalls höhenzonal berücksichtigt werden.

Mit den erstellten Höhenmodellen kann jedoch im Zusammenwirken mit den Ergebnissen aus den Bewegungsmessungen (nächster Abschnitt) eine erste Aussage über den Massenhaushalt abgeleitet werden.

Jahr	Datum	Anzahl	Maßstab	Kammerkonstante (mm)	Filmtyp
1954	24.9.	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
			1 : 30.500 - 1 : 35.200	213,790	Farbinfrarotfilm
1993	15.8.	5	1 : 8.700 - 1 : 13.500	214,760	Farbinfrarotfilm

Tab. 1: Verwendetes Luftbildmaterial (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien)

4 Bewegungsmessungen am Dösener Blockgletscher

Der Arbeitsschwerpunkt des Projektes "Blockgletscher-Monitoring" umfaßte die Ermittlung von aktuellen Bewegungsvektoren des Dösener Blockgletschers und damit verbunden die Installation eines geodätischen Überwachungsnetzes für das geplante Langzeit-Beobachtungsprogramm sowie die Rekonstruktion des Fließverhaltens aus historischen Luftbildern, sofern dies technisch möglich war. Bei der Lösung dieser komplexen Aufgabenstellung wurde ein breites Spektrum von vermessungstechnischen Methoden – Standardmethoden der klassischen Geodäsie und der konventionellen Photogrammetrie, aber auch moderne Satellitenortungsverfahren und digitalphotogrammetrische Methoden – eingesetzt. Die nachfolgenden Unterabschnitte sind nach den Vermessungsmethoden geordnet.

4.1 Geodätischer Ansatz

4.1.1 Kombinierte Richtungs- und Streckenmessung

Um die raum-zeitliche Änderung des Blockgletschers mit höchster Genauigkeit erfassen zu können, wurde ein geodätisches Überwachungsnetz eingerichtet. Die Auswahl und Vermarktung des dreidimensionalen Netzes (Stütz- und Kontrollpunkte) sowie die erste geodätische Netzbeobachtung (Null-Messung) erfolgten in zwei Feldarbeitsperioden (26.-28.7.1995, 13.-21.8.1995). Die Wiederholungsmessung wurde in einer dritten Feldarbeitsperiode (5.-14.8.1996) ausgeführt. Das Überwachungsnetz wurde als kombiniertes Richtungs- und Streckennetz gemessen; die Kontrollpunkte, aber auch zusätzliche Profilpunkte wurden von den Stützpunkten aus polar eingemessen. Als Arbeitsteam standen zahlreiche Mitarbeiter und Studenten des Institutes für Angewandte Geodäsie im Einsatz. Die geodätischen Arbeiten koordinierte G. KIENAST, Abteilung für Positionierung und Navigation, wobei die praktischen Arbeiten im Zuge von Seminar- und Diplomarbeiten (HEILAND & TILG 1996, 1997) durchgeführt wurden. In den letztgenannten Arbeiten sind die zahlreichen Arbeitsschritte sehr ausführlich dokumentiert, sodaß an dieser Stelle nur die wesentlichsten Punkte wiedergegeben werden.

Das geodätische Netz umfaßt sieben Stützpunkte (vgl. Luftbildkarte 1:10.000, Abb. 1):

- Die 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 so ausgewählt, daß zwischen möglichst allen Punkten Sichtverbindung besteht und von jedem Punkt mindestens ein Triangulierungspunkt der amtlichen Vermessung 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, blockschutfreien Felsbereichen auszuwählen waren. Da dieses geodätische Netz eine wichtige Grundlage für das Langzeit-Beobachtungsprogramm am Dösener Blockgletscher darstellt, wurden nicht nur die Stützpunkte, sondern auch weitere 34, am Blockgletscher gut verteilte Punkte (vgl. Abb. 3) dauerhaft vermarktet. Die spezielle Art der Vermarktung mittels Messingbolzen ist in HEILAND & TILG (1996) beschrieben.

Zusätzlich zu den 34 vermarkteten Kontrollpunkten wurden auch Profilpunkte (vgl. vorhin erwähnte Karte), welche im Zuge der geophysikalischen Untersuchungen (vgl. SCHMÖLLER & FRUHWIRTH 1996) mit einem roten Farbpunkt markiert worden waren, in das Beobachtungsprogramm aufgenommen. Die Profilpunkte wurden zusätzlich durch mit Hammer und Meißel in den Fels geschlagene Löcher permanent stabilisiert.

Die Veränderung des Blockgletschers war durch den Vergleich des statischen Punktfeldes (Stütznetz) mit dem dynamischen Punktfeld (Kontroll- und Profilpunkte auf dem Blockgletscher) für das vorgegebene Zeitintervall festzustellen. Durch Ausgleichsrechnung wurden die Lage- und Höhenetze zu den Epochen 1995 und 1996 berechnet. Statistische Tests bestätigen, daß sich die Stützpunkte von 1995 bis 1996 in der Lage und in der Höhe nicht verschoben haben. Das Stütznetz kann nun für die weiteren Berechnungen als stabil angenommen werden. Der mittlere Punktlagefehler der Stützpunkte beträgt in der Lage $\pm 7,2$ mm und in der Höhe $\pm 4,9$ mm. Ausgehend vom Stütznetz wurden epochenweise die Koordinaten der Kontroll- und Profilpunkte berechnet. Für die 34 Kontrollpunkte ergab sich ein mittlerer Punktlagefehler von ± 15 mm in der Lage und ± 8 mm in der Höhe. Die Genauigkeit der 72 Profilpunkte ist im Vergleich zu den vermarkteten Blockgletscherpunkten zufolge eines vereinfachten Einmeßverfahrens etwas geringer anzusetzen. Die Bewegungs-/Verschiebungsvektoren der 106 diskreten Punkte der Blockgletscheroberfläche lassen sich durch Differenzbildung der beiden Epochenwerte leicht berechnen. Da das Zeitintervall zwischen den beiden Epochen 355 Tage beträgt, wurden die Verschiebungsbeträge für Vergleichszwecke auf den Zeitraum von einem Jahr

(365 Tage) durch lineare Extrapolation hochgerechnet. Eine graphische Darstellung der Fließbewegung in Form eines Vektorfeldes ist getrennt für die beiden Punktgruppen in Abbildung 3 zu finden.

4.1.2 GPS-Messungen

Im Rahmen der 3. Feldarbeitsperiode wurde auch die Einsatzmöglichkeit des satellitengestützten Global Positioning Systems (GPS) für die Aufgaben des "Blockgletscher-Monitorings" untersucht. URBANZ & ZÖLSS (1997) bestimmten mit GPS die Koordinaten der Stützpunkte im übergeordneten Landeskoordinatensystem. Dabei wurde gleichzeitig das umliegende, amtliche Festpunktfeld überprüft. Die Auswertung der GPS-Messungen lieferte für alle Stützpunkte einen mittleren räumlichen Punktlagefehler von ± 5 mm. Beim Übergang in das Landessystem ergaben sich mittlere Fehler der Stützpunkte von etwa 20 mm, wobei lediglich auf zwei südseitigen Punkten die Höhen um ca. 3 cm im Vergleich zu den mit der konventionellen Methode berechneten Höhen differierten.

In einer weiteren Diplomarbeit (PATKA 1997) wurden die 34 Kontrollpunkte am Blockgletscher auch mittels GPS eingemessen. Hauptziel dieser Arbeit war der Vergleich der GPS-Messungen mit der konventionellen geodätischen Methode (vgl. Abschnitt 4.1.1). Es sollte untersucht werden, ob sich GPS auch zur Messung von Detailpunkten am Blockgletscher eignet. Alle Punkte wurden einerseits nach der pseudostatischen Methode ("Reokkupationsmethode") und andererseits nach der statischen Schnellmessungsmethode ("Rapid static") eingemessen. Hauptproblem bei diesem Meßversuch war die große Abschattung der Satellitensignale durch die umgebende Bergkulisse. Dies führte bei den kurzen Beobachtungszeiten teilweise zu Schwierigkeiten bei der Auswertung. Ein weiteres Problem stellte der Transport der Meßausrüstung wegen der äußerst schlechten Begehrbarkeit des Blockgletschers dar, was durch die Verwendung eines speziellen Meßbrucksackes gemindert wurde. Eine zusätzliche Schwierigkeit bestand in der Aufstellung der GPS-Antenne auf den Meßpunkten, die sich meist auf großen Felsblöcken befinden. Deshalb wurde ein Adapter zur leichteren Befestigung der Antenne im Messingbolzen des Meßpunktes gebaut. Bei der Auswertung konnte eine ausreichende Genauigkeit zum Nachweis der Blockgletscherbewegung erzielt werden. Allerdings konnten einige Punkte zufolge großer Abschattungen nicht berechnet werden, weshalb im allgemeinen nicht damit zu rechnen ist, daß alle 34 Punkte mit GPS bestimmt werden können. Der Vergleich mit der terrestrischen Einmessung lieferte eine gute Übereinstimmung in der Lage. In der Höhe traten wie bei der Bestimmung des Stütznetzes im Mittel 3-4 cm große Differenzen auf. Zeitlich gesehen bringt die Messung der Detailpunkte am Blockglet-

scher mittels GPS nur bei langen Schlechtwetterperioden Vorteile, bei Schönwetter ist man jedoch um ein Vielfaches langsamer als mit der konventionellen Methode. Generell sollte man daher GPS nur zur Messung der Stützpunkte heranziehen und nicht zur Messung einer Vielzahl von Punkten am Blockgletscher.

4.2 Photogrammetrischer Ansatz

Ein besonders leistungsfähiges Verfahren zur berührungslosen Ermittlung von Parametern von entfernten Objekten stellt die Photogrammetrie (Bildmessung) dar. Eine große Erfahrung auf dem Gebiet der photogrammetrischen Analyse von Gletschern und Blockgletschern weisen die Schweizer auf (KÄÄB 1996). Unabhängig vom vorhin besprochenen geodätischen Ansatz wurde im Rahmen des "Blockgletscher-Monitorings" ein photogrammetrischer Ansatz, der einerseits auf der Luftbildphotogrammetrie und andererseits auf der terrestrischen Photogrammetrie fußt, verfolgt. Mit Hilfe der Photogrammetrie können nicht nur die aktuellen Zahlenwerte für das Fließverhalten und die Volumsveränderung bestimmt werden, sondern es können auch zeitlich zurückreichende, historische Zahlenwerte aus alten Luftaufnahmen oder terrestrischen Meßaufnahmen im "nachhinein" abgeleitet werden.

4.2.1 Luftbildauswertung

Der beschränkte finanzielle Rahmen des Projektes ließ keine spezielle Luftbildbefliegung des Dösener Blockgletschers zu. Auf aktuelle Luftbilder im großen Bildmaßstab mußte daher verzichtet werden. Statt dessen wurde auf das umfangreiche Bildarchiv des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, Wien, zurückgegriffen. Das jüngste Bildmaterial, das den Dösener Blockgletscher überdeckt, stammt aus dem Jahre 1993, das älteste aus 1954. Weitere Luftbilder wurden in den Jahren 1969, 1975 und 1983 (vgl. Tab. 1) aufgenommen.

Aufgrund des Bildmaßstabes eignen sich die Bilder aus 1954, 1975 und 1993 besonders gut für eine photogrammetrische Auswertung. Dennoch wurden auch die Luftbilder aus 1969 und 1983 für Vergleichszwecke ausgewertet. Alle photogrammetrischen Arbeiten erfolgten am analytischen Stereoauswertegerät DSR-1 von Kern mit der Software CRISP. Um repräsentative Aussagen über das raumzeitliche Verhalten des Dösener Blockgletschers treffen zu können, wurde jenes Stereomodell aus dem Messungsflug 1993, welches den Dösener Blockgletscher vollständig überdeckt, als Bezugsmodell für alle anderen photogrammetrischen Auswertungen herangezogen. Die absolute Lagerung des Raummodells in Lage und Höhe ist mit einer Genauigkeit von ± 5 cm im Koordinatensystem der Landesaufnahme definiert. Die übrigen Stereomo-

delle der anderen Epochen wurden über idente Einpaßpunkte in das Koordinatensystem des Bezugsmodells 1993 transformiert. Die insgesamt 77 vorhandenen Einpaßpunkte spielen nun in der Photogrammetrie dieselbe Rolle wie die Stützpunkte im geodätischen Netz. Empirische Genauigkeitsanalysen bestätigen, daß zwischen den einzelnen, so orientierten Stereomodellen keine signifikante Verschiebung in Lage und Höhe besteht.

In weiterer Folge wurden im Stereomodell 1993 insgesamt 581 Detailpunkte (KAUFMANN 1998, Karte "Geomorphometric monitoring of Dösen rock glacier" 1:5.000) durch Dreifachmessung koordinativ bestimmt. Diese Punkte sind in vergrößerten Luftbildausschnitten (Maßstab ca. 1:600) lagerichtig eingezeichnet und zusätzliche Skizzen weisen auf die genaue Punktlage (z.B. Ecke eines Felsblockes) hin.

Um die Fließbewegung des Dösener Blockgletschers von einer Epoche zur anderen in Form von räumlichen Verschiebungsvektoren angeben zu können, mußten in oft mühsamer Meßarbeit am photogrammetrischen Auswertegerät die fast 600 Detailpunkte in allen vorgegebenen Stereomodellen gesucht und – falls gefunden – auch gemessen werden. Auch hier erfolgte eine Dreifachmessung jedes Punktes. Zuzufolge von verminderter Bildqualität (1975), zu kleiner Detailauflösung bei kleinen Bildmaßstäben (1969 und 1983), Neuschnee (1954) und variablen Altschneeflächen zu allen Epochen konnte nur eine beschränkte Anzahl der Detailpunkte identifiziert und gemessen werden.

Da der in FOLTRON (1979), HAEBERLI & SCHMID (1988) bzw. KÄÄB (1996) erprobte direkte Bildvergleich (Messung von Bewegungsparallaxen) wegen der zu großen Unterschiede im Maßstab sowie in der Bildgeometrie und im Grauwerteumfang nicht möglich war, mußten – wie oben beschrieben – idente Punkte in unabhängigen Stereomodellen gemessen werden. Dies liefert fehlertheoretisch geringere Genauigkeiten und verursacht auch eine nicht unbeträchtliche Anzahl von groben Identifizierfehlern.

An dieser Stelle muß jedoch angemerkt werden, daß durch die neuen Methoden der Digitalphotogrammetrie oben beschriebener Arbeitsprozeß wesentlich beschleunigt und objektiviert werden kann. Ein diesbezüglicher Vorschlag zur Einbindung der digitalen Photogrammetrie in die Blockgletschervermessung wurde von KAUFMANN (1996) gemacht. Wesentliche Teile davon wurden bereits durch BENZINGER (1996) und PUCHER (1997) in Prototypen realisiert.

Das Auffinden der Detailpunkte in den einzelnen Stereomodellen wurde derzeit dahingehend beschleunigt, daß über eine beschränkte Anzahl von schon gemessenen Punkten die übrigen Punktlage

gen sehr gut präzisiert werden können. Durch einfache Koordinatendifferenzbildung konnten die räumlichen Verschiebungsvektoren der Detailpunkte zu den jeweils frei wählbaren Zeitintervallen wie beispielsweise 1954-1993 leicht berechnet werden. Für die Angabe der mittleren jährlichen Fließgeschwindigkeit mußten die errechneten Bewegungsbeträge durch die Anzahl der verstrichenen Jahre dividiert werden. Für die Analyse der Fließbewegung des Blockgletschers wurden unter anderem auch die Neigung und die Horizontalrichtung für jeden Verschiebungsvektor berechnet. Alle relevanten Parameter wurden punktweise in Tabellenform – zeitintervallweise getrennt – für weitere Bearbeitungsschritte aufbereitet.

4.2.2 *Terrestrische Photogrammetrie*

Da das Institut für Angewandte Geodäsie über eigene terrestrisch-photogrammetrische Aufnahmesysteme verfügt, war es naheliegend, auch die terrestrische Photogrammetrie in das Projekt "Blockgletscher-Monitoring" einzubinden. Die spezielle topographische Situation rund um den Dösener Blockgletscher (vgl. Abb. 1 und 2) erlaubt es, die für eine Auswertung notwendigen Schrägaufnahmen von überhöhten Standpunkten (Kammverlaufslinie zwischen Dullatem Nock und Dösener Spitz, Geländeschulter nördlich des Blockgletschers) auszumachen. Die terrestrische Photogrammetrie hat den Vorteil, daß das Aufnahmesystem (Meßkammer mit Wechselobjektiven), die Aufnahmedisposition und der Aufnahmezeitpunkt nach Optimalitätskriterien gewählt werden können. Da im Fall der terrestrischen Photogrammetrie – im Gegensatz zur Luftbildaufnahme – keine Senkrechtaufnahmen belichtet werden können, ist die Auswertung erschwert (vgl. dazu Abschnitt "Terrestrisch-photogrammetrische Studien am Äußeren Hochebenkar Blockgletscher" bei KAUFMANN 1996).

Am 26.7.1994 erfolgte 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 Blockgletschers, sondern auch von kleinräumigen Bereichen (Blockgletscherstirn) mit einer Hasselblad 500 EL/M und einer Nichtmeßkamera Minolta XG1 (Kleinbildformat) gewonnen. Die Wiederholungsaufnahmen fanden am 26. und 27. Juli 1995 statt. KOSTKA und BENZINGER erweiterten das terrestrisch-photogrammetrische Meßprogramm um weitere Standlinien im Norden des Blockgletschers. Zu Dokumentationszwecken wur-

de der Blockgletscher auch von einer N-S verlaufenden Standlinie aus, welche am westlichen Ende des Dösener Sees angelegt wurde, aufgenommen.

In einer Pilotstudie (BENZINGER 1996) wurden die Aufnahmen aus den beiden Jahren 1994 und 1995 digitalphotogrammetrisch ausgewertet. Die Erkenntnisse aus dieser Studie wurden bei der neuerlichen terrestrisch-photogrammetrischen Bestandsaufnahme im Sommer 1996 (3. Feldarbeitsperiode) berücksichtigt. Diese Arbeiten wurden von WOSCHITZ (1997) durchgeführt, wobei erstmals weiße, kugelförmige Signale (14 cm Durchmesser) als Paßpunkte eingesetzt wurden. Diese Signalkugeln, welche mit einer eigens dafür konstruierten Vorrichtung zentrisch über 13 ausgewählten Kontrollpunkten des Blockgletschers montiert wurden, erlauben zum einen die absolute Orientierung der Stereomodelle von 1996 in Lage und Höhe und zum anderen die genaue Verknüpfung mit anderen Meßaufnahmen, welche in geplanten Langzeit-Beobachtungsprogrammen am Dösener Blockgletscher noch gemacht werden sollen. Das Konzept der terrestrisch-photogrammetrischen Langzeitbeobachtung (inkl. Aufnahmedisposition und Auswerteverfahren), sowie Auswertergebnisse der Aufnahmen von 1994-1996 werden in WOSCHITZ (1997) mitgeteilt.

Alle Bilder werden im Bildarchiv "Terrestrisch-photogrammetrische Meßbilder des inneren Dösener Tales" des Institutes für Angewandte Geodäsie verwahrt. Für den Sommer 1996 waren Luftaufnahmen mit der Mittelformatkamera Rolleiflex 6006 Metric von einem einmotorigen Sportflugzeug aus geplant. Diese Befliegung des Dösener Blockgletschers mußte jedoch – obwohl alle hierfür notwendigen Bewilligungen erteilt waren – wegen der anhaltend schlechten Wetterlage abgesagt werden.

5 Analyse der Meßergebnisse

Erste vorläufige Interpretationen zur Kinematik des Dösener Blockgletschers werden bereits in KAUFMANN (1996, 1998) mitgeteilt. Mit Abschluß des Projektes "Blockgletscher-Monitoring" ergibt sich nun ein wesentlich verfeinertes Bild über die Lage, Form und Größe des Dösener Blockgletschers in Funktion von Raum und Zeit. Die Komplexität des vorliegenden Datenmaterials verlangt zunächst eine Trennung in eine Lage- und Höhenaussage. (Anmerkung: Aufgrund der gleichmäßigen Verteilung und großen Dichte der photogrammetrisch bestimmten Verschiebungsvektoren konnte ein regelmäßiger Ausgaberraster (vgl. Abb. 3, 4) interpoliert werden.)

5.1 Horizontalbewegung

Die beiden Abbildungen 3 und 4 zeigen in zwei verschiedenen kartographischen Darstellungen die

mittlere jährliche Oberflächengeschwindigkeit des Dösener Blockgletschers für die Beobachtungszeiträume 1954-1975 und 1975-1993. Zur besseren Vergleichbarkeit beziehen sich die Bewegungsangaben auf ein Jahr. Demzufolge hat sich die Blockgletscherstirn im betrachteten Beobachtungszeitraum von 39 Jahren um ca. 7 m talabwärts bewegt. Aus dem Farbverlauf und der Isoliniendarstellung der Abbildung 4 lassen sich drei markante Bereiche auf dem Blockgletscher ausweisen, nämlich:

- Bereich A – Blockgletschermitte (2.440-2.460 m): An dieser Stelle ist der zentrale Eiskern des Permafrostkörpers zu vermuten. Die maximale räumliche Gesamtfließbewegung beträgt hier 9,5 m. Die Bewegungsbeträge nehmen radial nach außen hin ab. Die größte Horizontalbewegung eines Felsblockes auf dem Dösener Blockgletscher von 1954-1993 wird an dieser Stelle mit ca. 9,2 m erreicht.
- Bereich B – orographisch rechter Blockgletscher- rand (2.450-2.610 m): Diese Zone zeichnet sich durch geringe (1-6 cm/Jahr) bis sehr geringe bzw. statistisch nicht mehr nachweisbare Bewegungsgrößen aus. Auffallend ist, daß dieser Bereich verminderter Bewegung abrupt bei einer Geländehöhe von 2.450 m endet.
- Bereich C – orographisch linke Blockgletscher- region (2.520-2.550 m): In diesem Steilraum entspricht die Gesamtbewegung ungefähr der des Bereiches A. Jedoch aufgrund der größeren Geländeneigung ist die Horizontalkomponente geringer.

Aus dem Vergleich der mittleren jährlichen Horizontalgeschwindigkeit der Zeiträume 1954-1975 und 1975-1993 (vgl. Abb. 4) ist zu erkennen, daß sich die Fließgeschwindigkeit in den vergangenen zwei Jahrzehnten signifikant verringert hat. Im Bereich A des Dösener Blockgletschers beträgt die Verlangsamung der Bewegung etwa 40%. Die Fließgeschwindigkeit im Zeitraum 1954-1969 war etwas größer als im Zeitraum 1969-1975. Der Vergleich 1975-1983 mit 1983-1993 läßt vermuten, daß sich die Horizontalgeschwindigkeiten nicht wesentlich verändert haben, zumal die Aussage des Zeitraumes 1983-1993 mit einem großen Unsicherheitsfaktor behaftet ist.

Die jüngsten und genauesten Daten über das Fließverhalten des Dösener Blockgletschers beziehen sich auf die Auswertung des geodätischen Überwachungsnetzes des Zeitraumes 1995-1996 (vgl. Abb. 3). Numerische Angaben für Vergleichszwecke werden in HEILAND & TILG (1997) ausgewiesen. Die Horizontalverschiebungen der 34 Kontrollpunkte liegen im Bereich von 1,5-28,6 cm. Die Punkte 24, 25, 26, 27, 28, 29 und 30, welche im Bereich B liegen, weisen die geringsten Bewegungsbeträge auf.

Die Punkte 15 und 16 sind erwartungsgemäß die schnellsten, denn sie liegen im Bereich A. Wenn man die absoluten Bewegungsbeträge betrachtet, so kann festgestellt werden, daß die derzeitige Situation ungefähr jener des Zeitraumes 1954-1975 entspricht.

5.2 Höhenänderung

Wesentlich komplizierter stellt sich die Analyse der Höhenänderungen dar. Dies liegt darin begründet, daß die photogrammetrischen Höhenmeßergebnisse oft nicht den gewünschten Genauigkeitsgrad aufweisen und daß die Höhenänderungen vom Betrag her klein sind, was wiederum große Relativfehler bedingen kann. Die Höhenänderung eines Punktes auf dem Blockgletscher setzt sich modellhaft aus zwei Komponenten zusammen, nämlich aus einer sogenannten "Fließkomponente" und einer "Einsink- oder Hebungskomponente" (vgl. BARSCH 1996 und ZICK 1996). Die Einsink- oder Hebungskomponente ist in jedem Punkt dann Null, wenn sich – abgesehen von Ausdehnungs- und Stauchungseffekten – der Eisgehalt im Permafrostkörper nicht geändert hat.

Mit anderen Worten bedeutet dies, daß bei einem eventuellen Abschmelzen von Eis aus dem Blockgletscher seine Oberfläche einsinken muß, was wiederum die Neigung des Verschiebungsvektors gegenüber der Horizontalen erhöht. Ist die ermittelte Neigung des Verschiebungsvektors wesentlich größer als das mittlere Gefälle im Umgebungsbereich des betrachteten Punktes, so ist dies ein Indiz für eine Volumsveränderung im lokalen Bereich. Eine für den ganzen Blockgletscher gültige Aussage über Zu- oder Abnahme des Volumens kann nur durch den Vergleich von epochenbezogenen Geländemodellen (vgl. Abschnitt 3) erfolgen.

Die Auswertung der geodätischen Messungen liefert für alle 106 Blockgletscherpunkte negative Vertikalverschiebungen. Der aus Horizontal- und Vertikalverschiebung berechnete Neigungswinkel ist in den meisten Fällen wesentlich größer als der Neigungswinkel des Geländes im betreffenden Punkt. Dies läßt auf ein Einsinken der Blockgletscheroberfläche im Mittel von etwa -5 cm/Jahr schließen. Das untere Längsprofil läßt aufgrund des starken Gefällewechsels keine signifikanten Aussagen zu.

Die Neigung der Blockgletscheroberfläche ist unter anderem für das obere Längsprofil stets geringer als die Neigung der Verschiebungsvektoren für die Zeiträume 1954-1975 bzw. 1975-1993. Dies ist ein Hinweis dafür, daß der Dösener Blockgletscher nicht nur jetzt, sondern auch schon in der Vergangenheit Eis aus seinem Inneren – zumindest im lokalen Bereich – verloren hat.

6 Ausblick

Wie in den Ausführungen bereits mehrmals erwähnt wurde, ist die Auswertung der Meßdaten noch nicht abgeschlossen. Einen Arbeitsschwerpunkt wird die Bestimmung der Volumsänderung aus dem Vergleich von photogrammetrisch erstellten digitalen Höhenmodellen bilden. Von weiterem Interesse ist die Verfeinerung der Analyse der geodätischen und photogrammetrischen Meßergebnisse im Hinblick auf eine umfassende Deformationsanalyse des Dösener Blockgletschers (RISER 1997). Ein wesentlicher Beitrag hierzu ist die Strainanalyse, mit der es möglich ist, die Verformung eines Blockgletschers nach geometrischen Gesichtspunkten zu beschreiben.

Es ist weiters geplant, sowohl die geodätischen als auch die terrestrisch-photogrammetrischen Arbeiten zu wiederholen. Um die jahreszeitlichen Schwankungen in der Fließbewegung zu erfassen, ist an eine geodätische Zeitreihen-Messung (drei bis fünf Meßepochen innerhalb eines Jahres) gedacht. Längerfristige Arbeiten hängen im starken Maße von der Finanzierungsmöglichkeit ab.

Letztendlich sollen die erzielten Meßergebnisse in Klima- bzw. blockgletscher-mechanische Modelle einfließen. Durch die angestrebte Automatisierung des Auswerteprozesses sollen die Voraussetzungen geschaffen werden, auch andere österreichische Blockgletscher in ein größeres Beobachtungsnetz – wie es für Gletscher schon gegeben ist – einzubinden.

7 Danksagung

Die Durchführung der in diesem Aufsatz geschilderten Aktivitäten erfolgte mit finanzieller Unterstützung des Kärntner Nationalparkfonds, wofür an dieser Stelle herzlichst gedankt sei. Die Erstellung der geomorphometrischen Studienkarte und die Herausgabe der Studienkarten wurde durch den Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt P09565-GEO) ermöglicht.

8 Literaturverzeichnis

- BARSCH D. (1983), Blockgletscher-Studien – 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), S. 133-150.
- BARSCH D. (1996), Rockglaciers – Indicators for the Present and Former Geocology in High Mountain Environments. Berlin, Springer-Verlag. 331 S.

- BENZINGER R. (1996), Digitale Bildtriangulation: Entwurf, Implementierung und Ergebnisse eines geeigneten Systems. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Diplomarb. 103 S.
- FOLTRON F. (1979), Verschiebungsmessungen aus Luftbildern. In: Mitt. d. Versuchsanst. f. Wasserbau, Hydrologie u. Glaziologie, ETH Zürich, 41, S. 39-44.
- GUODONG C., DRAMIS F. (1992), Distribution of mountain permafrost and climate. In: Permafrost and Periglacial Processes, 3, S. 83-91.
- HAEBERLI W. (1992), Construction, environmental problems and natural hazards in periglacial mountain belts. In: Permafrost and Periglacial Processes, 3, S. 111-124.
- HAEBERLI W. (1993), Research on permafrost and periglacial processes in mountain areas – status and perspectives. In: Proc. of the 6th Int. Conf. on Permafrost, 2, S. 1014-1018.
- HAEBERLI W., SCHMID W. (1988), Aerophotogrammetric monitoring of rock glaciers. In: Proc. of the 5th Int. Conf. on Permafrost, 1, S. 764-769.
- HEILAND R., TILG HP. (1996), Erkundung, Vermarkung und Ersteinmessung des Kontrollnetzes am Dösener Blockgletscher. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Seminararb. 126 S.
- HEILAND R., TILG HP. (1997), Blockgletscher-Monitoring – Neubestimmung des Kontrollnetzes am Dösener Blockgletscher und erste Bewegungsanalyse. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Diplomarb. 188 S.
- KÄÄB A. (1996), Photogrammetrische Analyse von Gletschern und Permafrost. In: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 94, 12, S. 639-644.
- KAUFMANN V. (1984), Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur geometrischen Auswertung von digitalen multispektralen Zeilenabstufungen und A/D-gewandelten Luftbildern. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Diplomarb. 210 S.
- KAUFMANN V. (1996), Der Dösener Blockgletscher – Studienkarten und Bewegungsmessungen. In: LEITNER W. (Hrsg.), Beiträge zur Permafrostforschung in Österreich (= Arbeiten aus d. Inst. f. Geogr. d. Karl-Franzens-Univ. Graz, 33), S. 141-162.
- KAUFMANN V. (1998), Geomorphometric Monitoring of Active Rock Glaciers in the Austrian Alps. In: Proc. of the 4th Int. Symp. on High-Mountain Remote Sensing Cartography, August 19-29, 1996, Karlstad, Schweden, S. 97-113.
- LADSTÄDTER R. (1996), Geomorphometrische Studienkarte "Inneres Dösener Tal" 1:5.000. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Seminararb. 26 S.
- LIEB G.K. (1996), Permafrost und Blockgletscher in den östlichen österreichischen Alpen. In: LEITNER W. (Hrsg.), Beiträge zur Permafrostforschung in Österreich (= Arbeiten aus d. Inst. f. Geogr. d. Karl-Franzens-Univ. Graz, 33), S. 9-125.
- PATKA G. (1997), Blockgletscher-Monitoring – Einmessung der Kontrollpunkte mittels GPS und Vergleich mit der konventionellen Methode. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Diplomarb. 119 S.
- PUCHER F. (1997), Genaue Koordinatenmessung von homologen Bildpunkten durch Grauwertkorrelation nach der Kleinsten-Quadrate-Methode. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Seminararb. 41 S.
- RISER R. (1997), Bewegungs- und Deformationsanalyse des Dösener Blockgletschers. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Seminararb. 180 S.
- SCHMÖLLER R., FRUHWIRTH R. (1996), Komplexgeophysikalische Untersuchungen auf dem Dösener Blockgletscher (Hohe Tauern, Österreich). In: LEITNER W. (Hrsg.), Beiträge zur Permafrostforschung in Österreich (= Arbeiten aus d. Inst. f. Geogr. d. Karl-Franzens-Univ. Graz, 33), S. 165-190.
- URBANZ R., ZÖLSS R. (1997), Blockgletscher-Monitoring – Überprüfung des Festpunktfeldes im Gebiet des Dösener Sees und Bestimmung der Stützpunkte mittels GPS. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Diplomarb. 148 S.
- WOSCHITZ H. (1997), Zur Erfassung der Fließgeschwindigkeit von Blockgletschern mittels terrestrischer Photogrammetrie. Graz, Techn. Univ., Inst. f. Angewandte Geodäsie, Unpubl. Diplomarb. 139 S.
- ZICK W. (1996), Bewegungsmessungen 1965-1994 am Blockgletscher Macun I (Unterengadin/Schweiz) – neue Ergebnisse. In: Zeitschrift f. Geomorphologie, Suppl.-Bd. 104, S. 59-71.

9 Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Ausschnitt aus der Luftbildkarte 1:10.000 "Inneres Dösener Tal" (verkleinerte Wiedergabe, vgl. Maßstabsleiste)

Abb. 2: Stereoorthophotokarte 1:30.000 "Inneres Dösener Tal" (verkleinert)

Abb. 3: Mittlere jährliche horizontale Fließgeschwindigkeit des Dösener Blockgletschers

für die Zeitintervalle 1954-1975, 1975-1993 und 1995-1996, dargestellt mittels Vektorfeld (verkleinert)

Abb. 4: Mittlere jährliche horizontale Fließgeschwindigkeit des Dösener Blockgletschers für die Zeitintervalle 1954-1975 und 1975-1993, dargestellt mittels Isotachen (verkleinert)

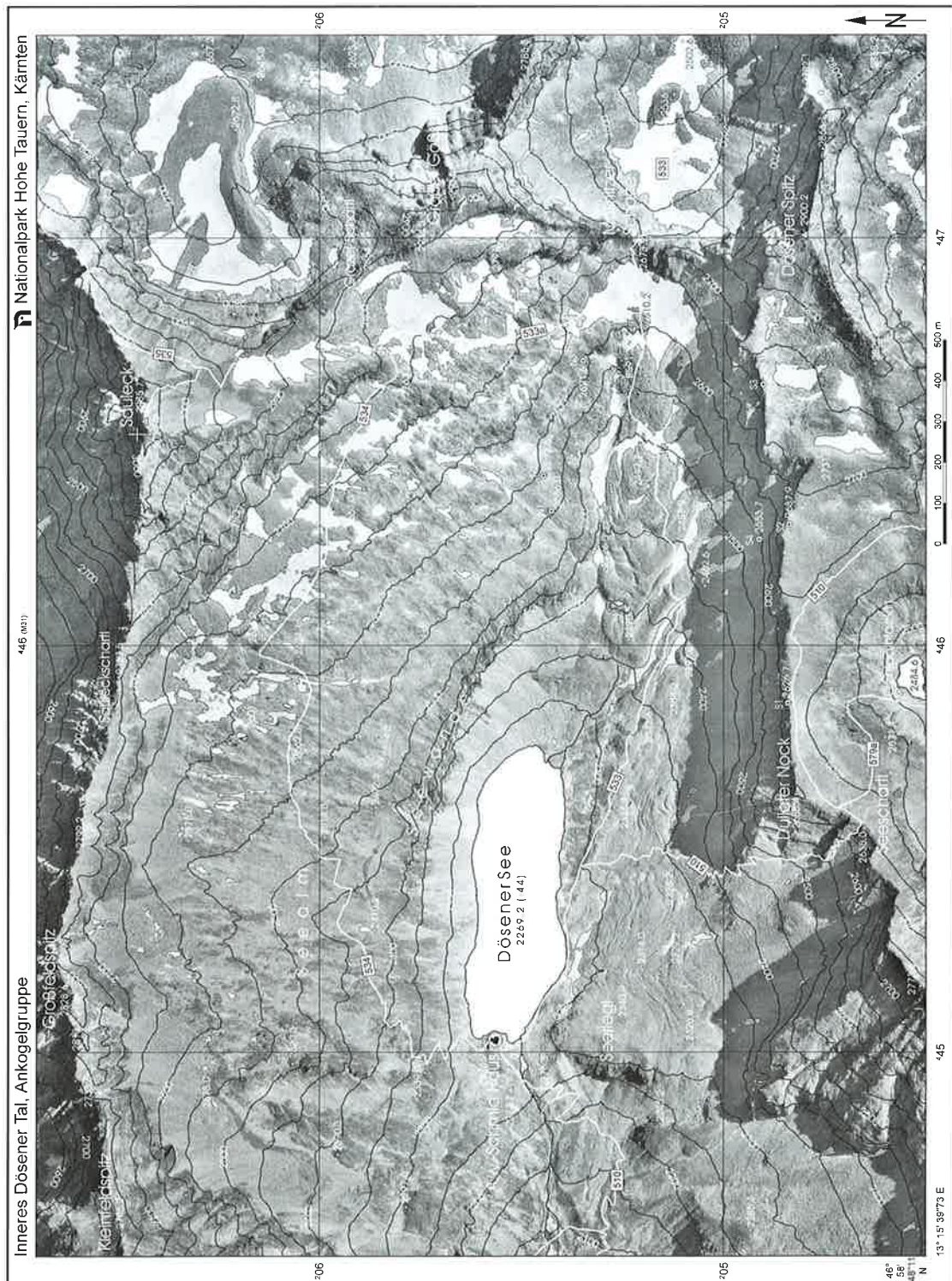


Abb. 1: Ausschnitt aus der Luftbildkarte 1:10.000 "Inneres Dösener Tal" (verkleinerte Wiedergabe, vgl. Maßstabsleiste)

Stereoorthophotokarte 1 : 30 000

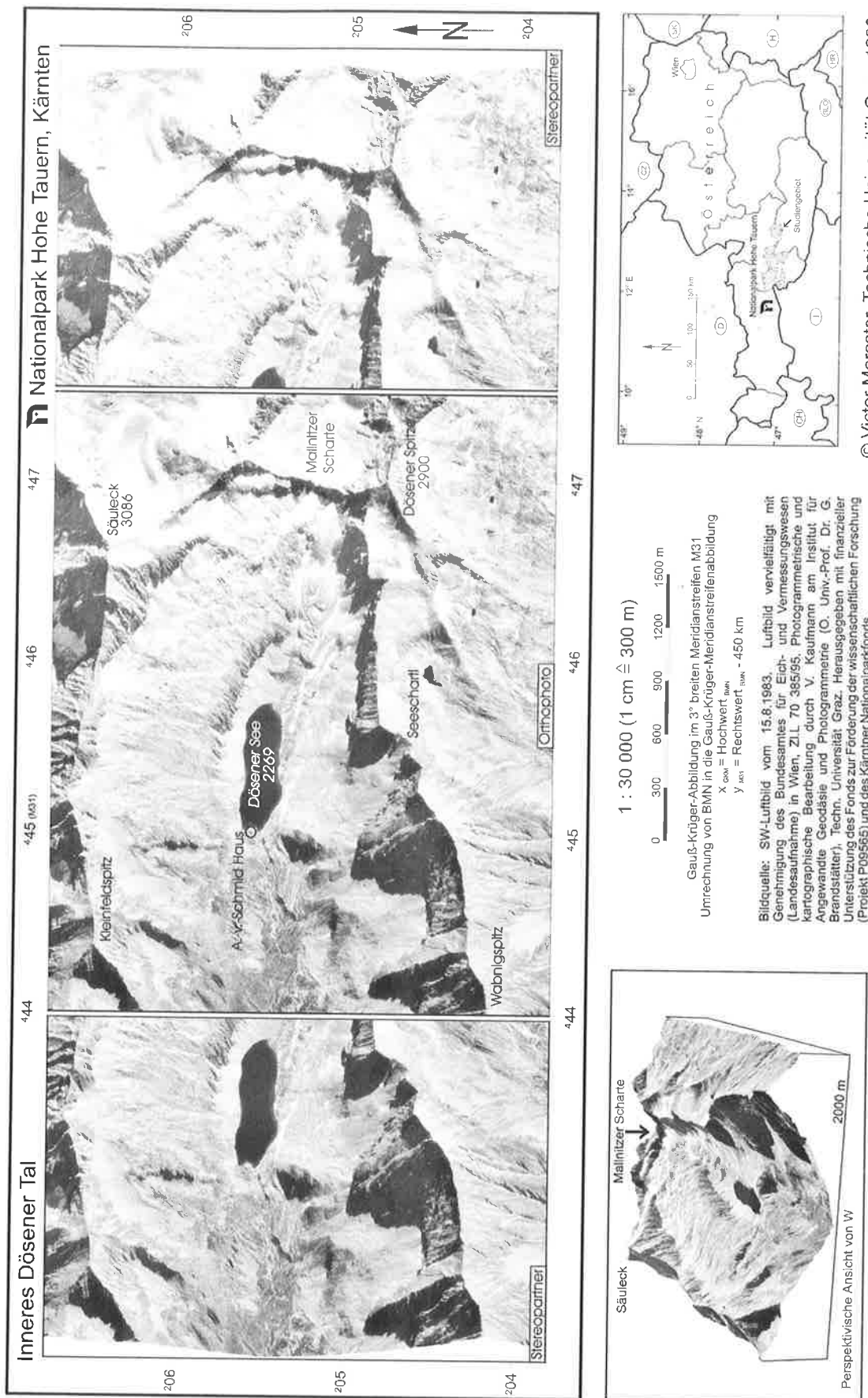
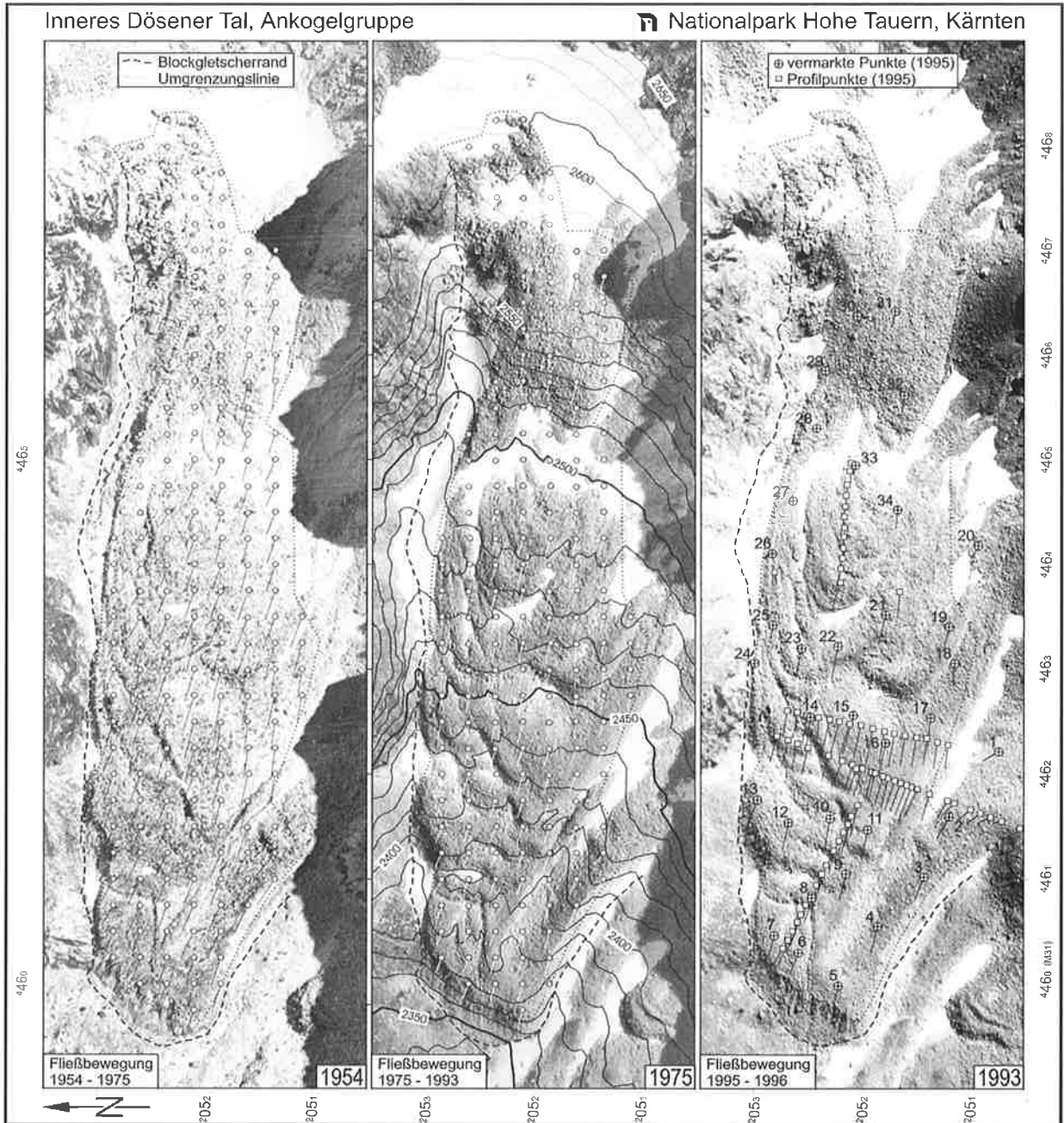


Abb. 2: Stereoorthophotokarte 1:30.000 "Inneres Dösener Tal" (verkleinert)

Fließbewegung am Dösener Blockgletscher

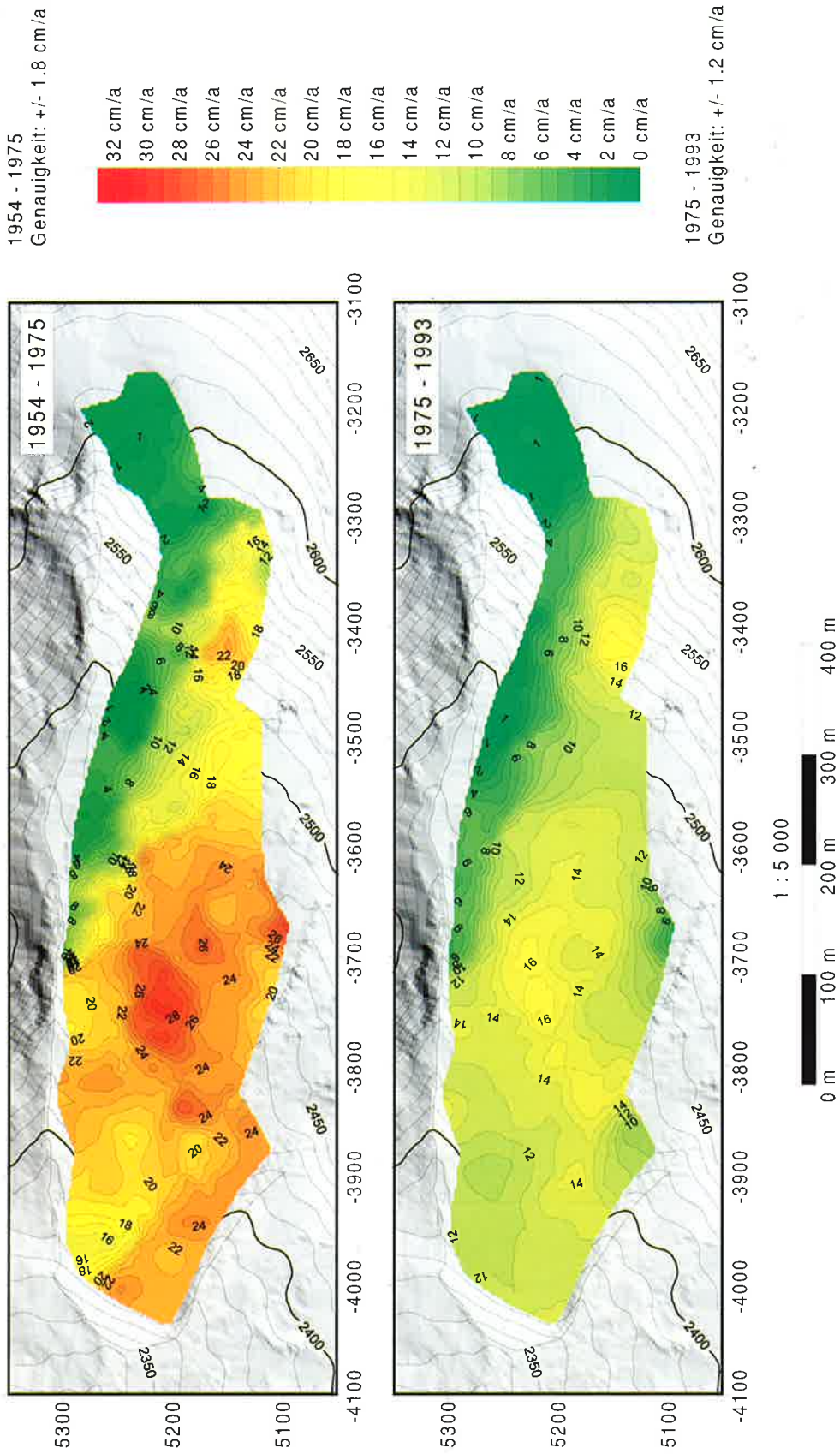


Bildquellen: SW-Luftbilder 1954, 17.9.1975 und 15.8.1993. Geometrische Auflösung der Orthophotos: 0,625 m. Photogrammetrische und kartographische Bearbeitung durch V. Kaufmann am Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie (O. Univ.-Prof. Dr. G. Brandstätter), Technische Universität Graz. Luftbilder vervielfältigt mit Genehmigung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Landesaufnahme) in Wien, Z.L. 70 385/95. Herausgegeben mit finanzieller Unterstützung des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Projekt P09565) und des Kärntner Nationalparkfonds.

Abb. 3: Mittlere jährliche horizontale Fließgeschwindigkeit des Dösener Blockgletschers für die Zeitintervalle 1954-1975, 1975-1993 und 1995-1996, dargestellt mittels Vektorfeld (verkleinert)

Döesener Blockgletscher

Mittlere jährliche horizontale Fließgeschwindigkeit



Luftbildauswertung: Bilder aus 1954 (M = 1 : 13 600 - 18 500), 1975 (M = 1 : 16 100 - 22 800) und 1993 (M = 1 : 8 700 - 13 500).
 Bearbeitung durch V. Kaufmann am Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie
 (O. Univ.-Prof. Dr. G. Brandstätter), Technische Universität Graz.
 Hergestellt mit finanzieller Unterstützung des Kärntner Nationalparkfonds.



Abb. 4: Mittlere jährliche horizontale Fließgeschwindigkeit des Döesener Blockgletschers für die Zeitintervalle 1954-1975 und 1975-1993, dargestellt mittels Isotachen (verkleinert)

Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie
Band 11

Hochgebirgskartographie

Silvretta '98

High Mountain Cartography



Institut für Geographie der Universität Wien
Ordinariat für Geographie und Kartographie