© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark	Band 121	S. 149–163 Graz 1991

Zur Verbreitung von Permafrost am Dachstein (Nördliche Kalkalpen, Steiermark)

Von Gerhard Karl LIEB und Andreas SCHOPPER
Mit 8 Abbildungen und 3 Tabellen (im Text)

Eingelangt am 3. Januar 1991
Angenommen am 10. Januar 1991

Zusammenfassung: Nach einführenden Bemerkungen über den alpinen Permafrost und einer kurzen Präsentation des Untersuchungsgebietes mit seiner Vergletscherung werden Ergebnisse von Grabungen, Quelltemperaturmessungen und Basistemperaturmessungen der winterlichen Schneedecke (BTS) diskutiert. Hiermit wird die Existenz von Permafrost erstmals für den Dachstein nachgewiesen und, vor allem mit Hilfe der BTS-Meßergebnisse, erstmals dessen Verbreitung für ein wenn auch kleines Areal der Nordalpen flächenhaft dargestellt. Die Untergrenze des diskontinuierlichen Permafrosts liegt in N-Exposition bei rund 2300 m und steigt zu den Zentralalpen hin an.

Summary: The distribution of permafrost in the Dachstein massive (Northern Limestone Alps, Styria, Austria).

After some comments on alpine permafrost a short presentation of the investigated area including its glaciation is given. Then results of digging, temperature measuring of springs as well as measurements of the basical temperature of the winter snow cover are discussed. Thus the existence of permafrost in the Dachstein massive is proved for the first time. Also for the first time a map of permafrost distribution for a small area of the Northern Alps can be drawn. The lower limit of discontinuous permafrost is situated at about 2300 m in northern exposition and rises from here to the Central Alps.

1. Permafrost als aktueller Forschungsgegenstand

Im Vergleich zum breitenzonalen Permafrost der Arktis und Subarktis ist dessen höhenzonales Äquivalent in den Gebirgen der Erde, der sogenannte „alpine Permafrost", noch relativ wenig bekannt und längst noch nicht ausreichend erforscht (allgemein hierzu IVES 1974, BARSCH 1977 und GORBUNOV 1978). Konkret für die Alpen gilt, daß zwar über einzelne Permafrostphänomene ein relativ hoher Kenntnisstand vorhanden ist (etwa über Blockgletscher, vgl. Kap. 3.3), daß aber demgegenüber die Permafrostverbreitung als solche nur in wenigen kleinen und noch dazu sehr ungleich über die Alpen verteilten Gebieten bekannt ist (z. B. Graubünden bei HAEBERLI 1975, Ötztaler Alpen bei HAEBERLI & PATZELT 1983 oder Walliser Alpen bei TATENHOVE & DIKAU 1990).

Der in den Westalpen und im westlichen Teil der Ostalpen bessere Kenntnisstand ist vor allem daraus zu begründen, daß dort wegen der häufig in die höchsten Gebirgsbereiche vordringenden Nutzungsformen, namentlich durch Energiewirtschaft und Tourismus, im Zusammenhang mit dabei auftretenden technischen Problemen dem Permafrost größere Aufmerksamkeit als im Ostteil der Alpen geschenkt wurde. Im speziellen Fall der Nördlichen Kalkalpen bzw. der Steiermark ist Permafrost – der durch die vorliegende Studie erstmals fundiert nachgewiesen

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
wird – eine für unmittelbar praktische Belange eher marginale Fragestellung, da Nutzungsansprüche zwecks Trinkwasserschutz in den Karstgebieten weitgehend hintantgehalten werden konnten und auch durch die Geländegegebenheiten von vornherein eingeschränkt sind. Auch beim Bau der dem gegenständlichen Untersuchungsgebiet benachbarten Gletscherbahn Ramsau und den Anlagen des zugehörigen Sommerschigebietes, die neben der Zugspitze (Wetterstein) den schwerstwiegenden großtechnischen Eingriff in die Hochzonen der gesamten Nördlichen Kalkalpen darstellen, gab es nach Auskunft der Betriebsleitung keine permafrostbedingten technischen Probleme.

Unsere Arbeit verfolgt also den Zweck, einen weiteren Beitrag zur grundlegenden Erforschung des alpinen Permafrosts und damit zur Verbesserung der allgemeinen Kenntnisse über die geoökologischen Raummuster und Prozesse des Hochgebirges zu liefern. Grundlage hierfür bildet eine physischgeographische Diplomarbeit (SCHOPPER 1989), deren Ergebnisse durch ein spezielles Meßprogramm in den Jahren 1989 und 1990 (Kap. 3.2) auf den hier präsentierten Stand ausgeweitet wurden.

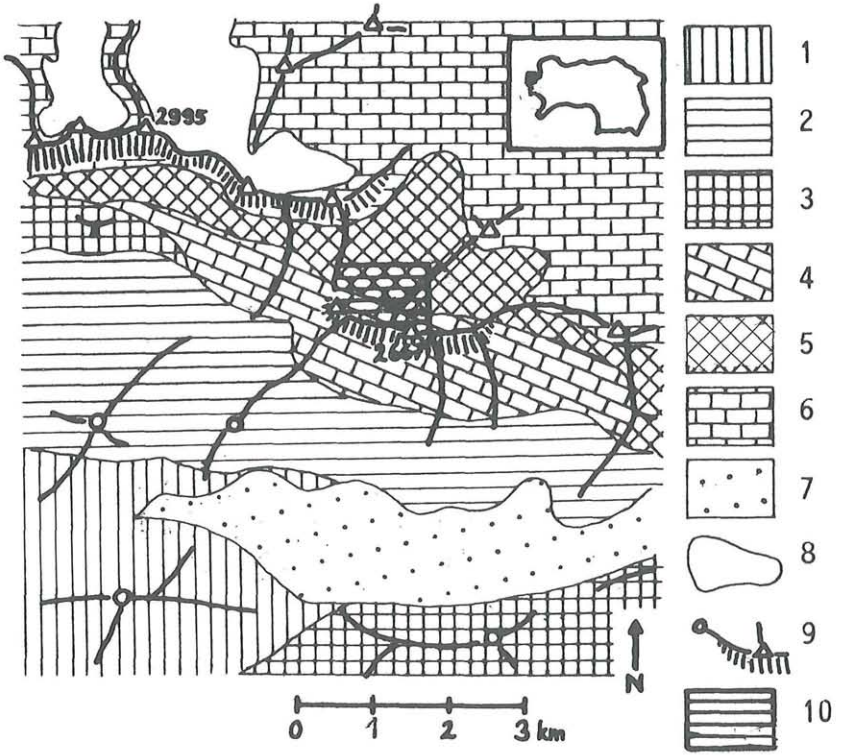


Abb. 1: Geologisch-morphologische Übersicht (Quelle: vornehmlich GANSS et al. 1954).
1 = Ennstaler Phyllite (bewaldete Rücken); 2 = Werfener Schiefer (bewaldete Rücken); 3 = Ramsaudolomit (Rücken und Schrofenhänge); 4 = Wettersteinkalk (Wände, Grate); 5 = Hauptdolomit (Schrofenhänge); 6 = Dachsteinkalk (Wände, Grate, Karstplateau); 7 = Quartär der Ramsau (vor allem Murenkegel); 8 = große Gletscher; 9 = Kuppen, Kämme i. a., Spitzen, Südwände; 10 = Untersuchungsgebiet.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

2. Das Untersuchungsgebiet

Das Dachsteingebirge, am Dreiländereck Oberösterreich – Steiermark – Salzburg gelegen, ist Teil der Nördlichen Kalkalpen, deren zweitgrößte Höhe es in seinem Kulminationspunkt, dem Hohen Dachstein, 2995 m, erreicht. Während die N-Seite vor allem durch die Vergletscherung geprägt wird, ist es im S die stark unterschiedliche morphologische Relevanz der Gesteine, die den Grundcharakter der Landschaft bestimmt (Abb. 1). Die Vorberge und das Hochplateau der Ramsau liegen teilweise noch in der Grauwackenzone (Ennstaler Phyllite), teilweise im Bereich der schon der Trias angehörenden Werfener Schiefer und Ramsaudolomite. Sie alle lassen nur die Bildung sanfter, bewaldeter Rücken und Kuppen zu; eine erste Zäsur tritt beim Übergang zum Wettersteinkalk auf, der steilere Formen bildet und z. B. den gesamten Scheichenspitzzug aufbaut. Während der darüberliegende Hauptdolomit kein Wandbildner ist, folgt mit dem Dachsteinkalk das Gestein, das – faziell ist Riff- und gebankter Dachsteinkalk unterscheidbar – die Wände und Gipfel der zentralen Dachsteingruppe aufbaut.

Das Untersuchungsgebiet für die vorliegende Arbeit umfaßt den Bereich des oberen Koppenkares, der höchsten einer in mehreren Stufen vom westlichen Teil des Scheichenspitzzuges nach NE zur Hochfläche „Am Stein" ziehenden Kartreppe, sowie eines benachbarten, westlich unter dem Gipfel der Scheichenspitze, 2667 m, gelegenen Karoids. Im W wird das Gebiet vom Rücken der Edelgrießhöhe, 2489 m, im S vom Gratverlauf Nordwestliche Gamsfeldspitze – Hohe Gamsfeldspitze, 2655 m – Schmiedstock – Scheichenspitze, 2667 m (im folgenden „Scheichenspitzzug" genannt), begrenzt; für die weitere Abgrenzung siehe Abb. 4. Die geologische Situation im Untersuchungsgebiet ist relativ einfach zu umreißen. Der rund 2400 m hohe Karboden liegt genau im Grenzbereich zwischen dem den Scheichenspitzzug aufbauenden Wettersteinkalk und dem nördlich anschließenden, den ersteren überlagernden Hauptdolomit, der die seitlichen Begrenzungsrücken und den teilweise felsigen Abhang zum nächsten Karboden bildet. Die unterschiedliche morphologische Relevanz dieser beiden Gesteine bestimmt natürlich auch nachhaltig das Erscheinungsbild des Gebietes. Sie führt zu dem Gegensatz zwischen den schroffen, stark zerklüfteten Wänden und Türmen im S und den stark gerundeten, größtenteils frostschuttbedeckten Rücken und Kuppen im nördlichen Bereich.

Schon vom Verbindungsweg Edelgrießhöhe – Guttenberghaus fällt ein erstaunlich mächtiger Moränenwall auf, der einen rund 3,1 ha großen, am Fuß der Wände von Schmiedstock, 2634 m (AV-Karte), und Hoher Gamsfeldspitze, 2655 m, gelegenen Gletscherfleck umsäumt. Dieser ist jedoch stark von Steinschlagschutt bedeckt und läßt daher seine wahren Dimensionen nur schwer erkennen. Der Moränenwall, den schon MOSER 1970 einer eingehenden Untersuchung unterzog, setzt beidseitig in rund 2450 m an und fußt, im Stirnbereich etwa 20 m hoch, in 2400 m, wenig oberhalb des von einem kleinen Schmelzwassersee erfüllten, tiefsten Punktes des oberirdisch abflußlosen Karbodens. Aufgrund seiner Mächtigkeit, des mit Ausnahme weniger Pionierpflanzen fehlenden Bewuchses und vor allem der erstaunlichen Formfrische kann der Wall unzweifelhaft als Relikt des Hochstandes von 1850 identifiziert werden. Er zeigt also eine beachtliche Vergletscherung im vorigen Jahrhundert an, wenn auch die Fläche sicher nicht, wie MOSER 1970, 212, vermutlich auf Grund der falschen Lage der Moräne in der AV-Karte berechnete, 11,2, sondern lediglich 6,1 ha umfaßte. Für die Ernährung dürfte damals wie heute der Lawinenschnee aus den südlich gelegenen Flanken die entscheidende Rolle gespielt haben. Der Umstand, daß die Moräneninnenböschung nur sehr niedrig ist,

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

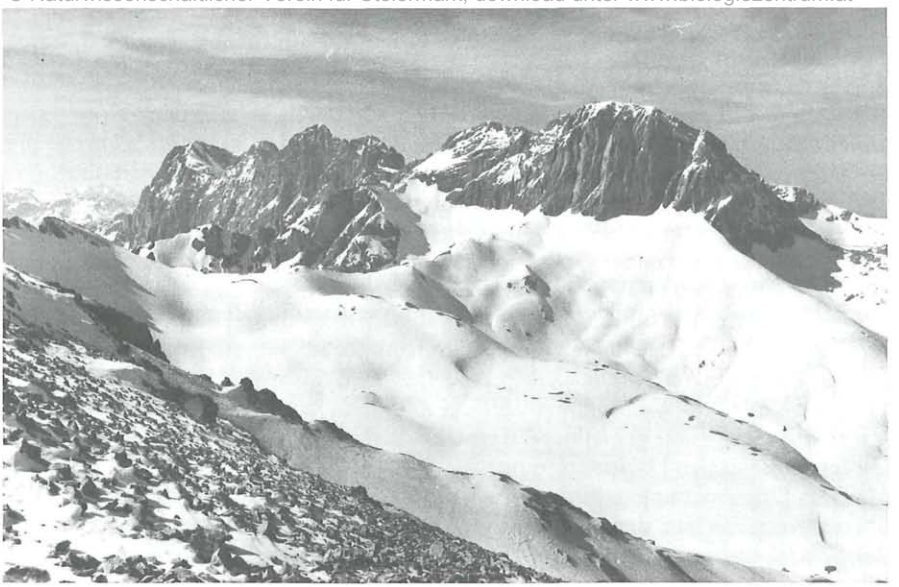


Abb. 2: Blick von der Scheichenspitze nach NW, links der Bildmitte Torstein, Mitterspitze und Hoher Dachstein, rechts davon Kleiner und Großer Koppenkarstein; im Mittelgrund zieht von links nach rechts der das (nur in seinem äußerst Teil sichtbare) Obere Koppenkar begrenzende Rücken. Hochwinteraspekt vom 28. März 1989 (Foto: G. K. Lieb).

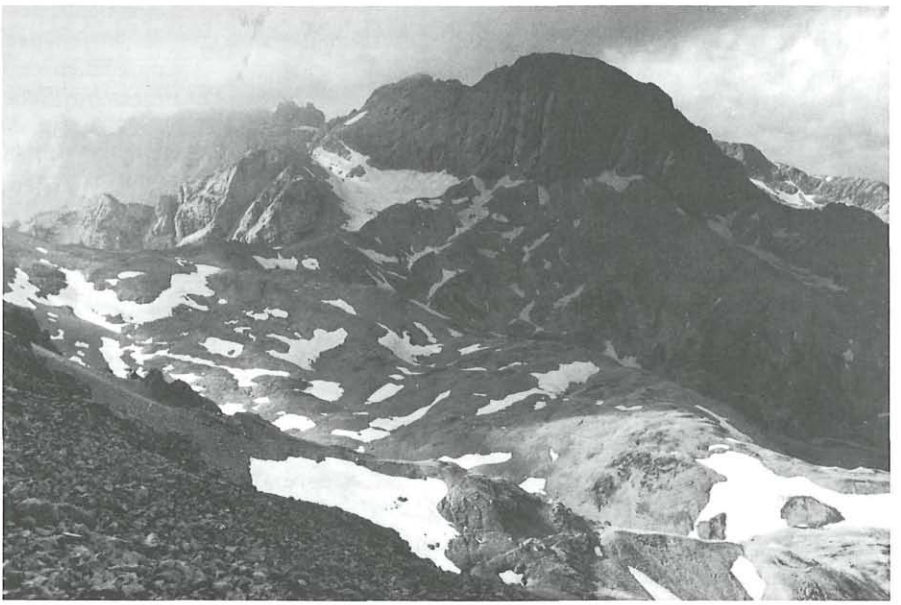


Abb. 3: Bildausschnitt wie Abb. 2, allerdings Spätsommeraspekt vom 1. September 1984; zu beachten die Verteilung der Schneeflecken in der welligen Frostschuttlandschaft nach einem kühlen Sommer. Die große Schneefläche am Fuß der Koppenkarsteine ist der Edelgrießgletscher (Foto: G. K. Lieb).

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
da sich innerhalb des Walls beträchtliche Schuttmassen befinden, deutet darauf hin, daß auch der damalige Gletscher stark schuttbedeckt oder zumindest schuttführend gewesen sein dürfte.

Auf Grund der Größe und Ernährung drängt sich hier ein Vergleich mit dem nahegelegenen, jedoch S-exponierten Edelgrießgletscher auf. Auch dieser, im oberen Edelgrieß am Fuß der S-Wände der Koppenkarsteine, 2863 m, gelegene Gletscher hat seit dem Hochstand Mitte des 19. Jahrhunderts stark an Fläche, vor allem aber an Volumen eingebüßt. Während jedoch die Schneegrenze des Schmiedstockgletschers, ermittelt nach der 2: 1-Flächenteilungsmethode nach GROSS et al. 1977,

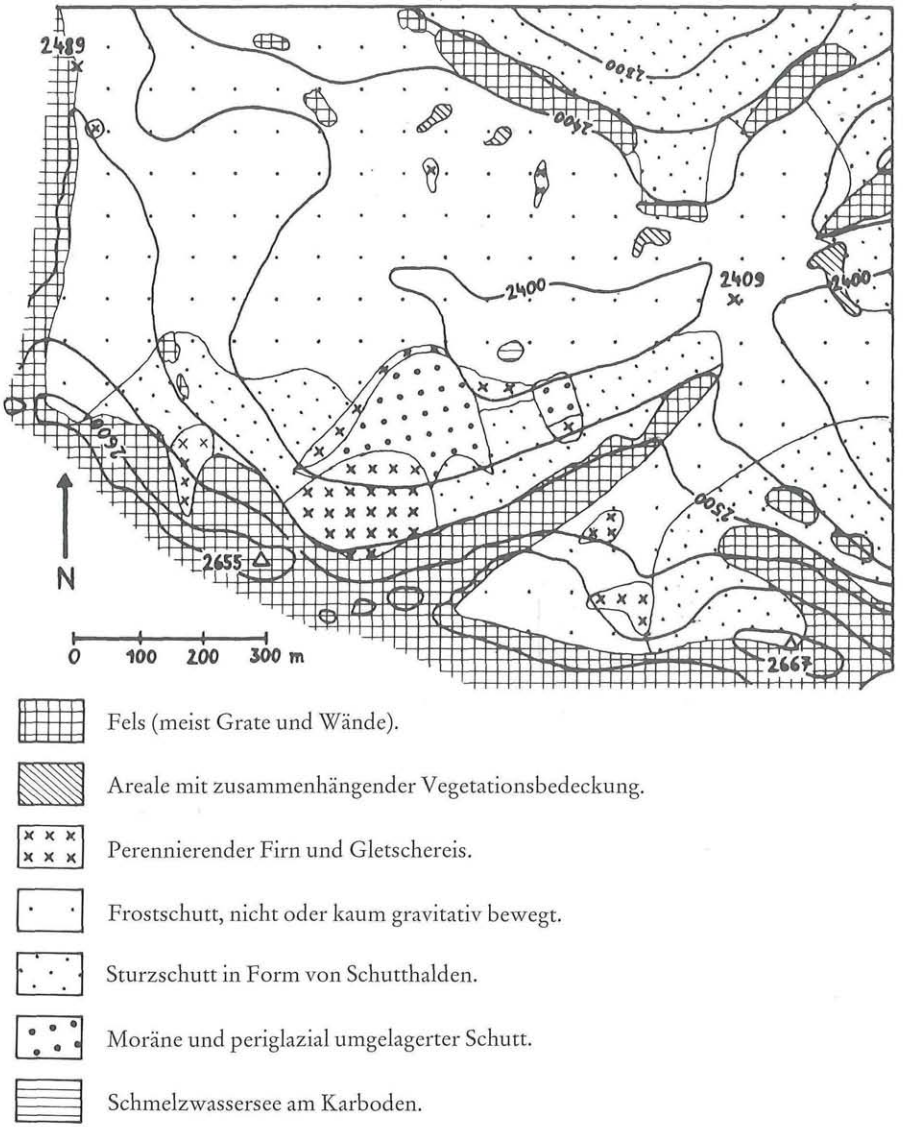


Abb. 4: Die Oberflächenbeschaffenheit des Oberen Koppenkares.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

mit 2470 m gut mit dem flächengewichteten Mittel aller N-exponierten Dachsteingletscher (2480 m) übereinstimmt, liegt die auf die gleiche Weise ermittelte Schneegrenze des Edelgrießgletschers mit 2510 m angesichts der Exposition doch zu tief, was auf die bekannten Probleme der Schneegrenzermittlung mittels Flächenteilungsmethoden für primär lawinenernährte Gletscher zurückzuführen ist. Beide Gletscher reagieren auf Klimaschwankungen nur äußerst träge, was den volkstümlichen Namen „Toter Knecht" (SIMONY 1895, 141) für den Edelgrießgletscher, der aus reinen Schneegrenzüberlegungen eigentlich gar nicht mehr existieren dürfte, durchaus gerechtfertigt erscheinen läßt.

In diese Richtung gingen auch die Überlegungen MOSERS 1970 und 1971 über die beiden Gletscher. Er kam dabei zu dem Schluß, daß beide schon seit den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts nicht mehr in der Lage seien, Gletschereis zu bilden und es sich daher nur noch um perennierende Firnfelder handle. Diese Aussagen zeigen sich jedoch im Gelände als nicht haltbar. Am Schmiedstockgletscher (der Edelgrießgletscher wurde noch nicht näher untersucht) konnte zweifelsfrei Gletschereis festgestellt werden (z. B. Eissee im unteren Bereich), auch Bewegungsdynamik war, wenn auch nur schwach, erkennbar. Auch die Flächen von 3,1 bzw. 5,7 ha lassen die Bezeichnung Gletscher als durchaus gerechtfertigt erscheinen; die von GROSS & PATZELT (o. J.) für den Edelgrießgletscher verwendete Bezeichnung Gletscherfleck entspricht der schwachen Bewegung besonders gut.

Nicht mehr haltbar ist mittlerweile auch die Annahme einer völligen Eisfreiheit des gesamten Dachsteins (MOSER 1971, 110) im damals noch angenommenen „Post-

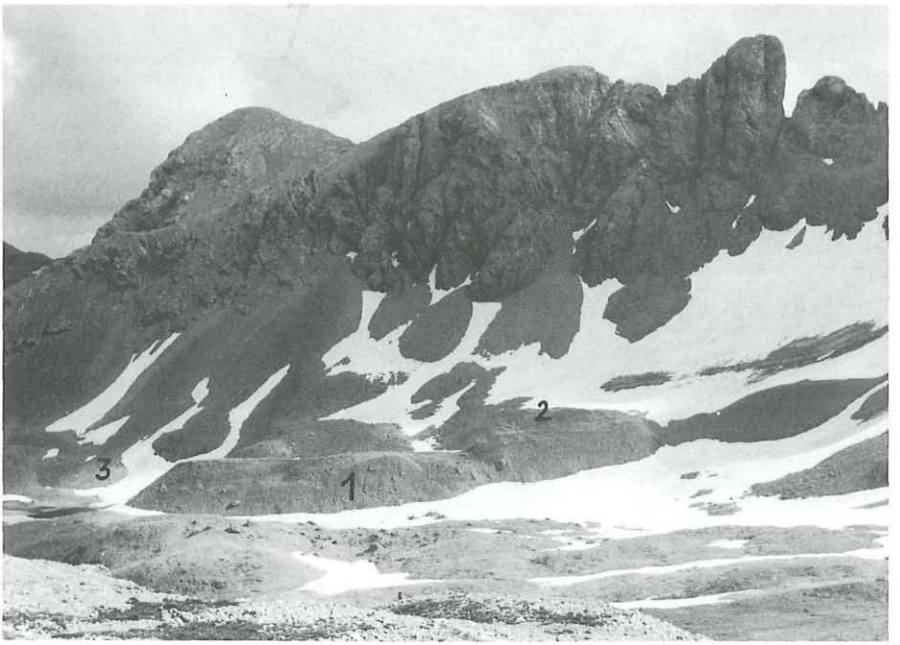


Abb. 5: Blick vom Weg Edelgrießhöhe–Guttenberghaus Richtung SE auf den zackigen Grat des Scheichenspitzzuges (Scheichenspitze links der Bildmitte). Im Mittelpunkt die 1850-Moräne des Schmiedstockgletschers (1), darin der permafrosthaltige Schuttkörper (2) und links der Schuttlobus (3), dessen Unterrand im Karbodenbereich liegt (vgl. Text; 1. September 1984; Foto: R. Schafgassner).

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
glazialen Wärmeoptimum" zwischen 6000 und 4000 vor heute. Wenn auch ein temporäres Abschmelzen der beiden Gletscher im Bereich des Untersuchungsgebietes aus Schneegrenzüberlegungen nicht vollkommen ausgeschlossen werden kann, so ist dies für den gesamten Dachstein nach dem heutigen Wissensstand undenkbar.

Neben der rezenten Vergletscherung dürfen auch perennierende Firnflecken sowie die Bodenbedeckung nicht unbeachtet bleiben (Abb. 4). Im Bereich des Karbodens des Oberen Koppenkares dominiert dabei der in situ liegenbleibende Frostschutt des leicht verwitternden Hauptdolomits, der teilweise beträchtliche Mächtigkeiten erreicht, während im Bereich der Karwände der Steinschlagschutt überwiegt. Lediglich in Gunstlagen wie früh ausapernde Rücken und Kuppen sind Polsterpflanzen zu finden, die jedoch nur an drei Stellen im Bereich der Karschwelle kleinflächige, zusammenhängende Bestände bilden. Auch anstehendes Gestein ist hier nur selten, am ehesten auf exponierten Kuppen (z. B. Edelgrießhöhe) oder in steilen Bereichen, zu finden. Die exakte Ausdehnung der perennierenden Firnflecken kann auf Grund der kurzen Beobachtungsdauer nicht mit hundertprozentiger Sicherheit belegt werden. Ausnahmen bilden hier zwei Firnfelder im Karoid westlich unter der Scheichenspitze, eine Doline nahe der Edelgrießhöhe, ein schmaler Streifen am Fuß des Moränenwalls und natürlich die Rinnen im Bereich der Felswände.

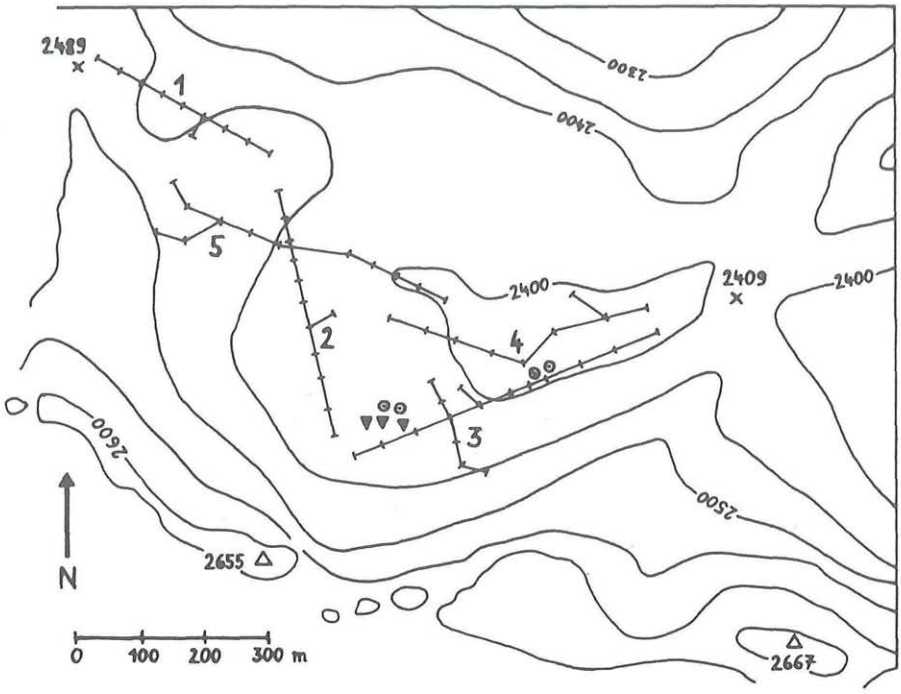
3. Permafrost im Oberen Koppenkar

3.1. Grabungen und Quelltemperaturmessungen

Einer der Hauptgründe für die Wahl des Untersuchungsgebietes war die Existenz zweier mächtiger Schuttkörper, die sowohl im Luftbild als auch im Gelände auf Grund ihrer Größe und ihrer von vielen Querwülsten überzogenen Oberfläche auffallen. Sie befinden sich wenig östlich bzw. innerhalb des 1850-Moränenwalls des Schmiedstockgletschers. Bei ersterem handelt es sich um einen breiten Lobus, der am Fuß der mächtigen Schutthalde, die die N-Flanke des sich von Kote 2644 (AV-Karte) nach NE absenkenden Rückens bedeckt, liegt und aus dieser in rund 2450 m hervorgeht. Die 50 m tiefer liegende, 60 m breite Stirn fußt bereits im unmittelbaren Karbodenbereich. Um dem Verdacht auf Permafrost nachzugehen, wurden hier im August 1988 Grabungen und Quelltemperaturmessungen durchgeführt. Die Grabungen hatten die Aufgabe, durch das Freilegen von Untergrundeis Permafrost zweifelsfrei nachzuweisen, was jedoch an diesem Schuttkörper wegen der Labilität des Materials (ständiges Nachrutschen) und der vielleicht zu großen Auftautiefe nicht erfolgreich war. Quelltemperaturmessungen wurden an den Austrittsstellen von zwei Wasserläufen an der Basis des Schuttkörpers vorgenommen. Diese können so interpretiert werden, daß Wasser, das über einen gewissen Zeitraum Eiskontakt hat, auf Temperaturen nahe 0,0° C abgekühlt wird (allgemein hierzu HAEBERLI 1975, 101 ff.). Die hierbei erzielten Werte von 0,0° bzw. 0,1° erhärten also den Permafrostverdacht.

Noch eindeutiger waren die Ergebnisse der Untersuchungen an dem innerhalb des Moränenwalls liegenden Schuttkörper, der mit etwas steilerer, von mächtigen Querwülsten durchzogener Stirnböschung direkt an den Gletscher anschließt. Hier waren die Grabungen in 3 von 4 Versuchen erfolgreich. In 1 bis 1,5 m Tiefe konnte Eis ergraben werden, dessen Beschaffenheit gut mit der von uns bereits an Blockgletschern der Zentralalpen festgestellten übereinstimmte. Es handelte sich um Eis mit starker Feinsandeinlagerung, nur wenigen Lufteinschlüssen und einer glatten, von einem Wasser- und Sandfilm bedeckten Oberfläche. Zuvor waren noch an 2

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at



Lage der Meßprofile; die Querstriche bezeichnen die Meßpunkte, die Nummern der Meßprofile entsprechen denen in Abb. 7 sowie Tab. 1 und 3. Messungen der BTS am 18. März 1990.

Lage der Quelltemperaturmessungen.

Lage der Grabungen, bei denen Eis gefunden wurde.

Abb. 6: Lage der BTS-Messungen, Quelltemperaturmessungen und Grabungen im Oberen Koppenkar.

Quellaustritten an der Basis des Schuttkörpers Temperaturmessungen durchgeführt worden, die beide den zu erwartenden Wert von 0,0° C ergaben.

Somit konnte durch relativ einfache Untersuchungen (zur Lage der Grabungen und Quelltemperaturmessungen vgl. Abb. 6) nachgewiesen werden, daß es sich bei den Schuttkörpern um Elemente des Permafrosts handelt. Wenn auch eine rein äußerliche und genetische Verwandtschaft zu Blockgletschern nicht von der Hand gewiesen werden kann, so ist eine solche Bezeichnung auf Grund der geringen Größe und der doch recht flachgeböschten und wenig markanten Stirnen wohl nicht zulässig.

3.2. Basistemperaturmessungen der winterlichen Schneedecke

3.2.1. Grundlegendes zur Methodik

Die Messung der Basistemperatur der winterlichen Schneedecke (im folgenden BTS) wurde erstmals von HAEBERLI 1973 und 1975 als Methode zur Feststellung von Permafrost vorgestellt und ist seither vielfach mit Erfolg angewandt worden. Sie beruht auf dem Prinzip, daß unter einer Schneedecke von genügender Mächtigkeit (ab etwa 1 m) die BTS nicht mehr auf kurzfristige Temperaturänderungen an der Oberfläche reagiert, sondern vom Wärmefluß aus dem Untergrund gesteuert

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
wird. Dieser wiederum ist bei ganzjährig gefrorenem Untergrund stark herabgesetzt und bewirkt BTS-Werte, die deutlich unter jenen über ungefrorenem Boden liegen (genaue Begründung bei HAEBERLI & PATZELT 1983, 138 ff.). In Anlehnung an die genannten Autoren werden in der vorliegenden Studie BTS-Werte von unter –3° als Anzeiger von Permafrost, Werte zwischen –2° und –3° als Unsicherheitsbereich und Werte über –2° als für permafrostfreie Areale typisch aufgefaßt.

Für die BTS-Messungen am Dachstein wurden zwei speziell zu diesem Zweck konstruierte Sonden verwendet: Diese bestehen aus je drei 1 m langen, verschraubbaren Leichtmetallrohren, deren unteres Ende eine Kunststoffspitze mit darin eingegossenem Thermistorfühler besitzt, welcher wiederum mittels eines durch die Rohre laufenden Kabels mit je einem digitalen Anzeigegerät verbunden ist. Mit diesen Sonden, die nach den negativen Erfahrungen einer ersten Meßkampagne am 28. März 1989 materialmäßig verbessert worden waren, wurden am 18. März 1990 60, an 5 Meßprofilen angeordnete Sondierungen durchgeführt (Abb. 6), wobei sich als Problem ergab, daß trotz der im niederschlagsarmen Winter 1989/90 vergleichsweise geringen Schneehöhe nur an 35 Meßpunkten der Untergrund erreicht werden konnte, während an 25 Punkten die Schneehöhe größer als 2,8 m war (der Fehlbetrag auf 3 m ergibt sich daraus, daß die obersten 0,2 m der Sonden zum Hantieren notwendig sind; ein „Absenken" der Schneeoberfläche durch Grabung war aus Zeitgründen nicht möglich). Die Endwertzeit der Thermistoren betrug wenige Minuten, wobei diese Zeit dank des vierköpfigen Meßteams für die Einbringung der zweiten Sonde am jeweils nächsten Meßpunkt des Profils genützt werden konnte. Die Meßgenauigkeit kann mit +/– 0,3° geschätzt werden, was für die (auf Unterschieden in der Größenordnung von Graden beruhenden) angestrebten Aussagen unproblematisch ist. An den einzelnen Meßpunkten wurden neben der BTS und der Schneetiefe noch Seehöhe, Geländegegebenheiten (mit grober Zuordnung zu Neigungsklassen) und Exposition erhoben. Bedingt durch ein großräumiges Hochdruckgebiet mit Kern über dem östlichen Mitteleuropa begünstigte Schönwetter die Messungen, wobei die Lufttemperatur im Meßgebiet zwischen 0 und –2° lag und mäßiger SW-Wind herrschte.

3.2.2. Meßergebnisse

Tab. 1 gibt eine Übersicht über die Meßergebnisse der BTS an den einzelnen Meßprofilen, wobei sowohl Extrem- als auch Mittelwerte und Standardabweichungen für alle und gesondert für jene Meßpunkte, an denen die Basis der Schneedecke erreicht wurde, angegeben sind. Nach strengen methodischen Überlegungen dürften nur die letzteren für eine weitergehende Interpretation herangezogen werden, weil ja nur sie echte BTS-Werte darstellen. Da aber in einer Schneetiefe von 2,8 m kurzfristige Temperaturschwankungen ohnehin zu vernachlässigen sind und darüber hinaus in den meisten Fällen sicherlich nur wenige dm zum Erreichen des Untergrundes fehlten, müssen so tiefe Werte, wie sie die Minima der Profile 2, 3 und 4 darstellen, als über ungefrorenem Untergrund doch sehr unwahrscheinlich angesehen werden. Da in enger Nachbarschaft zu den Meßpunkten mit tiefen Temperaturen in 2,8 m Schneetiefe stets auch wirklich BTS-Werte im permafrosttypischen Temperaturbereich auftraten, können jene mit dem genannten Vorbehalt doch als Permafrosthinweise interpretiert werden. Daß mit Ausnahme des Profils 1 jeweils die tiefsten Meßwerte keine echten BTS-Werte sind, kann Zufall sein oder hängt möglicherweise mit der im Anschluß genauer diskutierten Gliederung des Untersuchungsgebietes in einen überwiegend permafrostfreien und wegen großer Windexposition schneearmen N-Teil (Karschwelle) und einen fast geschlossen von

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

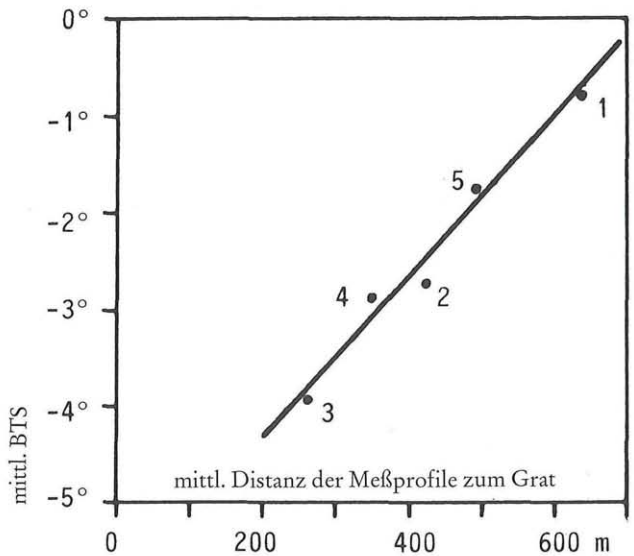
Tabelle 1: Mittel- und Extremwerte der BTS an den Meßprofilen im Oberen Koppenkar am 18. März 1990.

	alle Meßpunkte					Meßpunkte mit real gemessener Schneehöhe				
	Zahl der Meßpunkte	Höchste BTS	Tiefste BTS	Mittl. BTS	Standardabweichung	Zahl der Meßpunkte	Höchste BTS	Tiefste BTS	Mittl. BTS	Standardabweichung
Meßprofil 1	10	0,0	–1,2	–0,8	0,4	8	0,0	–1,2	–0,7	0,4
Meßprofil 2	12	–0,8	–5,3	–2,7	1,7	5	–1,1	–4,3	–2,0	1,3
Meßprofil 3	17	–2,3	–5,8	–4,0	1,1	11	–2,3	–5,0	–3,6	1,1
Meßprofil 4	9	0,2	–6,0	–2,9	2,1	5	0,2	–3,5	–1,6	1,3
Meßprofil 5	12	0,4	–4,5	–1,8	1,6	6	0,4	–1,6	–0,8	0,7
Gesamtgebiet	60	0,4	–0,6	–2,6	1,8	35	0,4	–5,0	–1,9	1,5

Anmerkungen:
- Lage der Meßprofile siehe Abb. 6.
- Temperaturangaben in °C.
- Beim Abschnitt „alle Meßpunkte" ist zu beachten, daß nur 58% der Werte reale BTS sind (vgl. Text).

Permafrost eingenommenen und schneereichen S-Teil zusammen (Karboden in Wandfußlage, wo die Tiefstwerte der Profile 2, 3 und 4 gemessen wurden).

Ein vordergründig daraus zu vermutender Zusammenhang zwischen Schneehöhe und BTS besteht aber nicht, denn für diese beiden Größen errechnet sich nur ein Korrelationskoeffizient von 0,14 (bei n = 35). Vielmehr scheint ein ganz anderer Sachverhalt für die Konzentration der permafrosttypischen Meßwerte auf den südlichen Gebietsteil verantwortlich zu sein, nämlich die Nähe zu dem das Obere Koppenkar im S um rund 200 m überragenden Scheichenspitzzug. Dieser



Nummern und Lage der Meßprofile wie in Abb. 6 und Tab. 1 und 3.

$y = -6{,}04 + 0{,}01\ x$
$r = 0{,}99$

Abb. 7: Beziehung zwischen der mittleren Distanz der Meßprofile zum Grat und der mittleren BTS (Erläuterungen im Text).

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

bewirkt eine bedeutende Horizontüberhöhung für den innersten Teil des Kares, der somit durch gute Beschattung günstige Bedingungen zur Bildung und Erhaltung von Permafrost aufweist. Daß hier auch – wie erwähnt – große Schneehöhen vorherrschen, ist durch Leelage und Schneeumlagerung aus den Flanken des Gratzuges herab zu erklären. Um den Zusammenhang zwischen Nähe zum Grat und BTS quantitativ zu fassen, wurden die Mitteltemperaturen (alle Meßpunkte) mit der mittleren Entferung der Profile (Mittel aus allen Distanzen der Einzelpunkte in S-Richtung) vom Gratzug korreliert, wobei sich mit r = 0,99 (n = 5) eine enge Beziehung zeigt (Abb. 7).

Neben der Horizontüberhöhung, auf die bei den meisten bisherigen Permafrostarbeiten zuwenig geachtet wurde, ist auch die Exposition der Meßpunkte von Bedeutung, wobei sich erwartungsgemäß in schattseitigen Expositionen tiefere BTS einstellen. Dabei liegt, wie aus Tab. 2 hervorgeht, das Gesamtgebietsmittel der N-Exposition mit –3,2° im permafrosttypischen, unter Außerachtlassung der Messungen mit nicht erreichtem Untergrund immerhin noch im unsicheren Bereich,

Tabelle 2: Mittel- und Extremwerte der BTS im Oberen Koppenkar am 18. März 1990 nach Expositionsbereichen.

	alle Meßpunkte					Meßpunkte mit real gemessener Schneehöhe				
	Zahl der Meßpunkte	Höchste BTS	Tiefste BTS	Mittl. BTS	Standardabweichung	Zahl der Meßpunkte	Höchste BTS	Tiefste BTS	Mittl. BTS	Standardabweichung
N-Exposition (NW, N, NE)	36	–0,2	–6,0	–3,2	1,7	23	–0,2	–5,0	–2,5	1,5
E-Exposition (E)	7	–1,1	–4,0	–1,9	1,0	4	–1,1	–1,9	–1,6	0,3
S-Exposition (SE, S, SW)	17	0,4	–5,8	–1,5	1,6	8	0,4	–1,5	–0,5	0,7
Gesamtgebiet	60	0,4	–6,0	–2,6	1,8	35	0,4	–5,0	–1,9	1,5

Anmerkungen wie Tab. 1.

Tabelle 3: Anzahl der BTS-Messungen im Oberen Koppenkar am 18. März 1990 nach Temperaturgruppen.

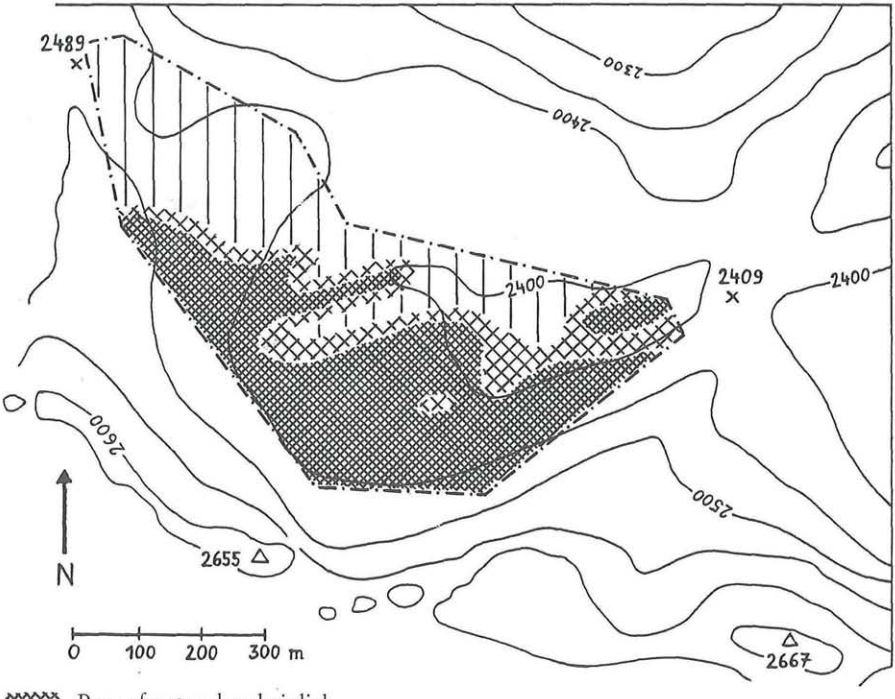
	Alle Meßpunkte				Meßpunkte mit real gemessener Schneehöhe			
	A	B	C	Gesamt	A	B	C	Gesamt
Meßprofil 1	10	0	0	10	8	0	0	8
Meßprofil 2	6	1	5	12	4	0	1	5
Meßprofil 3	0	5	12	17	0	5	6	11
Meßprofil 4	4	1	4	9	4	0	1	5
Meßprofil 5	9	0	3	12	6	0	0	6
Gesamtgebiet	29	7	24	60	22	5	8	35

Anmerkungen:
A = Temperaturen ≧ –1,9° (Permafrost unwahrscheinlich).
B = Temperaturen –2,0 bis –2,9° (Permafrost möglich).
C = Temperaturen ≦ –3,0° (Permafrost wahrscheinlich).

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

wohingegen die E- und S-Exposition durchwegs Mittelwerte aufweisen, die die Existenz von Permafrost unwahrscheinlich erscheinen lassen. Bei den Extremwerten zeigt sich in Tab. 2 ein stärker differenziertes Bild, das aus der Überlagerung mit den Faktoren Nähe zum Grat und Hangneigung (die Expositionsunterschiede verschwimmen bei geringeren Hangneigungen) erwächst. Letztere an sich beeinflussen die BTS aber nicht, weshalb auf eine tabellarische Darstellung verzichtet werden kann – ebenso wie für die topographische Position der Meßpunkte, wobei Muldenlagen zu tieferen BTS-Werten tendieren (was mit deren Charakter als Kaltluftsammelgebieten in Zusammenhang stehen könnte), doch reicht die vorhandene Stichprobe für eine endgültige Beurteilung nicht aus.

Zusammenfassend ist in erster Linie festzuhalten, daß die gemessenen Temperaturen in 52% der Fälle bei allen bzw. in 37% bei den Meßpunkten mit real gemessener Schneehöhe Permafrost nicht unwahrscheinlich machen (Temperaturgruppen B und C in Tab. 3, worin sich im wesentlichen dieselben Grundzüge wie in Tab. 1 manifestieren). Dabei tritt jedoch eine deutliche Konzentration der permafrosttypischen Temperaturwerte auf die N-exponierten und/oder vom Gratzug beschatteten Lagen hervor.



Permafrost wahrscheinlich.

Unsicherheitsbereich (Permafrost möglich).

Permafrost unwahrscheinlich.

Begrenzung des durch BTS-Messungen erfaßten Bereichs.

Abb. 8: Die Verbreitung von Permafrost im Oberen Koppenkar.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

3.3. Versuch einer flächenhaften Darstellung der Permafrostverbreitung (zu Abb. 8)

Die Existenz von Permafrost im Untersuchungsgebiet ist nach den vorangegangenen Ausführungen sowohl mit direkten (Grabungsbefunde) als auch mit indirekten Methoden (Quelltemperatur- und BTS-Messungen) gut belegt. Hierzu paßt auch der geoökologische Gesamtcharakter des Oberen Koppenkares mit allen Kennzeichen der subnivalen Höhenstufe wie Fehlen einer geschlossenen Vegetationsdecke, Vorherrschen offener Frostschuttfluren usw. (Kap. 2). Wichtig ist dabei das Vorhandensein perennierender Schneefelder (Abb. 4), die ebenfalls als Permafrostzeiger gewertet werden können (HAEBERLI & PATZELT 1983, 131). Aktive Blockgletscher als die leichtest erkennbaren und auch sichersten Permafrostzeugen (allgemein dazu BARSCH 1983 und HÖLLERMANN 1983) fehlen zwar im engeren Untersuchungsgebiet, doch gibt es auch hier, wie in Kap. 2 beschrieben, blockgletscherartige Schuttumlagerungen (protalus ramparts). Fossile Blockgletscher als Relikte spätglazialer Permafrostverbreitung sind im Dachsteinmassiv allerdings vorhanden (südwestlich des Torsteins, SCHOPPER 1989, 10 ff.), was in Anbetracht der im N-Staugebiet stark ozeanischen Klimatönung bemerkenswert ist (zu den allgemeinen Klimazügen vlg. WAKONIGG 1978).

Mit Hilfe all dieser Hinweise und besonders auf Grund der hohen, auf den BTS-Messungen beruhenden Informationsdichte konnte der Versuch einer kartographischen Darstellung der Permafrostverbreitung unternommen werden. Das in Abb. 8 dargestellte Ergebnis beansprucht keinesfalls, eine linienscharfe Abgrenzung des Permafrostareals zu bieten, wohl aber die Grundzüge des Verteilungsmusters zu veranschaulichen. Dabei erscheint der Schuttsaum am Fuße des Scheichenspitzzuges als geschlossenes Permafrostareal, dem auch noch der Moränenkomplex des Schmiedstockgletschers sowie dessen N-Fuß angehört, womit auch der Schmiedstockgletscher selbst zur Gänze auf Permafrost zu liegen kommt und möglicherweise als teilweise kalter Gletscher angesprochen werden kann (vgl. TATENHOVE & DIKAU 1990, 312). Außerhalb dieser Zone werden nur die schattseitigen Mulden von Permafrost eingenommen, während der das Obere Koppenkar im N begrenzende Rücken höchstwahrscheinlich permafrostfrei ist.

4. Interpretation und Einordnung der Ergebnisse

Diese Verteilung ist für den diskontinuierlichen Permafrost der alpinen Hochzonen sehr typisch, wobei die strenge Bindung des Permafrosts an schattseitige bzw. gegen S stark überhöhte Lagen offenbar die Nähe zu dessen unterer Verbreitungsgrenze anzeigt. Diese setzt HAEBERLI 1975 in enge Beziehung zur –2°-Jahresisotherme, was sich für das Untersuchungsgebiet mit einem für das 2450 m-Niveau aus den Daten von WAKONIGG 1978 abschätzbaren Jahresmittel von –2° bis –2,5° durchaus bestätigt. Auch die real gemessenen BTS-Werte und die daraus nach der Regressionsgleichung von HAEBERLI & PATZELT 1983, 145, abschätzbaren mittleren Auftautiefen von etwa 3,0 bis 4,5 m im Permafrost des Oberen Koppenkares weisen in dieselbe Richtung. Man wird also nicht weit fehlgehen, wenn man – unter der Annahme, daß das Untersuchungsgebiet für die gesamte Gebirgsgruppe repräsentativ ist – die Untergrenze des diskontinuierlichen Permafrosts im Dachsteingebiet nahe 2300 m in N-Exposition ansetzt. Im untersuchten Höhenbereich zwischen 2400 und 2500 m nimmt dabei nach den vorliegenden Ergebnissen der Permafrost größenordnungsmäßig 30 bis 50% der gesamten Gebietsfläche ein.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at

Da, wie in Kap. 1 schon erwähnt, der Kenntnisstand über die Permafrostverbreitung in den Ostalpen noch wenig zufriedenstellend ist, muß auch die Eingliederung der Ergebnisse vom Dachstein in einen überregionalen Rahmen recht schematisch bleiben. Sicher erscheint vorläufig nur die Feststellung, daß die Untergrenze des diskontinuierlichen Permafrosts – dem Verlauf der übrigen Höhengrenzen folgend – von den Nördlichen Kalkalpen zu den Zentralalpen hin ansteigt: Aus der bisher einzigen großräumigen Untersuchung, die die gesamten Hohen Tauern umfaßt (LIEB 1991), kann dort auf Permafrost-Untergrenzen - jeweils bezogen auf nördliche Exposition – von rund 2400 m im N und von 2500 m im S des Hauptkammes geschlossen werden. Aber auch hierbei ist als Vorbehalt zu berücksichtigen, daß in den Hohen Tauern vorläufig nur Blockgletscher-Untergrenzen als Informationsquellen benutzt wurden und die dortigen Ergebnisse somit nur bedingt mit den vorliegenden zu vergleichen sind.

Resümierend kann somit gesagt werden, daß die Verbreitung von Permafrost im engeren Untersuchungsgebiet recht genau erfaßt und eine Rahmenvorstellung für die ganze Gebirgsgruppe (Dachstein bzw. bedingt die gesamten Nördlichen Kalkalpen) gewonnen werden konnte. Offen bleiben freilich die Fragen nach den absolut tiefsten Permafrostvorkommen und nach der Flächendeckungsrate des Permafrostes in den höheren Bereichen bzw. in Felsgelände. Noch wichtiger aber ist das Vorhaben, auch in anderen Gebieten mit ähnlichen Methoden Permafrost zu kartieren, um sich dem Ziel einer großräumigen Verbreitungskarte von Permafrost, etwa für die gesamten Ostalpen, zu nähern.

Dank

Für die Mithilfe in fachlichen Belangen, bei der Konstruktion der BTS-Sonden und bei den Geländearbeiten schulden wir folgenden Personen Dank: H. KERSCHNER, R. LAZAR, B. LIEB, A. PILZ, W. SCHOPPER, H. WAKONIGG und G. ZÜCKERT.

Literaturverzeichnis

BARSCH, D., 1977: Alpiner Permafrost – ein Beitrag zur Verbreitung, zum Charakter und zur Ökologie am Beispiel der Schweizer Alpen. – In: POSER, H. (Hrsg.), Formen, Formengesellschaften und Untergrenzen in den heutigen periglazialen Höhenstufen der Hochgebirge Europas und Afrikas zwischen Arktis und Äquator. – Abh. Akad. Wiss. Göttingen, Math.-Physikal. Kl., 3. Folge 31, 118–141.

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

GANSS, O., F. KÜMEL & E. SPENGLER, 1954: Erläuterungen zur geologischen Karte der Dachsteingruppe. – Wissenschaftliche Alpenvereinshefte 15, 82 S. + geolog. Karte 1 : 25.000.

GORBUNOV, A. P., 1978: Permafrost investigations in highmountain regions. – Artic and Alpine Research 10/2, 283–294.

GROSS, G., H. KERSCHNER & G. PATZELT, 1977: Methodische Untersuchungen über die Schneegrenze in alpinen Gletschergebieten. – Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie 12/2, 223–251.

GROSS, G. & G. PATZELT, o. J.: Österreichischer Gletscherkataster. – Unveröffentlichte Computerdatensammlung, Innsbruck.

HAEBERLI, W., 1973: Die Basis-Temperatur der winterlichen Schneedecke als möglicher Indikator für die Verbreitung von Permafrost in den Alpen. – Z. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie, 221–227.

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
HAEBERLI, W., 1975: Untersuchungen zur Verbreitung von Permafrost zwischen Flüelapass und Piz Grialetsch (Graubünden). – Mitt. d. Versuchsanst. f. Wasserbau, Hydrologie u. Glaziologie an der ETH Zürich 17, 221 S.

HAEBERLI, W., U. G. PATZELT, 1983: Permafrostkartierung im Gebiet der Hochebenkar-Blockgletscher, Obergurgl, Ötztaler Alpen. – Z. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 18/2, 127–150.

HÖLLERMANN, P., 1983: Blockgletscher als Mesoform der Periglazialstufe. Studien aus europ. und nordamerikanischen Hochgebirgen. – Bonner Geogr. Abh. 67, 73 S.

IVES, J. D., 1974: Permafrost. – In: J. D. IVES & R. G. BARRY (Ed.), Arctic and Alpine Environments. – Methuen London, 159–194.

LIEB, G. K., 1991: Die horizontale u. vertikale Verteilung der Blockgletscher in den Hohen Tauern (Österreich). – Z. f. Geomorph. N. F. 35/3, 345–365.

MOSER, R., 1970: Der Schmiedstockgletscher – eine um 1850 beachtliche Vergletscherung im Dachstein. – Zeitschr. f. Gletscherkunde und Glazialgeologie 6, 211–214.

MOSER, R., 1971: Der Edelgrießgletscher – der einzige Gletscher der Steiermark. – Mitt. naturwiss. Verein Steiermark 100, 105–110.

SCHOPPER, A., 1989: Die glaziale und spätglaziale Landschaftsgenese im südl. Dachstein und ihre Beziehung zum Kulturlandausbau. – Unpubl. Dipl.-Arb. Inst. Geogr. Univ. Graz, 161 S.

SIMONY, F., 1895: Das Dachsteingebiet. Ein geographisches Charakterbild aus den Nördlichen Kalkalpen. – Wien, 152 S.

TATENHOVE, F. VAN, & R. DIKAU, 1990: Past and Present Permafrost Distribution in the Turtmanntal, Wallis, Swiss Alps. – Arctic and Alp. Res. 22/3, 302–316.

WAKONIGG H., 1978: Witterung u. Klima in der Steiermark. – Arb. Inst. Geogr. Univ. Graz 23, 473 S.

Alle Höhenangaben beziehen sich auf die Österreichische Karte 1 : 50.000, Blatt 127, Schladming (Aufnahme 1982), die auch die Grundlage der Abb. 4, 6 und 8 war. Nur wo dies gesondert vermerkt ist, diente die Alpenvereinskarte (AV-Karte) 1 : 25.000, Blatt 14, Dachsteingruppe, als Quelle.

Anschrift der Verfasser: Mag. Dr. Gerhard Karl LIEB, Mag. Andreas SCHOPPER, Institut für Geographie der Universität Graz, Heinrichstraße 36, 8010 Graz.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 121

Autor(en)/Author(s): Lieb Gerhard Karl, Schopper Andreas

Artikel/Article: Zur Verbreitung von Permafrost am Dachstein (Nördliche Kalkalpen, Steiermark). 149-163