©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Carinthia II	166./86. Jahrgang	S. 269–307	Klagenfurt 1976

Ökophysiologische Untersuchungen an Pflanzen der Matzen-Eisstandorte

Ein Exkursionsbericht des Pflanzenphysiologischen Institutes der Universität Wien

Von H. SCHINDLER, H. KINZEL und K. BURIAN;

unter Mitarbeit von

R. ALBERT, M. ALTGAYER, H. BOLHÁR-NORDENKAMPF, G. DRAXLER, M. ENGENHART, Chr. GSCHLIFFNER, H. JAKISCH, G. JANAUER, B. KARTUSCH, R. KARTUSCH, R. KINZEL, R. MAIER, W. PUNZ, R. ROTHSCHEDL, J. SAUKEL, H. SIEGHARDT, H. SLAD, M. STEINER und Chr. WINTER;

bearbeitet von

K. BURIAN, R. ALBERT und Chr. GSCHLIFFNER

(Mit 11 Tabellen und 19 Abbildungen)

1. EINLEITUNG

Die Karawanken-Nordkette weist im Gebiet der Matzen (1627 m) Sonderstandorte auf, die durch Permafrostböden und mächtiges, teilweise anstehendes Eis geprägt sind, das an manchen Stellen und zeitweilig auch in den Sommermonaten nur durch eine dünne Rohhumusdecke mit Moos- und Flechtenbewuchs bedeckt ist. Jene Eisstandorte, die im Lauf unserer Institutsexkursion untersucht werden sollten, liegen am Osthang der Matzen ziemlich genau in 1100 m Höhe im Bereich des mächtigen Schuttkegels, der sich zum sogenannten „Boden" hinunterzieht. Der Sonderstandort-Charakter ist sofort erkennbar an der Zusammensetzung der Vegetation und an der Wuchsform der Bäume, die sich dort verändert, wo das Bodeneis in unmittelbare Nähe der Oberfläche vorstößt. Die Bodenbedeckung erinnert an Tundrenvegetation, vor allem Flechten und Moose prägen die Bedeckung der Kaltstandorte (Kap. 3., Tab. 4). Kleine Krüppelfichten bilden mit *Juniperus communis, Betula pubescens* und den beiden Heckenkirschenarten *Lonicera nigra* und *L. coerulea* eine sehr lückige Strauch- und Baumschicht.

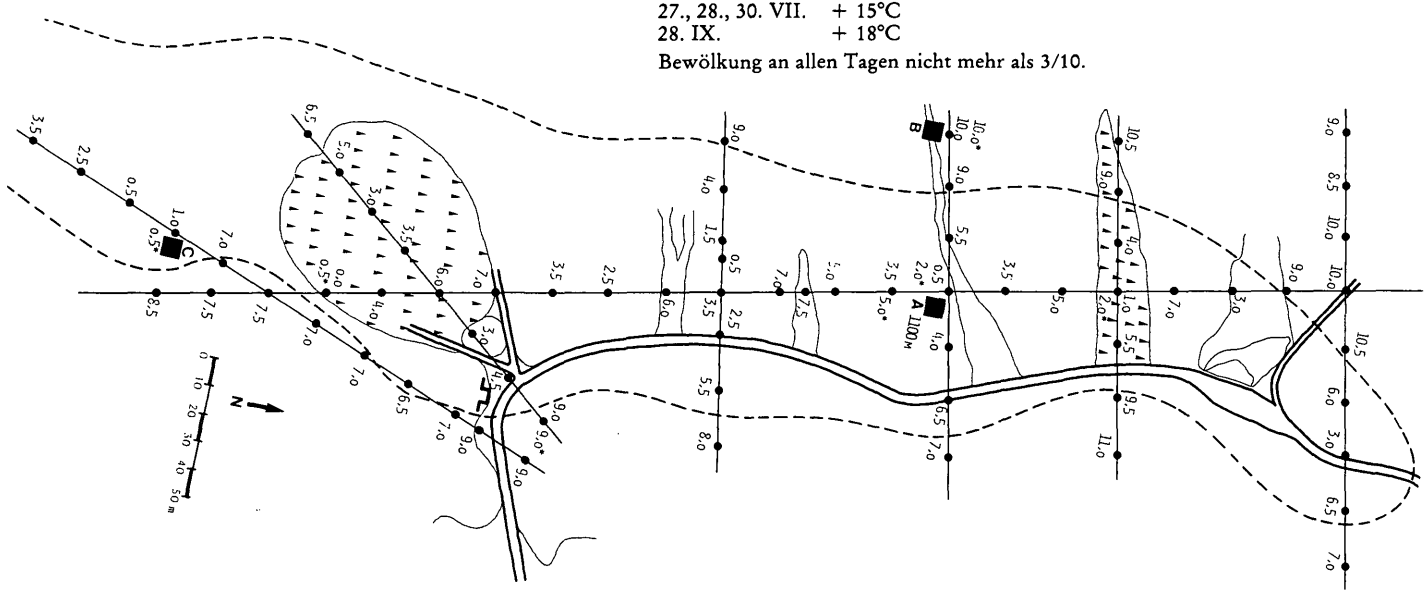


Abb. 1: Karte des Kaltluftbereichs (strichlierter Umriß) und der Meßstellen (A = Eisstandort, B = Vergleichsstandort, C = „Eisbrunnen") entlang des Güterweges am Osthang der Matzen in 1100 m Seehöhe. Die entlang der durchgezogenen Gradienten eingetragenen Zahlen sind die Bodentemperaturen in 50 cm Tiefe in °C, die zwischen 27. und 30. Juli 1975 im Verlauf einer Nachexkursion gemessen wurden. Mit ★ versehene Werte stammen vom 28. September 1975. Die Meßstellen A und C sind durch die Tiefsttemperaturen um den Gefrierpunkt ausgezeichnet. ▲▲▲ zwergwüchsige Fichten, niedriger als 2 m; umrandet, ohne Einzeichnung: baumwuchsfreie Zone mit Wiese oder Flechten oder offenem Schutt; Lufttemperatur 12^h, 2 m:

27., 28., 30. VII. + 15°C
28. IX. + 18°C

Bewölkung an allen Tagen nicht mehr als 3/10.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Als Basisstandort A (Abb. 1 und 2) wurde ein etwa 20 m breiter und hangaufwärts sich verengender „Eishang" gewählt, der unmittelbar westlich des Güterweges im Auslauf des Schuttkegels liegt, und an dem stellenweise zur Zeit unserer Exkursion (26., 27. und 28. Juni 1975) das Eis tatsächlich bis an die Moosschicht anstand. Hangaufwärts weicht das Bodeneis in größere Tiefe zurück (vgl. Abb. 6), die Vegetation ist aber in der Artenzusammensetzung noch vergleichbar. Hier wurde die Vergleichsstation B eingerichtet, an der dieselben Arten unter geringerer Belastung durch Bodenkälte untersucht wurden. Im ganzen Bereich A und B, d. h. also in dem relativ schmalen, von lückiger Vegetation bestandenen Bodeneis-Hang, wurden zusätzliche Untersuchungen durchgeführt (siehe Kap. 2.). Diese Standorte A und B waren erstmals im Juli 1973 im Verlauf einer Vorexkursion (MAIER, KARTUSCH) ökophysiologisch untersucht worden.

Der Standort C schließlich, am SW-Eck des „Bodens" hangaufwärts gelegen, eingesenkt an der Bruchlinie zwischen zwei Schutthalden, war der bekannte „Eisbrunnen", an dem erstmals (GRESSEL 1962) die Mächtigkeit des Matzen-Eisvorkommens demonstriert wurde. Der Brunnen-

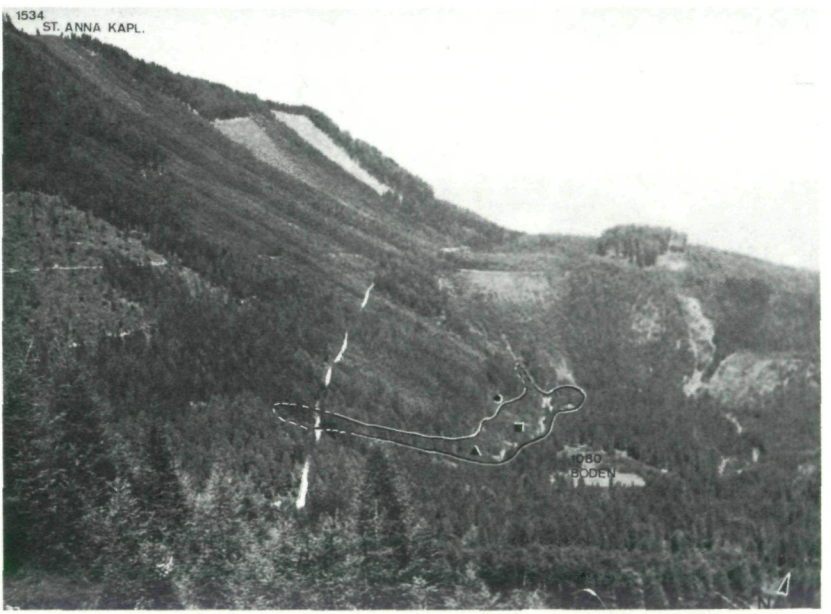


Abb. 2: Wie in Abb. 1, aber photographisch dokumentiert, die Lage und Ausdehnung des durch Bodenkaltluft beeinflußten Areals am Ostabfall der Matzen. ■ Meßplatz A; ● Vergleichsstandort B; ▲ Meßplatz C, „Eisbrunnen". Das durch die Bodenkaltluft beeinflußte Gebiet wurde mit Hilfe einiger Infrarot-Fehlfarben-Photographien abgegrenzt.
Die Kaltluft tritt im Randbereich eines vornehmlich aus grobem Material bestehenden Schuttkegels aus. Der Talkessel erinnert an eine Doline.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

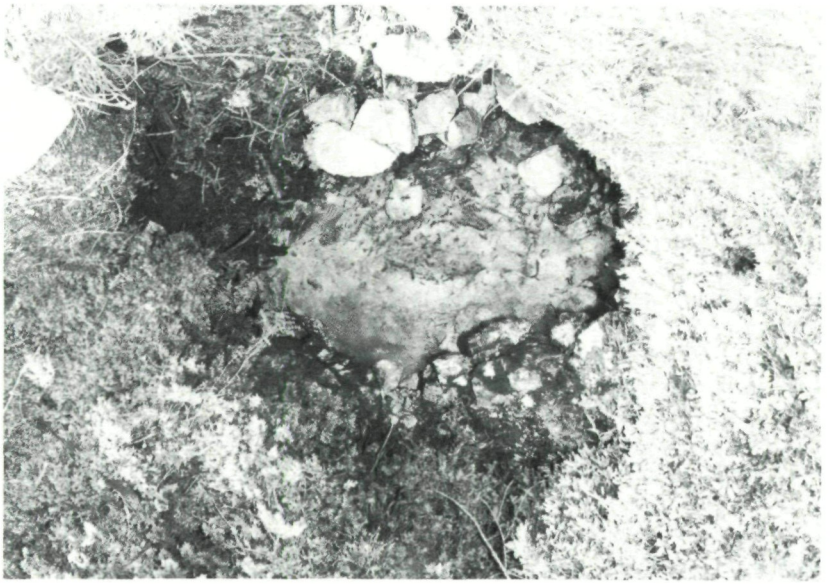


Abb. 3: Anstehendes Bodeneis in einer Grube östlich des „Eisbrunnens". Das Eis reicht stellenweise bis knapp unter die Moos- und Flechtenschicht. Im Juli und September (BOLHÁR) war diese Eisstelle verschwunden und das Eis im Brunnen auf 1,8 m gefallen, obwohl die Bodentemperatur tiefer war.

schacht ist 7 m tief und war zur Zeit unserer Arbeit bis etwa einen Meter unter den Rand vereist.

Seit 1893 (CANAVAL) ist die Diskussion über Entstehung und Bestand des mächtigen Bodeneises an den Hängen der Matzen im Gange. Zwei Theorien, die aber beide auf großräumiger Zirkulation von Kaltluftmassen basieren, stehen einander gegenüber. CANAVAL nimmt an, daß von oben vertikal in die Schutthalden eindringende Luftmassen zur Verdunstung großer Wassermengen und dadurch zu starker Abkühlung des tiefersinkenden Luftstroms führen; im unteren Bereich der Schutthalden träte die bis zum Gefrierpunkt abgekühlte Luft wieder aus dem Schutthang aus, schüfe hier das extrem kalte Bodenklima und die Dauereisstellen und würde nach dem Austritt – erwärmt – als Hangthermik hochsteigen. Für diese Ansicht spricht die von uns gemessene Veränderung der Luftaustrittsschnelligkeit im Tagesgang (siehe Kap. 4.).

GRESSEL (1962) führt dagegen die Vereisung auf die wahrscheinlich sehr großräumige Höhlenbildung im Inneren des Matzenstockes und der Umgebung zurück, wobei (zit. HÖLZEL 1963) „ins Kluftsystem des Berges eindringende Kaltluft, gemeinsam mit unterirdischen Sickerwässern, die großen Eismengen zu erhalten und zu regulieren vermag".

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Es ist nicht unsere Absicht, uns in die geologisch-speläologisch-klimatologische Diskussion einzuschalten, wir bringen aber in Kap. 4 Daten zur Geschwindigkeit der Luftauströmung in unserem Untersuchungsbereich.

1.1. Zielsetzung

Im Pflanzenphysiologischen Institut der Universität Wien ist seit jeher eine starke ökophysiologische Freilandtradition vorhanden, die auf die Arbeiten UNGERS und WIESNERS zurückgeht. In den letzten Jahren wurde gezielt ein Gerätepark aufgebaut, der es erlaubt, im Rahmen von Lehr- und Forschungsexkursionen breit gefächerte Untersuchungen an einem ausgewählten Standort durchzuführen. Die Zielsetzung dieser Exkursion war es, an der Vegetation der Eisstandorte den Wasserumsatz, den Chemismus und die Anatomie von Pflanzen unter den extremen Bedingungen der starken sommerlichen Einstrahlung einerseits und der geringen Bodenwasserverfügbarkeit durch tiefe Bodentemperaturen andererseits zu erfassen. Um solchen Bestimmungen Aussagewert zu geben, ist es nötig, zusätzlich sowohl das pedosphärische und das atmosphärische Kleinklima wie auch den Bodenchemismus zu bestimmen und mit floristisch-vegetationskundlichen Aufnahmen zu verbinden.

2. METHODEN

2.1. Klima

Die mikroklimatischen Temperaturen am Standort wurden ebenso wie die relativen Luftfeuchtigkeiten mit Hilfe von Assmann-Aspirationspsychrometern gemessen und durch Thermohygrographen-Registrierung kontrolliert.

Die Dauerregistrierung der Temperaturen im Profil Boden–Luft erfolgte mit Hilfe eines Yellow Springs-Telethermometers mit 10 NTC-Temperaturfühlern über einen Meßstellenumschalter (Abb. 4).

Die Evaporation wurde mit Standardevaporimetern und grünen Filterpapierscheiben bestimmt, wobei die Evaporimeter in der Vertikalen in Meterabständen angeordnet wurden.

Die Lichtmessung wurde mit Hilfe eines LI-185 Quantum/Radiometer/Photometers (Lambda Instruments Corp.) im PhAR-Bereich zwischen 400 und 700 nm durchgeführt. Relative Lichtgenüsse am Standort sind in Prozent der globalen Einstrahlung zwischen 300 und 3000 nm ausgedrückt. Gleichzeitig wurde die gesamte Globalstrahlung zwischen den Wellenlängen 300 und 3000 nm pyranometrisch (Sternpyranometer nach DIRMHIRN) dauerregistriert.

Die Luftgeschwindigkeits-Messung an den verschiedenen Ausströmstellen der Kaltluft wurde so durchgeführt, daß die Ausström-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4: Die Bodentemperatur-Meßanlage am Meßplatz A (Eis) in einem Krüppelfichtenbestand.

stelle zu einem größenmäßig passenden Kanal ausgestaltet wurde, in den für die Messung ein Schaufelrad-Anemometer eingeschoben wurde. Am Standort C wurde zusätzlich an natürlichen Ausströmöffnungen gemessen.

2.2. Bodenchemismus

Für die halbquantitative Prüfung auf einige Hauptnährstoffe am Standort wurden etwa 20 g frischer, gesiebter Boden in 100 ml Morgan-Lösung (100 g Natriumacetat + 30 ml Eisessig/1000 ml destilliertes Wasser) aufgeschlämmt und etwa 15 Minuten geschüttelt. Am klaren Filtrat wurden halbquantitative Nachweise für Nitrat, Phosphat, Chlorid und Sulfat in Anlehnung an SCHUTT (1958) durchgeführt.

Zur Bestimmung des Boden-pH-Wertes wurden Eprouvetten etwa zu einem Drittel mit Boden angefüllt, mit H_2O bzw. 1 m KCl-Lösung aufgeschlämmt und etwa 5 Minuten geschüttelt. Der pH-Wert wurde mit einem tragbaren pH-Meter (Beckman H5) gemessen. Die KCl-Werte liegen stets unter den entsprechenden H_2O-Werten, da durch Ionenaustausch (H^+ gegen K^+) das pH verschoben wird.

Die Kationenbestimmungen wurden ebenfalls an einem Bodenauszug mit Morgan-Lösung durchgeführt: 5 g trockener Boden wurden mit

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

100 ml Morgan-Lösung 1 Stunde lang geschüttelt. Nach entsprechender Verdünnung des Filtrates wurden K, Mg und Ca atomabsorptionsspektrophotometrisch erfaßt.

2.3. Bestimmungen an der Vegetation

Herstellung von Pflanzenextrakten. Frischgewicht und Trockengewicht (24^h bei 95°) der Pflanzenproben wurden bestimmt. Aus der Gewichtsdifferenz ergab sich der Frischwassergehalt. 0,1 g getrocknetes, pulverisiertes Pflanzengut wurde mit insgesamt 100 ml kochendem destilliertem Wasser ½ Stunde extrahiert. Das klare Filtrat konnte direkt am Atomabsorptions-Spektrophotometer vermessen werden.

Zur Preßsaft-Gewinnung wurden die frischen Triebe bzw. Blätter in große Eprouvetten gefüllt, die mit Zellstoff und Aluminium-Folie abgedeckt und in ein kochendes Wasserbad eingestellt wurden (½ Stunde). Die abgetöteten Pflanzen wurden dann im Labor mittels hydraulischer Presse ausgepreßt. Der potentielle osmotische Druck des Preßsaftes wurde an einem Osmometer nach dem Prinzip der Gefrierpunkterniedrigung ermittelt.

Die Transpiration wurde nach der STOCKER'schen Schnellwägemethode bestimmt (STOCKER 1929).

Die Produktionsgröße LAI (Leaf area index = Blattflächenindex = Ausbildung photosynthetisierender Fläche in m^2/m^2 Grundfläche) ist ein Basisparameter für die Interpretation der Primärproduktion an einem Standort, denn die Blattflächenentwicklung ist sowohl ein Maß der potentiellen Lichtnutzung wie des potentiellen Wasserumsatzes wie der intra- und interspezifischen Konkurrenzsituation und der potentiellen Produktion. Wir versuchten bei der Bestimmung des LAI erstmals die photometrische Methode, wie sie von MONSI und SAEKI (1953) ausgearbeitet wurde. Dabei ist es möglich, aus der Lichtmessung am Standort im Vergleich zur globalen Strahlung und zur Kenntnis des Extinktionskoeffizienten des Blattwerks den LAI zu berechnen. Um unabhängig vom Sonnenwinkel zu sein, wurde sowohl die Eichbestimmung des Extinktionskoeffizienten als auch die LAI-Messung selber bei wolkenlosem Himmel in der Stunde vor Mittag durchgeführt.

Weitere Untersuchungen galten dem Wassersättigungsdefizit verschiedener Pflanzen (Farne, Flechten) am Standort, die nach den üblichen Wägemethoden durchgeführt wurden. Es wurden sowohl ganze Pflanzen (STOCKER 1929) wie auch Blattscheibchen vermessen (ČATSKÝ 1960). Das aktuelle Wassersättigungsdefizit (WSD) ist ein gutes Maß für die Anspannung des Wasserhaushaltes der Pflanze.

Jahresringbreiten der Eisfichten wurden über Bohrkerne und eingebrachte Stammstücke mikrophotographisch festgestellt. Ebenso wurden Nadelblattproben von verschiedenen Standorten im Labor biometrisch analysiert.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Flächenvegetationsaufnahmen und Vegetationsaufnahmen in Temperaturgradienten ergänzten das Programm.

3. DIE VEGETATION DER EISSTANDORTE AM O-HANG DER MATZEN

Die Aufnahme Nr. 1 (Tab. 2) gibt einen Überblick über den Bewuchs des Eisstandortes, der die Meßstelle C „Eisbrunnen" einschließt. Die erste Spalte bezeichnet jeweils die Abundanz (Häufigkeit) steigend von 1 bis 5, wobei für „vereinzelt" das Zeichen *r* eingesetzt wird, das Zeichen + für „sehr vereinzelt". Spalte 2 gibt steigend von 1 bis 5 den Grad der Soziabilität an. Die Baumschicht ist klar von *Picea abies* dominiert, die beiden Strauchschichten S_1 und S_2 von *Sorbus aucuparia.* Der Umgriff des „Eisbrunnens" wurde am 28. Juni einer kombinierten Gradientenanalyse hinsichtlich Lufttemperatur in Bodennähe und Bewuchs unterzogen. Vom kältesten Punkt, dem „Eisbrunnen" selber, wurden 12 radiäre Gradienten gelegt (A–L), wobei jeder dieser Gradienten in 7 Stationen unterteilt wurde (1–7, Abb. 5). Die Vegetationsaufnahme entlang der Gradienten ist in Tab. 1 aufgeschlüsselt. Auffallend ist die Häufung von *Lonicera coerulea* im Bereich der tiefsten Lufttemperaturen. Vor allem der Radius A, der in einem schmalen Graben westwärts an der Bruchlinie zwischen zwei Schutthalden dahinführt, zeigt schön den Zusammenhang zwischen Artenarmut und Tieftemperaturen. Die relative Artenarmut in B und C ist dagegen eher auf orographische Gründe zurückzuführen. Hier ziehen sich die Gradienten über die südliche Steilflanke der nördlich gelegenen Schutthalde. Völlig indifferent gegenüber der Temperaturverteilung scheint *Sorbus aucuparia* zu sein; *Valeriana tripteris, Paris quadrifolia* und *Anemone trifolia* neigen zu den „wärmeren" Standorten. In unmittelbarer Nähe des „Eisbrunnens" fehlt jede natürliche Verjüngung der Fichte und der Buche, nur *Sorbus aucuparia* und *Lonicera coerulea* treten hier als höherwüchsige Holzgewächse auf. Ähnlich indifferent wie *Sorbus aucuparia* in der Strauchschicht 1 ist *Vaccinium myrtillus* in der Strauchschicht 2. *V. vitis-idaea* meidet dagegen die relativ kalten Standorte und tritt erst bei höheren Lufttemperaturen auf. Die Voraussetzungen für die Temperaturgradienten-Bestimmung, soweit sie die von der Bodentemperatur abhängigen bodennahen Luftschichten betrifft, waren an diesem Tag besonders günstig, da es keine direkte Sonnenstrahlung, sondern diffuse Himmelsstrahlung und zeitweilig leichten Nieselregen gab.

Die Aufnahme Nr. 2 (Tab. 3) stammt vom 27. Juni und gibt ein Bild der Vegetation im Umgriff der Meßstandorte A und B (vgl. Abb. 1). An dieser wesentlich offeneren Stelle mit fleckenweise anstehendem Eis ist es *Betula pubescens,* die Moorbirke, die gemeinsam mit der dominanten *Picea abies* die Baumschicht bildet. Typisch ist das Fehlen einer zweiten Strauchschicht, wenn man nicht die beiden Vaccinien als eine eigene

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

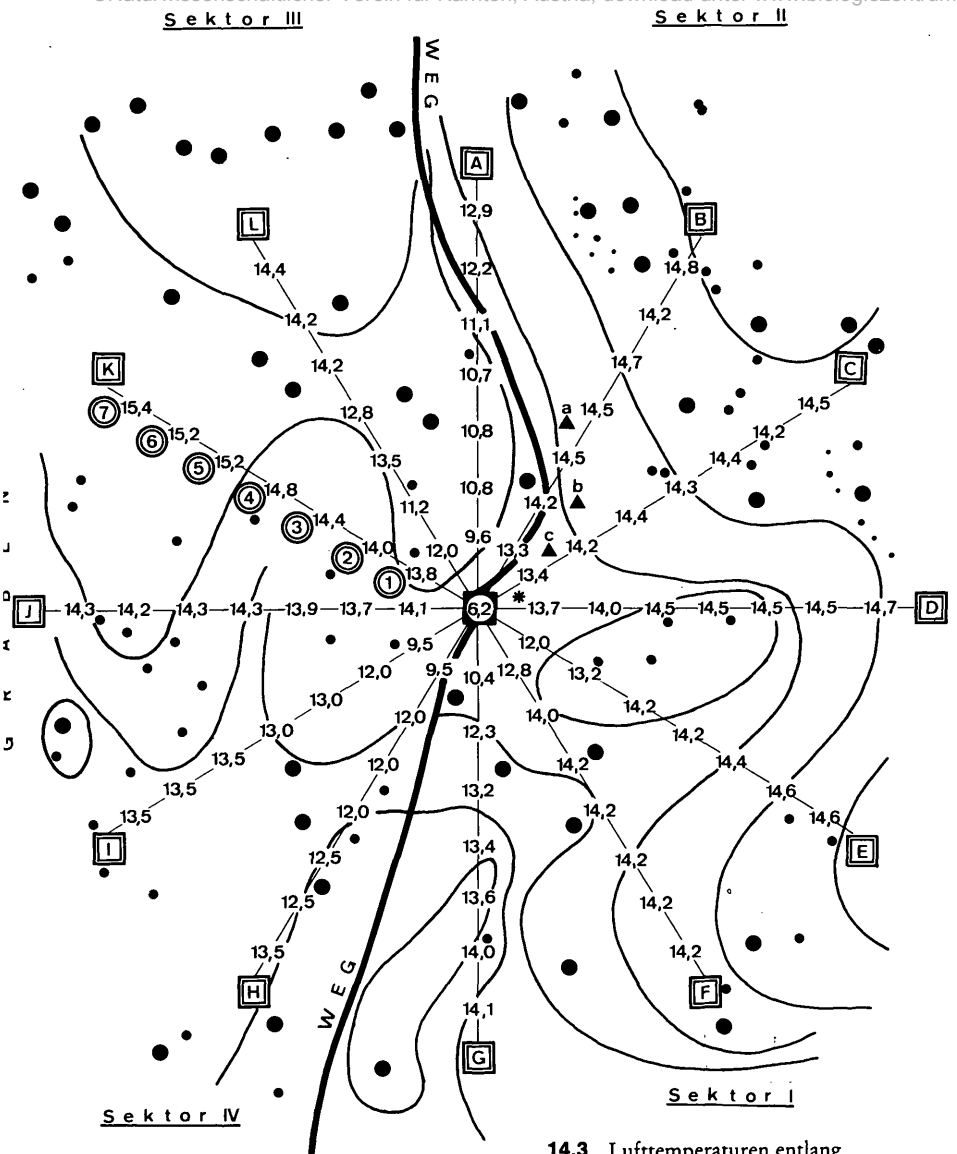


Abb. 5: Radiär-Gradientenanalyse der Temperaturen der bodennahen Luftschicht um den „Eisbrunnen" (C) am 28. Juni 1975 bei bedecktem Himmel. Die an den Meßstellen 1–7 der Gradienten A–L gemessenen Lufttemperaturen korrespondieren mit den Vegetationsaufnahmen in Tab. 2.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1 a

	RADIUS A	RADIUS B	RADIUS C
①	Hylocomium splendens Dicranella heteromalla Lonicera coerulea Oxalis acetosella	Diphasuim alpinum Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia	Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia
②	Hylocomium splendens	Diphasium alpinum Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia	Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia
③	—	Diphasium alpinum Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia Picea abies	Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia Lonicera coerulea
④	Vaccinium myrtillus	Diphasium alpinum Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia Picea abies	Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia Lonicera coerulea
⑤	Vaccinium myrtillus Hylocomium splendens Diphasium alpinum	—	Lonicera coerulea
⑥	Vaccinium myrtillus Hylocomium splendens Diphasium alpinum Lonicera coerulea	Vaccinium myrtillus Lonicera coerulea	Paris quadrifolia
⑦	Hylocomium splendens Lonicera coerulea	Diphasium alpinum Dicranella heteromalla Hylocomium splendens	—

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1 b

	RADIUS D	RADIUS E	RADIUS F
①	Lonicera coerulea	—	—
②	Rhytidiadelphus triqueter Rubus sp. Diphasium alpinum Sorbus aucuparia Vaccinium myrtillus	Homogyne alpina Sorbus aucuparia Lonicera coerulea Paris quadrifolia Pyrola uniflora Dicranella heteromalla Hieracium sylvaticum Valeriana tripteris	Lonicera coerulea Luzula sylvatica Paris quadrifolia Pyrola uniflora
③	Diphasium alpinum Vaccinium myrtillus Rubus sp. Oxalis acetosella Pyrola uniflora	Diphasium alpinum Doronicum austriacum Valeriana tripteris Oxalis acetosella Vaccinium myrtillus	Diphasium alpinum Lonicera coerulea Valeriana tripteris
④	Fagus sylvatica Sorbus aucuparia Picea abies Vaccinium myrtillus Diphasium alpinum	Daphne mezereum Fagus sylvatica Luzula sylvatica Plagiochila asplenioides	Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia Valeriana tripteris
⑤	Homogyne alpina Lonicera coerulea Sorbus aucuparia Rubus sp.	Ajuga pyramidalis Picea abies Valeriana tripteris Rhytidiadelphus triqueter Vaccinium vitis-idaea	Picea abies Diphasium alpinum Sorbus aucuparia Fagus sylvatica Lonicera coerulea Valeriana tripteris
⑥	Luzula sylvatica Rhytidiadelphus triqueter Valeriana tripteris Paris quadrifolia Aposeris foetida Daphne mezereum	Paris quadrifolia Veronica latifolia Euphorbia amygdaloides Fagus sylvatica Valeriana tripteris Hypericum sp. Maianthemum bifolium	Paris quadrifolia Aquilegia vulgaris Daphne mezereum Sorbus aucuparia Anemone trifolia
⑦	Paris quadrifolia Vaccinium vitis-idaea Vaccinium myrtillus Pyrola uniflora Plagiochila asplenioides	Fagus sylvatica Picea abies Aquilegia vulgaris Hieracium sylvaticum	Daphne mezereum Maianthemum bifolium Vaccinium myrtillus Clematis alpina Anemone trifolia

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1 c

	RADIUS G	RADIUS H	RADIUS I
①	—	—	—
②	Lonicera coerulea Luzula sylvatica Paris quadrifolia Pyrola uniflora	Picea abies Sorbus aucuparia Melampyrum sylvaticum	Hieracium sylvaticum Picea abies Homogyne alpina Fagus sylvatica
③	Fagus sylvatica Daphne mezereum Anemone trifolia Valeriana tripteris	Vaccinium vitis-idaea Polygala amarella Daphne mezereum Luzula sylvatica Fragaria moschata	Dentaria enneaphyllos Polygala amarella Fragaria moschata Daphne mezereum
④	Oxalis acetosella Dentaria enneaphyllos Homogyne alpina Vaccinium myrtillus	Veronica latifolia Daphne mezereum Fagus sylvatica Anemone trifolia	Sorbus aucuparia Lonicera coerulea Vaccinium vitis-idaea Fagus sylvatica
⑤	Sorbus aucuparia Fagus sylvatica Lonicera coerulea Paris quadrifolia Rhytidiadelphus triqueter Daphne mezereum	Pyrola uniflora	Homogyne alpina Anemone trifolia Vaccinium myrtillus
⑥	Maianthemum bifolium Homogyne alpina Oxalis acetosella Paris quadrifolia Helleborus niger	Helleborus niger Lonicera coerulea Anemone trifolia Euphorbia amygdaloides Valeriana tripteris	Fagus sylvatica Helleborus niger Euphorbia amygdaloides Valeriana tripteris Picea abies
⑦	Lonicera alpigena Rubus sp. Fagus sylvatica Anemone trifolia Dicranum scoparium	Vaccinium vitis-idaea Helleborus niger Daphne mezereum Dentaria enneaphyllos Fagus sylvatica	Veronica latifolia Paris quadrifolia Rubus sp. Lonicera coerulea

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 1 d

	RADIUS J	RADIUS K	RADIUS L
①	Daphne mezereum	Sorbus aucuparia Vaccinium myrtillus	—
②	Fagus sylvatica Lonicera coerulea Vaccinium myrtillus Dentaria enneaphyllos	Daphne mezereum	Sorbus aucuparia Luzula sylvatica Lonicera coerulea
③	Vaccinium myrtillus Sorbus aucuparia Lonicera xylosteum	Sorbus aucuparia Fagus sylvatica	Fagus sylvatica Picea abies
④	Vaccinium myrtillus Lonicera coerulea Lonicera xylosteum Sorbus aucuparia Pyrola uniflora Dentaria enneaphyllos	Lonicera xylosteum Fagus sylvatica	Helleborus niger Lonicera xylosteum Sorbus aucuparia Aquilegia vulgaris
⑤	Lonicera coerulea Picea abies Fagus sylvatica Dentaria enneaphyllos Anemone trifolia	Sorbus aucuparia Fagus sylvatica Luzula sylvatica Helleborus niger	Vaccinium myrtillus Doronicum austriacum Paris quadrifolia
⑥	Lonicera coerulea Fagus sylvatica Picea abies Geum rivale	Fagus sylvatica Picea abies	Luzula sylvatica
⑦	Picea abies Fagus sylvatica Vaccinium myrtillus Rubus sp. Polygonatum verticillatum	Fagus sylvatica Picea abies Saxifraga rotundifolia	Valeriana tripteris Homogyne alpina Daphne mezereum

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Strauchschicht ausgliedert. Sie sind hier der geringen Wuchshöhe wegen der Krautschicht zugeordnet. An den offensten Stellen ist immer wieder *Botrychium lunaria,* die seltene Mondraute, eingesprengt. Die tundrenähnlichen, besonders stark eisbelasteten Stellen werden neben den Flechten (siehe Tab. 4) von den beiden Laubmoosarten *Hylocomium splendens* und *Pleurozium schreberi* dominiert.

Tabelle 2

1975-o6-27	Nummer 1
Gotschuchen	Fläche (m^2): 3oo
Matzeneis	Boden sauer (pH 4)

Bemerkungen:

Gebiet teils flach, teils Hanglage;
ca. 15-2o m Umgebung des Eisbrunnens
(Standort C) erfaßt;
Gesamtdeckung: ca. 7o %

B:	3,5	Picea abies	1,1	Dentaria enneaphyllos
	r,1	Fagus sylvatica	1,1	Majanthemum bifolium
			1,1	Clematis alpina
S1:	1,3	Fagus sylvatica	+,1	Polygala amarella
	1,3	Sorbus aucuparia	+,1	Gymnocarpium sp.
	1,3	Picea abies	+,1	Euphorbia amygdal.
			+,1	Hypericum sp.
S2:	1,2	Lonicera coerulea	r,1	Aremonia agrimon.
	2,4	Sorbus aucuparia	1,4	Oxalis acetosella
	1,3	Fagus sylvatica	2,4	Lycopodium sp.
	1,3	Picea abies	+,2	Asplenium viride
	r,1	Daphne mezereum	+,2	Athyrium filix-femina
	1,2	Lonicera alpigena	+,1	Pyrola uniflora
			+,2	Doronicum austriacum
K:	1,1	Fagus sylvatica	+,2	Veronica latifolia
	1,2	Picea abies	+,2	Dryopteris filix-mas
	1,2	Sorbus aucuparia	+,2	Adenostyles sp.
	4,5	Vacc. myrtillus	1,3	Aster bellidiastrum
	1,3	Vacc. vitis-idaea	r,1	Corallorhiza trifida
	1,1	Paris quadrifolia	+,1	Aquilegia vulgaris
	1,2	Luzula sylvatica	+,1	Ajuga pyramidalis
	2,1	Anemone trifolia	r,1	Urtica dioica
	1,1	Hieracium sylvat.	1,3	Aposeris foetida
	r,1	Daphne mezereum	+,2	Viola biflora
	1,1	Homogyne alpina	r,1	Polygonum viviparum
	+,3	Chrysosplenium alternifolium	+,1	Alchemilla sp.
	1,1	Valeriana tripteris	r,1	Pyrola rotundifolia
	+,1	Fragaria moschata	+,1	Poa alpina
	1,1	Melampyrum sylvat.	1,4	Poa nemoralis
	+,2	Rubus sp.	+,1	Senecio sp.
	1,2	Helleborus niger	1,1	Saxifraga rotundifolia

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 3

1975-06-27
Gotschuchen
Matzen

Nummer 2
Fläche (m^2): ca. 200
Boden: Rendzina 15 cm
A-C - Horizont

Bemerkungen:
Eisstandort (A und B)

B:	2,3 Picea abies	1,1 Carex cf. ericetorum
	+,1 Betula pubescens	r,1 Alnus viridis
		+,1 Clematis alpina
S1:	1,2 Picea abies	+,2 Calluna vulgaris
	+,1 Lonicera coerulea	+,1 Valeriana tripteris
	+,1 Larix europaea	+,1 Thymus serp.agg.
	1,2 Juniperus communis.	r,1 Salix aurita
		+,2 Epilobium sp.
K:	3,4 Vacc. vitis-idaea	1,2 Hieracium sp.
	+,2 Vacc. myrtillus	
	1,1 Rubus sp.	M:
	+,1 Lonicera coerulea	1,3 Selaginella selag.
	+,2 Potentilla erecta	+,1 Diphasium alpinum
	r,1 Ranunculus sp.	2,4 Hylocomium splendens
	+,1 Antennaria dioica	2,4 Pleurcium Schreberi
	1,2 Carex ornithopoda	1,3 Rhytidiadelphus triqu.
	1,2 Festuca sp.	1,3 Hypnum sp.
	1,2 Lotus corniculatus	+,2 Dicranella heteromalla
	+,1 Polygala amara	
	1,1 Majanthemum bifol.	
	+,1 Melampyrum sylvat.	
	r,1 Botrychium lunaria	
	1,2 Alchemilla sp.	
	r,1 Luzula campestris	
	r,1 Fragaria moschata	
	+,1 Aster bellidiastrum	
	+,1 Poa alpina	
	+,1 Sorbus aucuparia	
	1,2 Veronica sp.	

Tabelle 4

Am Standort wurden folgende Flechten bestimmt (nach BERTSCH 1964):

Cetraria glauca (L.) Ach.

Cetraria islandica (L.) Ach.

Cladonia pinastri (Scop.) S. Gray

Cladonia silvatica (L.) Hoff.

Peltigera cf. aphthosa

Peltigera rufescens

Parmelia furfuracea (L.) Ach.

Usnea dasypoga Röhl.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

4. DIE WESENTLICHEN MIKROKLIMATISCHEN FAKTOREN AN DEN STANDORTEN A, B UND C

Bestimmend für die Vegetation am Eisstandort sind zwei einander entgegengesetzt wirkende klimatische Faktoren: die starke Einstrahlung, die zu einer außerordentlich kräftigen Erwärmung der Moos-, Flechten- und obersten Bodenschichten führt, und die permanente Bodenkälte in Verbindung mit stetig ausströmender Kaltluft. In Tab. 5 sind die Luftströmungsmessungen am Standort A vom 26. und 27. Juni bei schönem Wetter dargestellt. Meßpunkt b ergab dabei einen ziemlich deutlichen Gipfel der Ausströmgeschwindigkeit um die Mittagszeit, der eher auf eine Interpretation der Kaltluftströme in CANAVAL'schem Sinne deutet. Der nahegelegene Meßpunkt a zeigt jedoch ein gegenläufiges Verhalten. Daß diese Messungen nicht allzu aussagekräftig sind, außer daß sie einen bis 6 km/h schnellen Kaltluftstrom dokumentieren, mag vielleicht auch auf die Methodik des Anbohrens zurückzuführen sein; am 28. Juni wurden die Luftstrommessungen beim „Eisbrunnen" durchgeführt (Tab. 6), wobei die Meßstellen a_1 und b_1 ähnlich wie am Eishang der Tab. 5 gegraben wurden und c_1 gebohrt wurde (vgl. Abb. 5, aus drucktechni-

Tabelle 5

Luftströmungsmessung (Anemometer): Standort: Eishang (A)

1975 - 06 -26					
Meßpunkt a			Meßpunkt b		
Zeit	Meter/Minuten	Km/h	Zeit	Meter/Min.	Km/h
10^{00}	38,5	2,3	13^{30}	96,0	5,8
10^{55}	41,0/45,0	2,4/2,7	14^{30}	60,0	3,6
11^{30}	34,0	2,0			
12^{30}	55,0	3,3			
13^{30}	56,0	3,3			
16^{00}	52,0	3,1			
1975 - 06 - 27					
Meßpunkt a			Meßpunkt b		
8^{30}	51,0	3,1		71,0	4,2
9^{30}	51,0	3,1		78,0	4,6
10^{30}	48,0	2,8		76,0	4,5
11^{30}	58,0	3,4		86,0	5,1
12^{30}	48,0	2,8		80,0	4,8
13^{30}	49,0	2,9		81,0	4,8
14^{30}	51,0	3,0		77,0	4,6
15^{30}	51,0	3,0		75,0	4,5
16^{30}	59,0	3,5		72,0	4,3
17^{30}	58,0	3,4		72,0	4,3

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

schen Gründen mit a, b, c bezeichnet), wogegen für die Messungen, die unter d_1 und e_1 angeführt sind, natürliche Löcher im Boden Verwendung fanden. Die Messungen in d_1 und e_1 scheinen daher die verläßlichsten zu sein, wenn man die natürlichen Verhältnisse darstellen will. In beiden natürlichen Löchern war ein deutlicher Trend zur Luftstromverstärkung gegen Mittag hin zu sehen.

Abb. 6 zeigt die Ergebnisse der Konteraktion tiefer Bodentemperaturen und hoher Einstrahlung, wobei im oberen Block A der Abbildung in überhöhter Darstellung die tieferen Bodenschichten gezeigt sind. Der untere Block B stellt die bodennahen Luftschichten und die Bodenschichten bis 10 cm Tiefe dar. Am auffälligsten ist wohl, daß trotz sehr hoher Oberflächentemperaturen, die am 27. Juni ähnlich wie die Lufttemperatur um 36°C lagen, schon in 10 cm Tiefe eine ganz gleichmäßige Temperatur um 4°C Tag und Nacht beibehalten wird. In 40 cm Tiefe liegt die

Tabelle 6

Luftströmungsmessung (Anemometer); Standort: Eisbrunnen (C)
1975-06-28

Meßpunkte: a_1: (siehe Abb.5), gegraben
b_1: - " - gegraben
c_1: - " - gebohrt
d_1: 52 m v. Standort entfernt
e_1: 58 m v. Standort entfernt
d_1, e_1: nordwestlich vom Eisbrunnen, bei großer freistehender Lärche; natürliche Löcher

Meßpunkt a_1			Meßpunkt b_1		
Zeit	Meter/Min.	km/h	Zeit	Meter/Min.	km/h
8^{45}	38,0	2,28	8^{45}	48,0	2,88
9^{30}	44,0	2,64	9^{30}	40,0	2,40
10^{30}	46,0	2,76	10^{30}	32,0	1,92
11^{30}	39,0	2,34	11^{30}	38,0	2,28
Meßpunkt c_1			Meßpunkt d_1		
9^{30}	74,0	4,44	9^{30}	58,0	3,48
10^{30}	78,0	4,68	10^{30}	68,0	4,08
11^{30}	82,0	4,92	11^{30}	62,0	3,72
Meßpunkt e_1					
9^{30}	56,0	3,36			
10^{30}	61,0	3,66			
11^{30}	68,0	4,08			

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

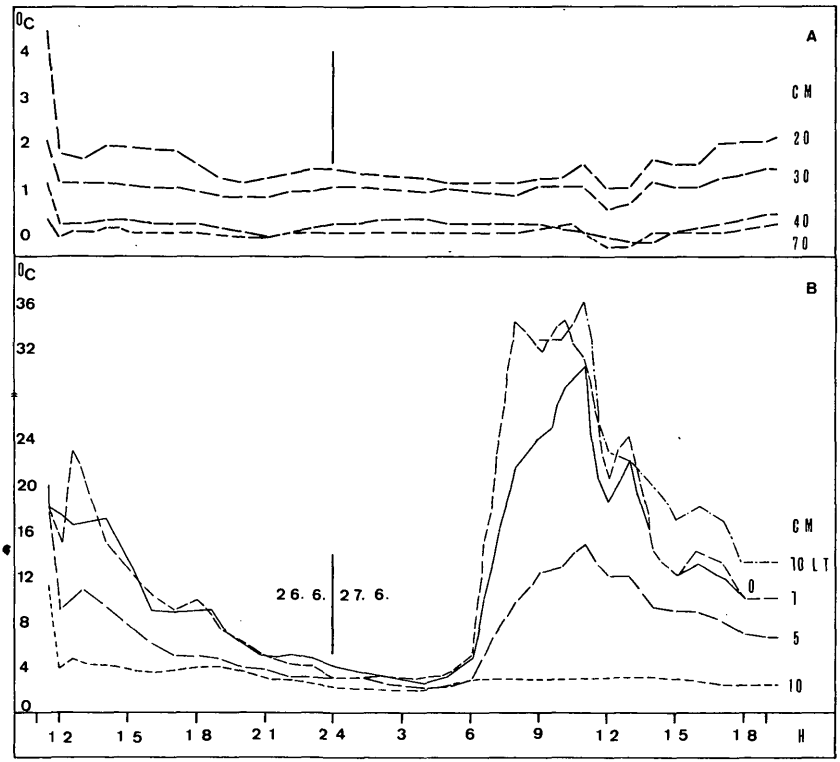


Abb. 6: Temperaturverlauf der bodennahen Luftschicht (LT) und verschiedener Bodentiefen (1–70 cm) am Standort A (Eishang) am 26. und 27. Juni 1976. Im oberen Block „A" sind die tieferen Bodenschichten von 20 bis 70 cm überhöht dargestellt. Schon bei 10 cm wird der Temperatur-Tagesgang unerheblich, die Temperatur dieser Schicht bleibt um 4°C.

permanente Temperatur nahe dem Gefrierpunkt. Von vielen Autoren (z. B. DÖRING 1935) wird beschrieben, daß die Wasseraufnahme durch die Wurzeln bei niedrigen Temperaturen stark absinkt. Nur Tundrenpflanzen und manche Bäume, zu denen auch die Fichte gehört, können Wasser noch bis zum Gefrierpunkt aus dem Boden entnehmen, allerdings werden auch sie stark behindert.

Abb. 7 stellt wieder das Parallelstück dar, den Standort „Eisbrunnen" am 28. Juni. Auch hier wieder die rapide Temperaturabnahme in jenem Bodenhorizont bis 10 cm, der der Hauptwurzelhorizont der Pflanzen ist. Abb. 8 zeigt in Form einer Bodentemperatur-Messung in 70 cm Tiefe, wie im Hangverlauf der Schutthalde an der Matzen das Bodeneis nach oben hin zurückweicht und im unteren Bereich mehrfach die Bodenoberfläche erreicht. 1 ist dabei die höchste am Hang gemessene

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

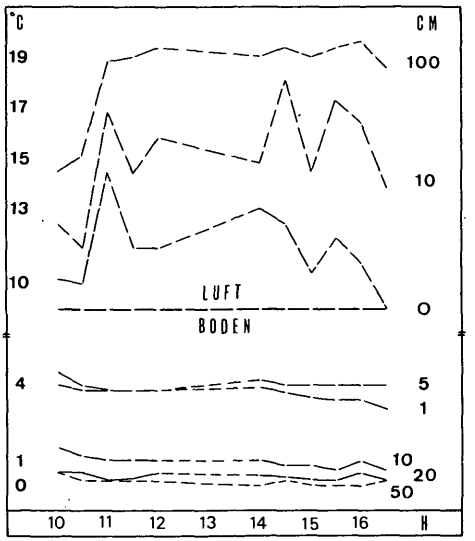


Abb. 7: Luft-Boden-Temperaturprofil vom Standort C („Eisbrunnen", 28. Juni 1975). Auch hier sind schon die obersten Bodenschichten durch die ausströmende Kaltluft stark temperaturgepuffert. In 50 cm Tiefe wird der Gefrierpunkt erreicht.

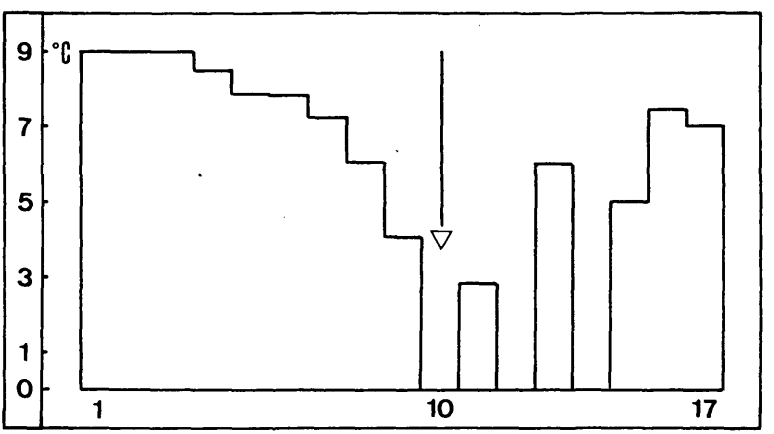


Abb. 8: Bodentemperaturen in 70 cm Tiefe in einem westöstlichen Gradienten vom Hang zum Fuß des Matzen-Schuttkegels. Dreimal (zum erstenmal bei Meßstelle 10, Pfeil) stößt das Eis bis an die Oberfläche durch. Der untere Teil des Schutthanges ist also durch Kaltluft stärker belastet (Meßstelle 10 entspricht dem Standort A des Eishanges).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Stelle, 17 die tiefste, am Übergang zum „Boden". Dreimal stößt das Eis in Oberflächennähe vor.

Eine interessante Ergänzung zu unseren Bodentemperatur-Aufnahmen wurde in einer Nachexkursion (BOLHÁR und DRAXLER) zwischen 27. und 30. Juli 1975 gewonnen. In Abb. 1 sind die Ergebnisse dieser Temperaturgradienten-Analyse für 50 cm Bodentiefe eingetragen. Die Zahlen an den Punkten der Gradienten geben jeweils die Temperatur in °C an. Das Ergebnis bestätigt die Temperatur-Aufnahmen vom Juni und den mehrfachen „Austritt" des Eises aus den tieferen Bodenschichten in Oberflächennähe. Zwei der drei (nach dieser Karte) am stärksten eisbelasteten Standorte wurden von uns untersucht. Nach BOLHÁR's und DRAXLER's Messungen sind die Kaltluftgänge (und damit das anstehende Eis) vielfach an Mulden und Gräben gebunden. Für die Schutthalde beschreiben sie die Möglichkeit der Solifluktion.

Zum Vergleich mit den Bodentemperaturen ist in Abb. 9 der Temperaturverlauf der Luft am Standort A zwischen 25. und 28. Juni 1975 für 2 m Höhe dargestellt. Das Klima der bodennahen Luftschicht wird nur während der Nachtstunden durch die Boden-Kaltluft stark beeinflußt. Während des Tages überwiegt die Strahlungswirkung.

Weitere Klimadaten finden sich im Kapitel über den Wasserhaushalt der Pflanzen am Eisstandort.

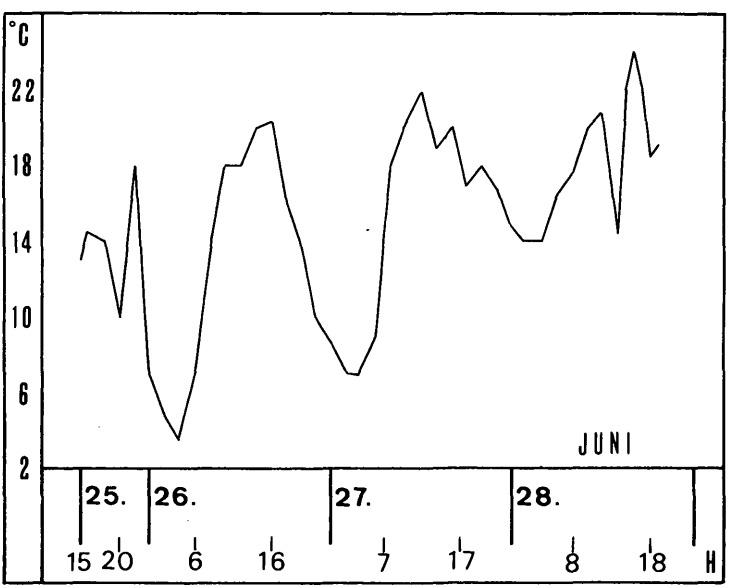


Abb. 9: Lufttemperatur in 2 m Höhe zwischen dem 25. und 28. Juni 1975 am Standort A (Eishang).

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

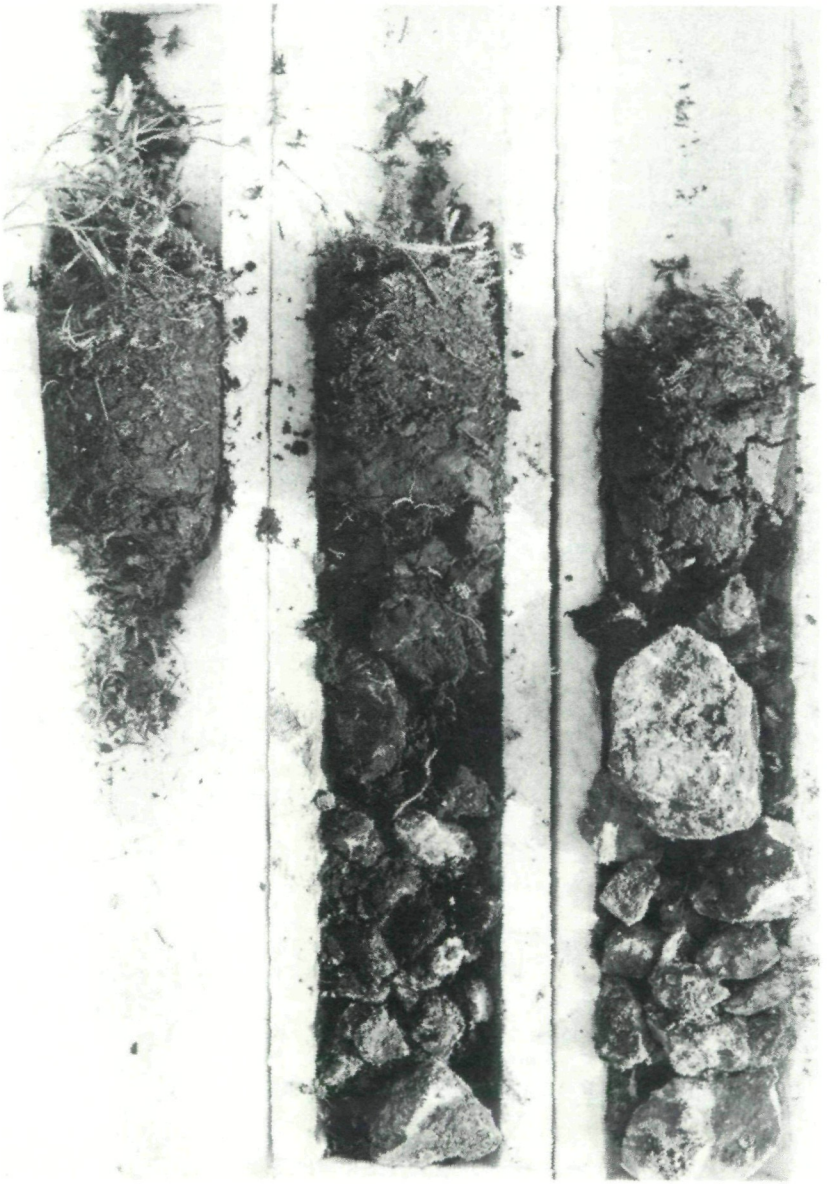


Abb. 10: Bodenprofile mit sinkender Hanghöhe von oben nach unten. Der Rendsina-Horizont nimmt zum Eisstandort (unten, Meßstelle 10 der Abb. 8) hin an Dicke ab.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

5. ZUM BODENCHEMISMUS VON EIS- UND UND VERGLEICHSSTANDORT

Zum Vergleich wurden Bodenproben unter *Vaccinium vitis-idaea* aus einer Tiefe von etwa 10 cm gewählt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 einander gegenübergestellt.Der Ca- und Mg-Gehalt im Boden des eisfreien Vergleichsstandortes ist um etwa 30% gegenüber dem Eistandort erhöht, der K-Gehalt ist dagegen am Vergleichsstandort um 30% erniedrigt. Auf der Anionenseite könnte man ein leichtes Übergewicht von Phosphat und Nitrat im Vergleichsboden hervorheben. Sulfat und Chlorid dagegen ließen sich mit halbquantitativen Feldmethoden in keinem Fall nachweisen, werden aber wohl in Spuren vertreten sein. Die etwas ungünstigere Nährstoffsituation sowie der etwas niedrige pH-Wert im Eisstandort könnten auf eine kältebedingte Verlangsamung der Bodenbildung, also einen relativ größeren Anteil an Rohhumus, zurückzuführen sein (Tab. 7).

Es wurden vergleichende pH-Messungen entlang des Bodenprofils auf Eis- bzw. eisfreiem Vergleichsstandort ausgeführt. Tab. 8 gibt Aufschluß über diese Messungen. Es fällt der wesentlich flachere pH-Gradient mit zunehmender Bodentiefe des Vergleichsstandortes auf. Die Ursache hiefür ist wohl in der größeren Tiefgründigkeit (Abb. 10), also in der besseren Bodenbildung, auf dem wärmeren Vergleichsstandort zu sehen. Demgegenüber scheint die Bodendynamik auf dem Eisstandort verzögert zu sein. Wieder ist der größere Rohhumusanteil verantwortlich für das niedrige pH in der obersten Schicht. Bereits in etwa 15 cm Tiefe erreicht man den mineralischen Untergrund (Dolomit ?) mit entsprechend basischen pH-Werten. Auf dem Vergleichsstandort stößt man dagegen erst in etwa 40 cm Bodentiefe auf Schotter.

Tabelle 7

Einige Daten zum Bodenchemismus des Eisstandortes A bzw. des eisfreien Vergleichsstandortes B. Kationen-Angabe in mMol/kg trockenem Boden.

	Frischwasser-gehalt in % Frischgewicht	pH		K	Ca	Mg	Nitrat	Phosphat	Sulfat	Chlorid
		H_2O	KCl							
Eisstandort	73,3	4,6	3,8	13,1	96	23	-	+	-	-
eisfreier Standort	71,4	5,2	4,4	9,3	133	33	±	++	-	-

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Tabelle 8 pH-Messung in verschiedener Bodentiefe auf Eis- bzw. eisfreiem Vergleichsstandort.

	Eis-Standort		eisfreier Vergleichs-standort B	
Tiefe (cm)	H_2O	KCl	H_2O	KCl
5	5,5	4,6	4,5	3,8
1o	5,6	4,8	5,7	4,5
15	5,5	4,8	7,3	6,5
3o	6,6	6,3	7,7	7,2

Boden-pH-Werte vom Eisbrunnen-Standort (C)

Einige stichprobenartige Messungen des pH-Wertes im schwarzen bis schwarzbraunen Rohhumus-Horizont ergaben Durchschnittswerte um 6,0 im Wasser bzw. 5,3 im KCl-Auszug. Nur im brunnennäheren Teil des *Lonicera*-Grabens (Gradient A in Abb. 5) fielen die Werte deutlich auf 5,6 bzw. 4,7 ab (entsprechend 4,9 und 4,0 im KCl-Auszug). Hier scheint also wiederum durch die tieferen Bodentemperaturen die Bodenbildung verzögert und Rohhumusspeicherung bevorzugt zu sein. Dagegen erreicht das pH im bräunlichen B-Horizont mit 7,6 (bzw. 7,1 in KCl) und im C-Horizont mit 7,8 (bzw. 7,4 in KCl) leicht alkalische Werte. Eine Bohrung aus einem Meter Tiefe unmittelbar neben dem „Brunnen" förderte lehmiges, mergeliges Material zu Tage, dessen pH 7,5 (bzw. 7,1 in KCl) war.

Messungen des Kationengehaltes in verschiedener Bodentiefe am Eisbrunnenstandort ergaben folgende Verteilung (Tab. 9):

Tabelle 9

Tiefe (cm)	K	Ca	Mg
2	9,8	156	90
5	3,0	281	219
10–20	0,13	322	418

Ca und Mg nehmen gegen den mineralischen Untergrund hin stark zu (Dolomit), K wird dagegen in den oberen Schichten angereichert. Dieser Hauptnährstoff wird wohl aus den tieferen Bodenschichten aufgenommen und gelangt mit dem Blattwurf in die oberen Humusschichten, wo er von den Bodenkolloiden festgehalten wird.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

6. DER CHEMISMUS DER PFLANZEN UNTER BODENEISBELASTUNG

Tab. 10 zeigt die Kationenverteilung sowie fallweise den potentiellen osmotischen Druck in den Versuchspflanzen vom Eis- bzw. eisfreien Vergleichsstandort. Als Bezugsgröße wurde der Frischwassergehalt gewählt, wodurch die Konzentrationsverhältnisse im Zellsaft am besten wiedergegeben werden. Ferner ist noch der Frischwassergehalt in Prozent des Trockengewichtes in die Tabelle aufgenommen worden. Am bemerkenswertesten ist die starke Ca- und Mg-Anreicherung in den alten *Vaccinium*-Blättern, die auf dem Vergleichsstandort noch wesentlich stärker hervortritt. Dabei fällt auf, daß der Ca- und Mg-Gehalt der jungen Blätter am Eisstandort höher ist. Diese Anreicherung in den alten Blättern betrug am Eisstandort für Ca und Mg das 9- bzw. 5fache; am Vergleichsstandort hingegen das 31- bzw. 18-fache. Das stimmt mit den Transpirationsmessungen an *Vaccinium,* die einen stärkeren H_2O-Umsatz bei den Pflanzen am Vergleichsstandort beweisen, gut überein. Der erhöhte potentielle osmotische Druck in *Vaccinium* vom Vergleichsstandort ließe sich aus der stärkeren Ca- und Mg-Aufnahme dieser Pflanzen erklären. Es fällt ferner auf, daß die K-Konzentration in alten Blättern von *Vaccinium* am Eisstandort stark erhöht ist (gegenüber jungen Blättern sowie gegenüber alten Blättern vom Vergleichsstandort). Dies widerspricht den vielfachen Erfahrungen über Abnahme der K-Konzentration in alten Blättern (KINZEL 1971, ALBERT 1975). Eine mögliche Erklärung bestünde darin, daß das Kalium, für das es gut eingespielte Ionenaufnahme-Mechanismen gibt, am Vergleichsstandort in erhöhtem Maße aufgenommen wird, da Ca und Mg auf Grund der eingeschränkten Transpiration nicht in genügender Menge aufgenommen werden können. Wie aus zahlreichen Untersuchungen bekannt ist, sind Ca und Mg ja vor allem xylem-mobil, also abhängig von der Transpiration, während K vor allem phloem-mobil, als unabhängig von der Transpiration ist (FISCHER 1967). Auch bei *Lonicera coerulea* werden Ca und Mg am Vergleichsstandort, wo die Transpiration höher liegt (Abb. 19), stärker angereichert als auf dem Eisstandort. Bei den übrigen Pflanzen lassen sich jedoch trotz den Unterschieden im Transpirationsverlauf keine deutlichen Unterschiede im Mineralstoffgehalt feststellen.

Der niedrige Frischwassergehalt von *Vaccinium, Rubus* und *Picea* auf dem Eisstandort könnte auf eine angespannte Wasserversorgung hindeuten. Dann bleibt aber fraglich, warum *Lonicera,* deren Transpiration auf dem Eisstandort deutlich geringer ist, hier einen höheren Frischwassergehalt aufweist. Es lassen sich jedoch aus den wenigen Daten, die zum Wassergehalt der Versuchspflanzen vorliegen, keinerlei generelle Aussagen machen.

Tabelle 10

Kationenverteilung, Frischwassergehalt und potentieller osmotischer Druck (π^*) in den Versuchspflanzen vom Eisstandort bzw. eisfreien Vergleichsstandort. Die Kationen sind angegeben in mMol/l Frischwasser; (π^*) in milli-Osmol.

	Na		K		Ca		Mg		π^*		FWG in% TG*)	
	Eis	eisfrei	Eis	eisfrei	Eis	eisfrei	Eis	eisfrei	Eis	eisfrei	Eis	eisfrei
Vaccinium vitis-idaea												
jung	0,6	3,8	66,6	59,5	6,63	4,7	11,0	5,2	634	766	333	325
alt	3,3	2,1	107	60,6	60,7	149	53,3	95			80	108
Rubus sp.	1,0	5,2	73,3	76,0	58,4	26,7	81,5	51,1	-	-	269	309
Lonicera coerulea	6,7	1,8	132	76,3	22,6	86,3	32,6	58,3	-	-	274	222
Betula pubescens	1,8	5,9	66,5	80,1	36,0	45,3	56,1	48,3	-	-	239	170
Picea abies												
jung	5,1	0,8	55,7	57,5	10,3	7,8	15,6	11,9	490	494	382	480
alt	2,9	2,9	65,4	71,5	43,6	24,0	65,5	48,2	-		88	104

*) = Frischwassergehalt in % Trockengewicht

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

7. DER WASSERHAUSHALT DER FLECHTEN AM EISSTANDORT

Die Flechten sind am Eisstandort besonders dort bodendeckend vorhanden, wo der natürliche Schutthang durch künstliche Anschnitte (Güterweg) aufgebrochen ist und verstärkt Kaltluft ausströmt. Das tiefe Temperaturoptimum (LANGE et al. 1970) der Flechtenphotosynthese ist ja bekannt. Selbst Flechten subtropischer Halbwüstengebiete betreiben ihre Photosynthese mit einem Temperaturoptimum weit unter dem durchschnittlichen Wert höherer Pflanzen. Deshalb ist der starke Bewuchs durch die Flechten an den Kaltluft führenden Bruchlinien durchaus verständlich. Aber auch hier steigt die Temperatur in der Krautschicht im Verlauf eines Tages auf Grund der kräftigen Einstrahlung bis über 30°C an.

Die Frage, wie lange während des Tages die Flechtenphotosynthese am Eisstandort aufrechterhalten werden kann, wurde durch einen Versuchsgang am 27. Juni (PUNZ) gelöst. Die Austrocknungsgänge wurden an folgenden vier Arten bestimmt (Abb. 11): *Cetraria glauca* (1), auf Fichte, Schatten, 1,5 m Höhe; *C. islandica* (4), *Vaccinium*-Schicht, wenig beschattet; *Cladonia silvatica* (3), Boden, Flechtenpolster, bis 9 Uhr beschattet; *Parmelia furfuracea* (2), auf Fichte, Schatten, 1,5 m Höhe.

Die Flechten wurden, mit einem Drahthäkchen versehen, am natürlichen Standort exponiert und stündlich gewogen (Methodik vgl. BUTIN 1954). Das Gewicht (minus Gewicht des Drahthäkchens) wurde auf das Trockengewicht der Flechten bezogen (48 Stunden bei 90°C getrocknet) und gemittelt: (Wassergehalt [WG] in Prozent Trockengewicht [TG] = 100%).

Evaporation (E) (mittels eine Piché-Evaporimeters) sowie Strahlung (S) (Pyranometer) wurden am Standort mitgemessen und in g H_2O/dm^2 und Std. bzw. in W/m^2 angegeben. Die Temperatur (T) wurde der Messung „Lufttemperatur in 10 cm" (Abb. 6) entnommen. Im Labor wurde später jene Größe bestimmt, die für die Aufrechterhaltung der Flechtenphotosynthese entscheidend ist, nämlich der sogenannte *„Hydraturkompensationspunkt"* nach BUTIN (1954). Unterhalb dieses kritischen Wassergehaltes wird die Photosynthese der Flechten eingestellt. In Abb. 11 ist die Hydraturkompensation als punktierte Linie dargestellt, die fett durchgezogene Kurve stellt jeweils den Wassergehalt im Tagesverlauf dar. *Cetraria islandica* erreicht die Kompensationslinie an diesem Tag bereits um 10^h vormittags und kann offenbar bis in die späten Nachmittagsstunden keine positive Stoffwechselbilanz erreichen. *Cetraria glauca* dagegen sinkt nur während der Mittagszeit unter den kritischen Wasserwert und pendelt während des Nachmittags um die Kompensationslinie. Für *Parmelia* und *Cladonia* konnten keine Hydraturkompensationspunkte bestimmt werden, doch ist für sie ein ähnlicher Wert (bei

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

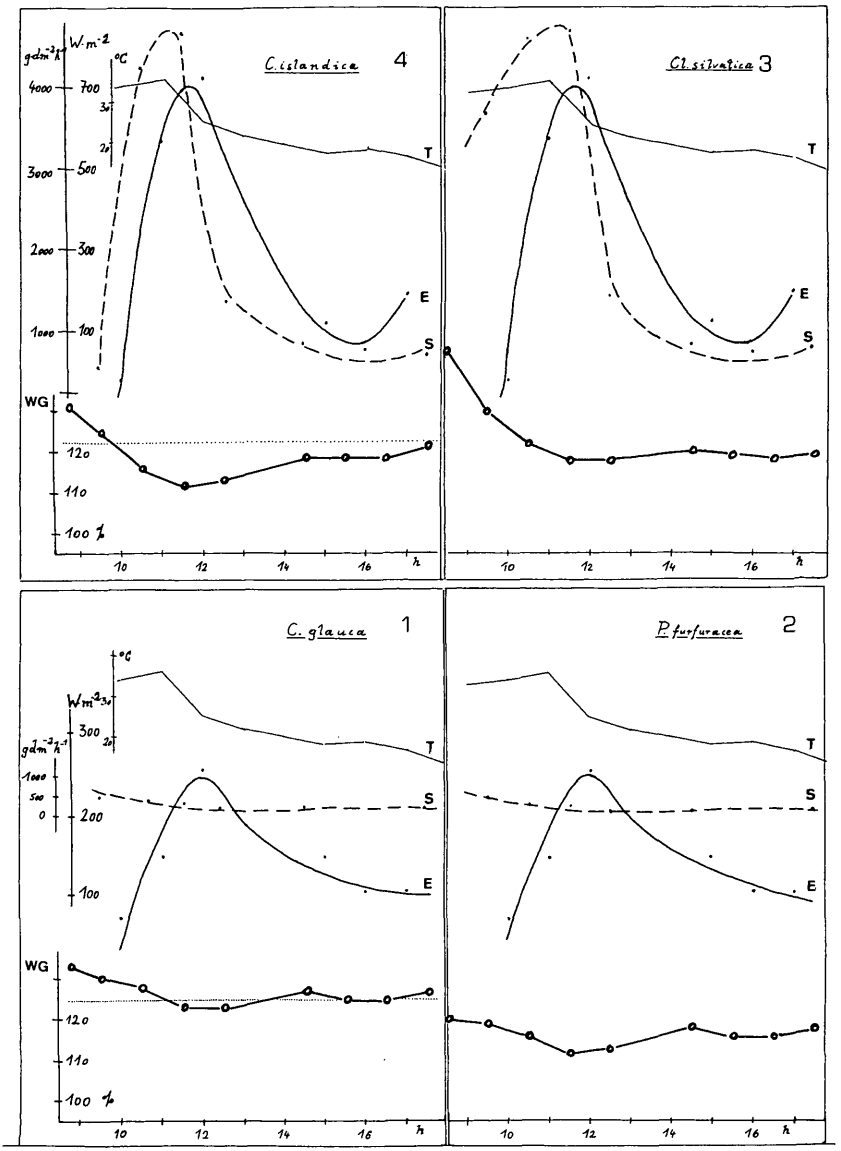


Abb. 11: Wassergehalt und Hydraturkompensation (Grenze der Photosynthese) für vier Flechtenarten am Standort A (Eishang) mit mikroklimatischen Angaben. T = Temperatur in °C; E = Evaporation in g H_2O pro dm^2 Oberfläche und Stunde; S = Einstrahlung (Pyranometer) in W m^{-2}. Stark durchgezogene Linie unten: Wassergehalt in Prozent des Trockengewichtes (= 100%). Gepunktete Linie: Kompensationswassergehalt = Grenze der Photosynthese. Nur die frühen Tagesstunden können für die Photosynthese ausgenützt werden. Bestimmung am 27. Juni 1975.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

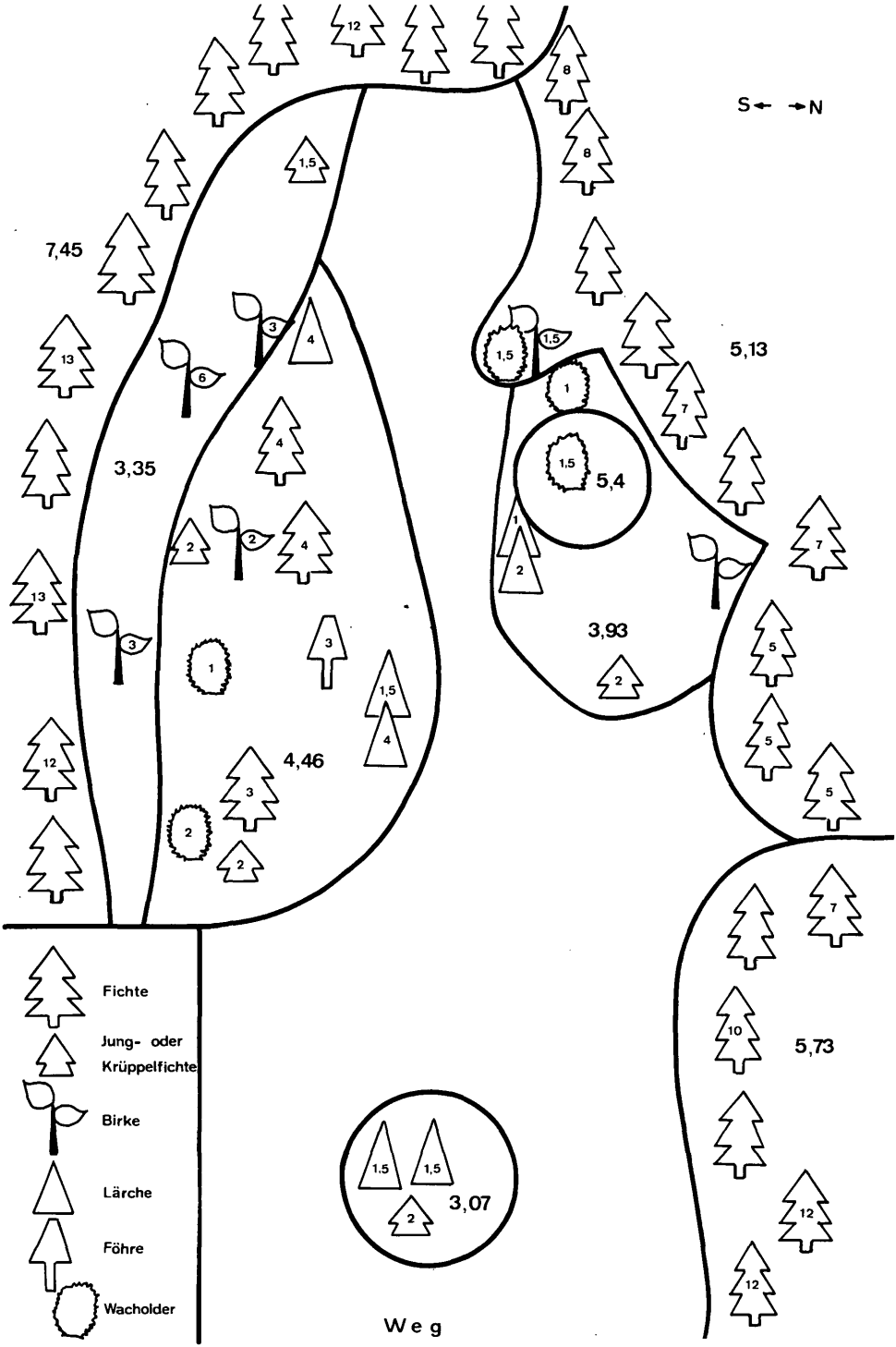


Abb. 12: LAI-Verteilung am Eishang nördlich von Meßstelle A. Nähere Erklärung siehe Text, Kap. 8.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Wassergehalten um 125% des Trockengewichtes) wahrscheinlich. Auch für sie dürfte also gelten, daß sie eine positive Stoffwechselbilanz nur in den Morgenstunden aufrechterhalten können.

8. DIE BLATTFLÄCHENENTWICKLUNG DER BAUM- UND STRAUCHSCHICHT AM EISHANG

Wie schon im Methodikkapitel beschrieben, ist der Blattflächenindex LAI, d. h. also die Entwicklung von photosynthetisierender Fläche pro m^2 Bodenfläche, ein außerordentlich wichtiges Hilfsmittel zur Bestimmung der Primärproduktion. Eine direkte Bestimmung des LAI durch Ernten und Ausplanimetrieren der Blattfläche ist aus zwei Gründen nicht besonders erfreulich: einmal ist diese Art der Bestimmung überaus zeitaufwendig, und zweitens sind die in der Landschaft zurückbleibenden total entblätterten Sträucher und Bäume kein Denkmal besonderer Naturverbundenheit. Deshalb sollte jene photometrische Bestimmung des LAI versucht werden, die MONSI und SAEKI aus dem Lambert-Beerschen Gesetz abgeleitet haben:

$$i = I \cdot e^{-k \cdot LAI}$$

wobei i die Lichtintensität im zu messenden Bestand oder unter dem zu messenden Baum, I die Globalstrahlung ist; e die Basis des natürlichen Logarithmus, k der Extinktionskoeffizient, der für die meisten Bäume um 0,7 liegt; und LAI schließlich ist der kumulative Blattflächen-Index. Sind die anderen Größen bekannt, so läßt sich aus dieser Formel der LAI errechnen. Durch Eichungen (B. KARTUSCH) wurde vorerst der Extinktionskoeffizient für die wichtigste Konifere der Baumschicht, *Picea abies*, mit 0,67 und für *Betula pubescens* mit 0,74 bestimmt. Um der Schwierigkeit der zusätzlichen Kalkulation des Sonnenwinkels zu entgehen, wurde die Messung im Bestand zwischen 11 und 12^h durchgeführt, wobei der gesamte Eishang in einem engen Raster vermessen wurde. Die Ergebnisse sind in Abb. 12 dargestellt.

Niedere LAI-Werte sind sauber mit der Belastung durch Bodeneis korreliert. Besonders deutlich wird das, wenn man die südseitige Fichtenzone mit ihrem LAI-Wert von 7,45 m^2/m^2 mit dem nordostseitigen Fichtenbestand vergleicht, der etwa gleich hoch und gleich dicht ist, und dennoch nur einen LAI von 5,73 m^2/m^2 erreicht. In diesem Bereich stand das Eis tatsächlich fleckenweise an die Moosschicht an. Im Eishang selber werden höhere LAI-Werte (5,4) nur dort erreicht, wo *Juniperus communis* in größerer Zahl auftritt. Die geringsten dort, wo *Larix* oder *Betula* dominieren. Die in die Baumsymbole eingeschriebenen kleinen Zahlen bedeuten die Baumhöhe, die großen Zahlen den für die jeweilige umrandete Fläche errechneten durchschnittlichen LAI.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

9. ZUR ANATOMIE VON FICHTEN AUF EIS- UND VERGLEICHSSTANDORTEN

Daß die Fichte jener Baum ist, der zusammen mit *Betula pubescens* auch extremer belastete Eisstandorte besiedeln kann, ist wohl auf ihre natürliche Flachwurzeligkeit zurückzuführen. Aber auch sie ist hier deutlich in einem Grenzbereich ihrer Existenzmöglichkeiten angelangt: Makroskopisch fällt die Zwergwüchsigkeit der Eisfichten sofort ins Auge, ihre selbst bei stärkerem Höhenwuchs schüttere Benadelung (LAI siehe Abb. 12, im Vergleich der rechten und linken, etwa gleich hohen Fichtenbestände mit stärker belasteten rechts). Der äußere Eindruck entspricht dem Habitus der Fichten an einem anderen Grenzstandort, nämlich im Hochmoor oder im Schwingrasen, wo ja wichtige ökologische Parameter ähnlich aussehen: Kaltstandort plus tiefem Boden-pH.

Die mikroskopisch-biometrische Nachuntersuchung von Fichtenholz und -nadeln (SCHINDLER, DRAXLER und KARTUSCH) im Labor verdeutlicht auf den Abb. 13 und 14 die Belastung der Bäume des Eisstandortes. In Abb. 13 sind die Stammquerschnitte gleich starker Fichten vom Eis- und vom Vergleichsstandort nebeneinander dargestellt (1 cm Holzdurchmesser). Auf dem Normalstandort (unter gleichen atmosphärischen, aber anderen pedosphärischen Bedingungen) sind in diesen 1-cm-Stämmchen deutlich und scharf abgegrenzt 5 Jahresringe festzustellen. Die Eisfichten haben auf gleichem Diameter 10 bis 12 Jahresringe ausgebildet; eine scharfe Abgrenzung ist durch ungleichmäßiges Wachstum und sehr ungleiche Wandstärken der Fasertracheiden kaum auszunehmen. Manche abgegliederte Zonen scheinen nicht Jahresringe, sondern Jahreszeitringe zu sein, manche Jahresringe dürften völlig fehlen. Trotz der verwirrenden Struktur ist ein deutlich höherer Anteil von sogenanntem Spätholz vorhanden. Daraus läßt sich wohl schließen, daß das Fichtenwachstum in der Zeit der üblichen Frühholzanlage (April/Mai) durch das Bodeneis bzw. die tiefen Bodenwassertemperaturen völlig stillgelegt oder doch behindert wird.

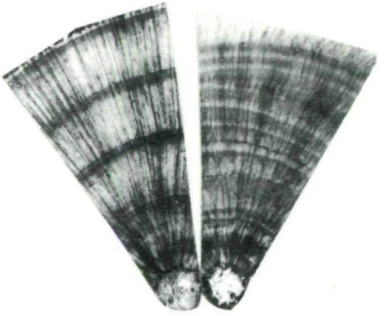


Abb. 13: Stammquerschnitte gleich starker Fichten vom Vergleichsstandort B (links) und vom Eisstandort A (rechts). Nähere Erläuterung siehe Text, Kap. 9.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

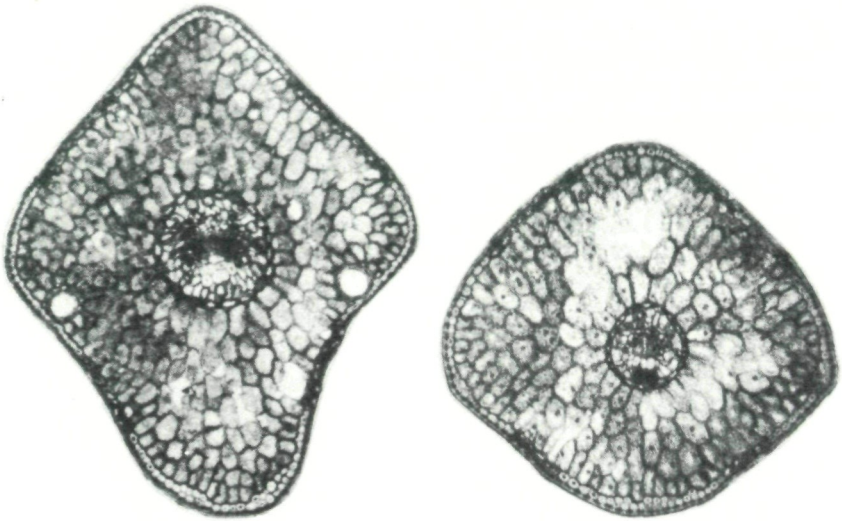


Abb. 14: Nadelquerschnitte von Fichten am Vergleichsstandort B (links) und vom Eisstandort A (rechts). Nähere Erläuterung siehe Text, Kap. 9.

Auch die Nadelquerschnitte (Abb. 14) zeigen starke morphologische und anatomische Differenzen. Während die „Normalnadeln" 10,5 bis 11,5 mm Länge haben und im Querschnitt ihr Längen:Breiten-Verhältnis 1:0,75 beträgt, sind die „Eisnadeln" nur 5,5 bis 6 mm lang und ihr Querschnitts-Längen:Breiten-Verhältnis ist etwa 1:1. Die „Eisnadeln" weichen auch in ihrer inneren Struktur stark von den Vergleichsblättern ab: sie besitzen keinen oder nur einen Harzgang (sonst meist zwei), ein etwas schwächeres sklerenchymatisches Hypoderm (was auf Produktionsschwierigkeiten hinweist) und einen engeren Zentralzylinder mit haploxylem (= ungeteiltem) schwächerem Gefäßbündel (sonst meist zweigeteilt). Auch im Zentralzylinder tritt die Zahl der sklerenchymatischen Zellelemente stark zurück. Die Zahl der Spaltöffnungsreihen sinkt von normal 7 und mehr auf 5 ab.

10. EINSTRAHLUNG UND TRANSPIRATION

Für die Feststellung des Wasserumsatzes unserer Versuchspflanzen am „Eishang" waren zwei Voraussetzungen entscheidend: Einmal mußten es Arten sein, die sowohl am belasteten Eisstandort A als auch am eisfreien Vergleichsstandort B wuchsen; zum andern mußte die Einstrahlung (d. h. der „relative Lichtgenuß" im Sinn WIESNERS) an beiden Standorten möglichst ähnlich sein, um gleichartige atmosphärisch-klimatische Bedingungen bei unterschiedlichen pedosphärischen zu gewährleisten. Als wichtigster Faktor kann die Einstrahlung am Standort betrachtet

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

werden, da von ihm unmittelbar die transpirationssteuernden Größen Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit abhängen. Die Abb. 15 und 16 dokumentieren klar über Einstrahlung (global und an den Standorten, pyranometrisch gemessen) und relativen Lichtgenuß (unten), daß die Standorte A und B atmosphärisch-klimatisch gut vergleichbar sind. Die Unterwerte des Eisstandortes im relativen Lichtgenuß sind von zu geringem Ausmaß, als daß sie für die Spaltenöffnung der Versuchspflanzen von Bedeutung sein könnten.

Als Vergleichspflanzen wurden ausgewählt, da an A und B gleichmäßig gut vertreten:

Picea abies, Betula pubescens, Rubus sp., *Vaccinium vitis-idaea, Lonicera coerulea.*

Die Abb. 17 bis 19 stellen in Tagesverläufen die mit der STOKKER-Methode bestimmte Transpiration für den 26. und 27. Juni dar. Bei dieser Methode werden Blätter (bzw. Zweige, wenn nicht anders möglich) abgeschnitten, rasch auf einer Torsionswaage abgewogen (Empfindlichkeit mindestens 1×10^{-3}g), am Standort für wenige Minuten exponiert und neuerlich gewogen. Die Wasserabgabe kann auf Frischgewicht, Trockengewicht oder Blattfläche (wie in unserem Fall) bezogen werden. Die Methode ist nur bei Pflanzen tauglich, die ihre Wasserdampfabgabe nach dem Abschneiden noch einige Zeit unverändert aufrechterhalten.

Picea (Abb. 17) ist methodisch ein schwieriger Fall, da nach dem Wiegen ganzer Zweige diese entnadelt werden müssen und das korrigierte Gewicht der Nadeln auf die Nadelfläche umkalkuliert werden muß. Trotz

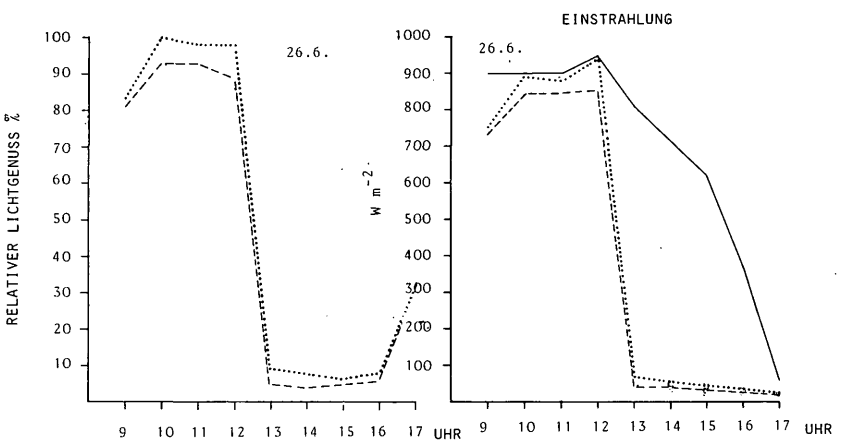
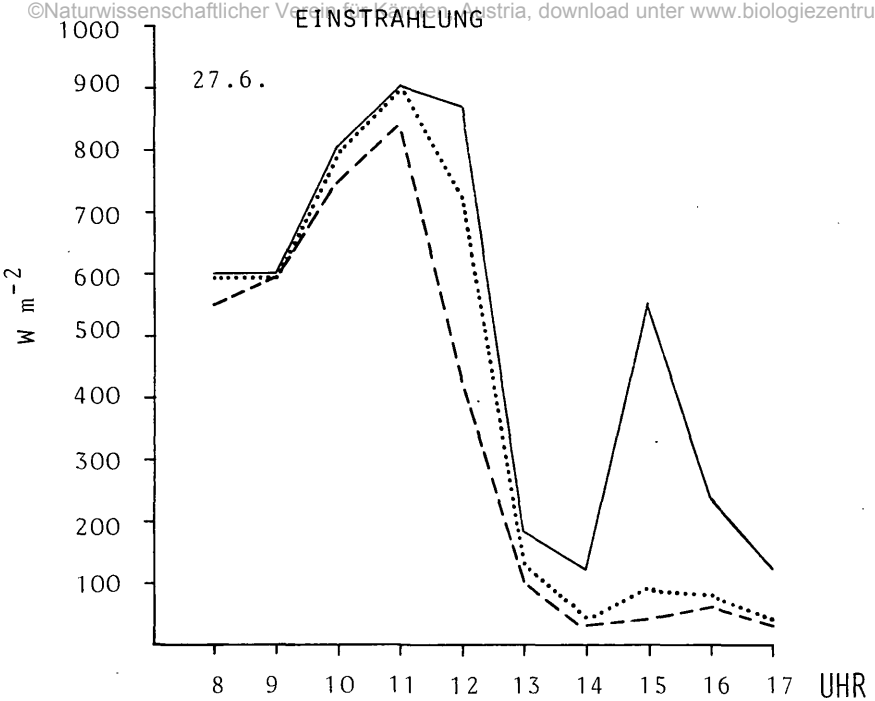


Abb. 15: Globale Einstrahlung und relativer Lichtgenuß in Prozent der Globalstrahlung an den Standorten A und B am 26. Juni. Durchgezogen: Globalstrahlung; strichliert: Einstrahlung (rechts) bzw. relativer Lichtgenuß (links) am Eisstandort A; punktiert: Einstrahlung (rechts) bzw. relativer Lichtgenuß (links) am Vergleichsstandort B.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at



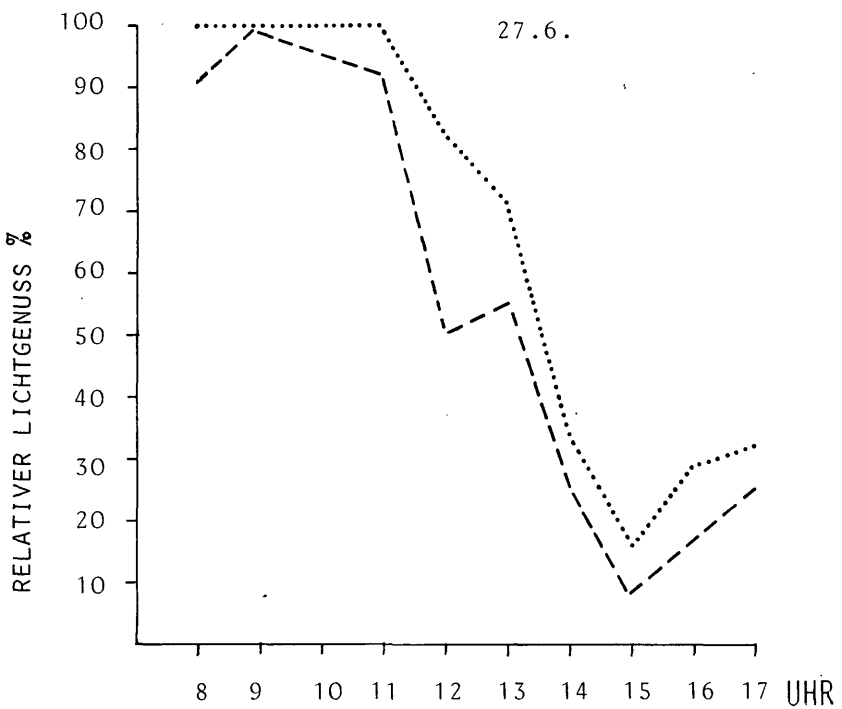


Abb. 16: Globale Einstrahlung und relativer Lichtgenuß an den Standorten A und B am 27. Juni. Signaturen wie in Abb. 15.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

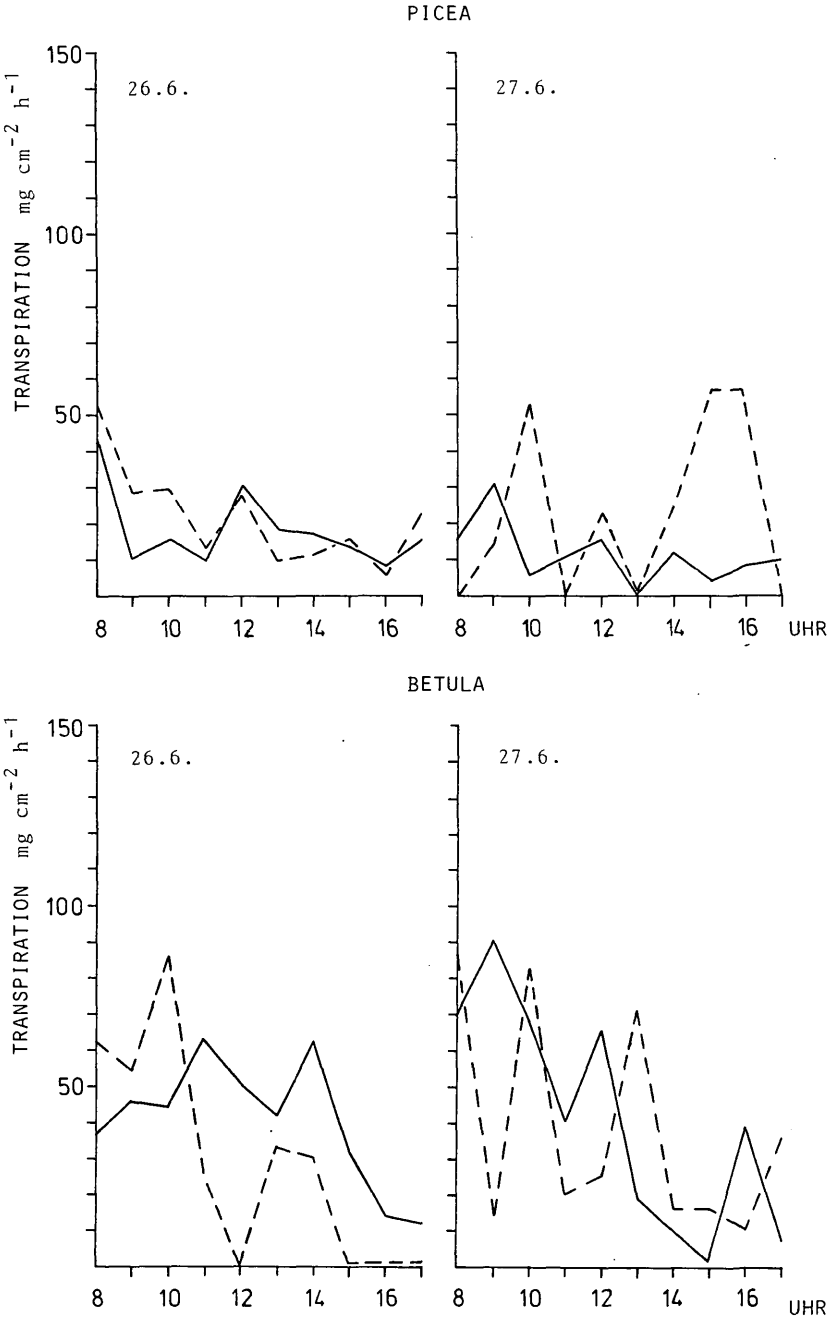


Abb. 17: Tagesgänge der Transpiration von *Picea abies* (oben) und *Betula pubescens* (unten). Durchgezogen: Eisstandort A. Strichliert: Vergleichsstandort B.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

dieser Schwierigkeiten sind die Transpirationskurven aussagekräftig: Meist transpirieren die Fichten vom Vergleichsstandort wesentlich kräftiger als am Eisstandort. Ein erster Hinweis darauf, daß das Produktionsdefizit der Eisfichten sehr wohl auch vom chronischen Wasserdefizit infolge der tiefen Bodentemperaturen abhängig ist. Die scheinbare Zweigipfeligkeit der Fichten-Transpiration am 27. Juni erklärt sich aus der gestiegenen Luftfeuchte und dem geringeren Evaporationsvermögen am frühen Nachmittag (siehe Abb. 18, Evaporationskurve rechts unten).

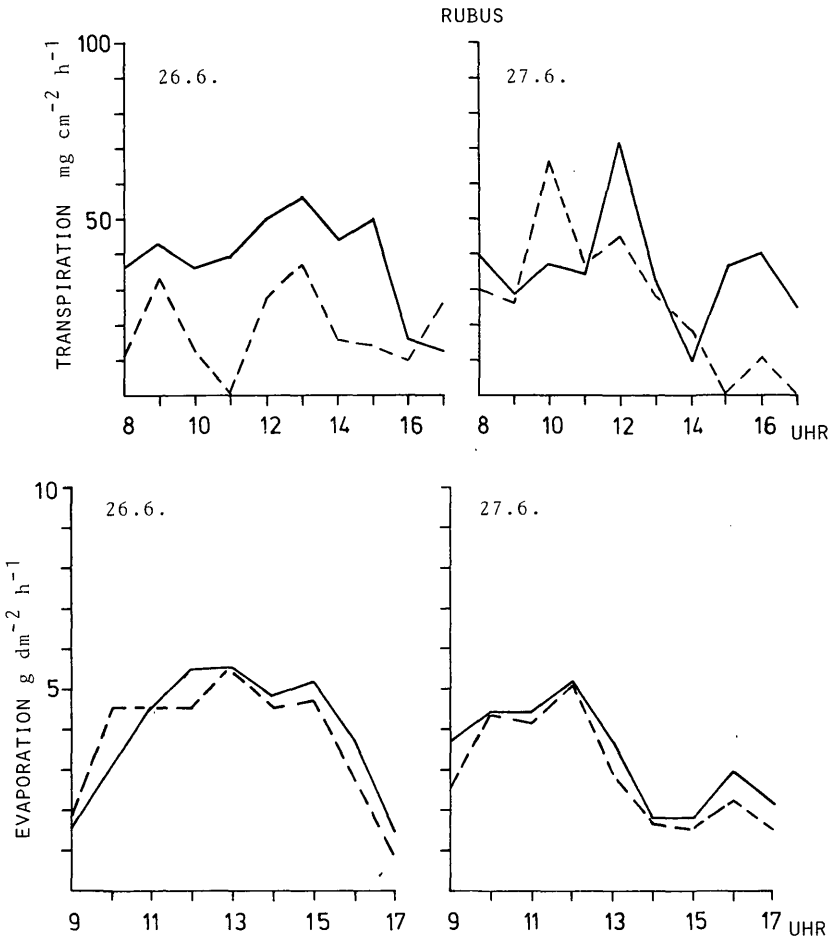


Abb. 18: Tagesgänge der Transpiration von *Rubus* sp. Durchgezogen: Eisstandort A. Strichliert: Vergleichsstandort B. – Unten: Tagesgänge der Evaporation (potentielle Verdunstung wassergesättigter toter Körper). Durchgezogen: 2,5 m Höhe; strichliert: 1 m Höhe über Boden. Es gibt keine signifikanten Unterschiede der Evaporation in der Vertikalen.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

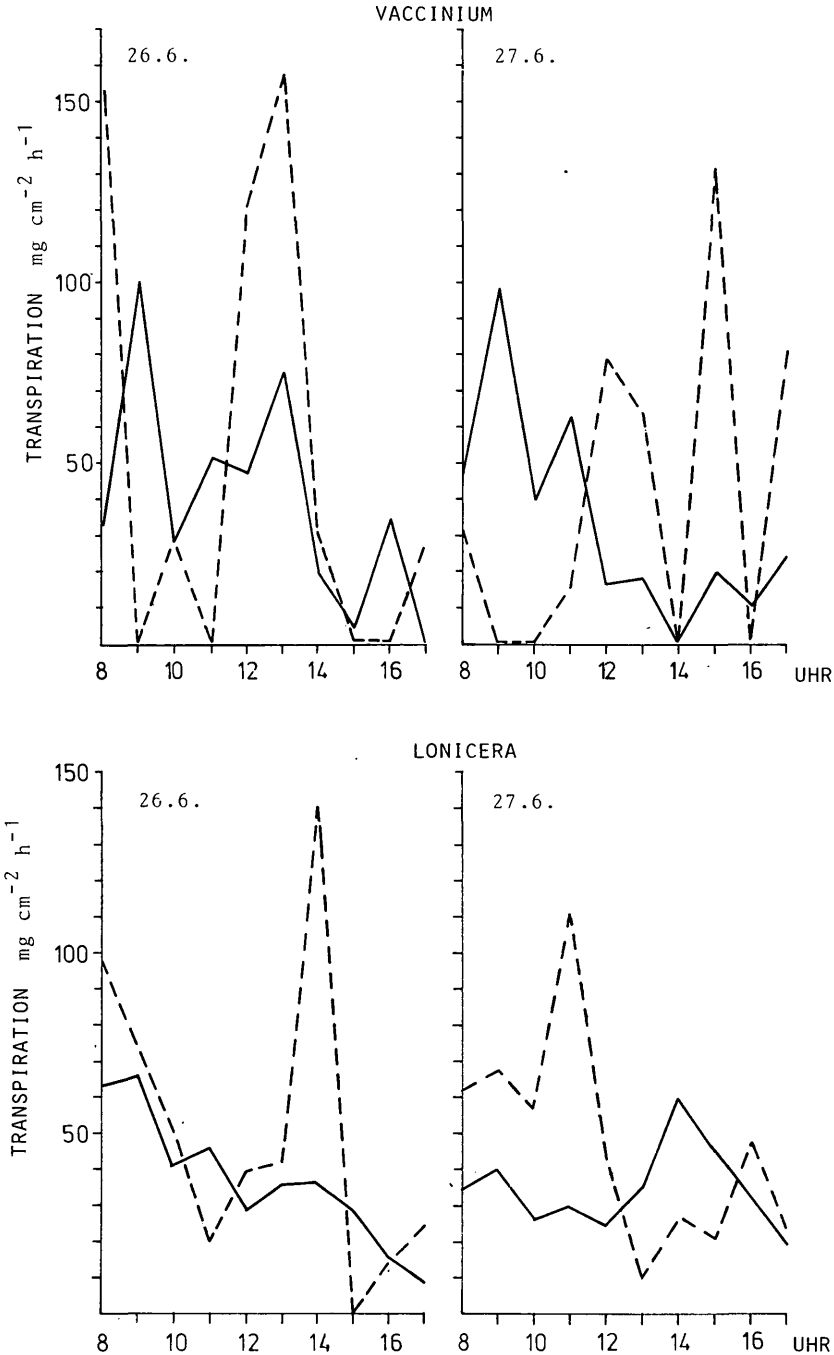


Abb. 19: Tagesgänge der Transpiration von *Vaccinium vitis-idaea* (oben) und *Lonicera coerulea* (unten). Durchgezogen: Eisstandort A; strichliert: Vergleichsstandort B.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Betula weist sich dagegen als echter „Zweigipfler" aus, der der Belastung durch die hohe Einstrahlung und Erwärmung um die Mittagszeit durch Spaltenverengung begegnet. Es scheint sich bei der Moorbirke nach unseren Messungen um jenen Baum zu handeln, der an den Kaltstandort am besten angepaßt ist. Die Transpirationsbilanz ist an beiden Tagen für den Kaltstandort wesentlich besser.

In der Strauchschicht verhält sich *Rubus* sp. (Abb. 18, oben) ganz ähnlich wie die Moorbirke: auch diese *Rubus*art hat die bessere Transpirationsleistung fast durchgehend auf dem Eisstandort aufzuweisen. Ähnlich wie die untersuchten Fichten verhalten sich dagegen *Vaccinium vitis-idaea* und *Lonicera coerulea* (Abb. 19). Beide leiden in ihrer Wasserbilanz sichtlich unter den tiefen Bodentemperaturen, die das Wasser schwerer verfügbar machen und somit indirekt zur Spaltenverengung führen.

Nach unseren wenigen Versuchstagen lassen sich keine endgültigen Schlüsse ziehen, aber physiologisch scheinen sich zwei Transpirationstypen ausgliedern zu lassen, die vorläufig als

1. Kaltboden-angepaßte Arten
   (*Betula pubescens* und *Rubus* sp.) und als
2. Kaltboden-ertragende Arten
   (*Lonicera coerulea, Vaccinium vitis-idaea* und *Picea abies)*

bezeichnet seien.

Tabelle 11

Transpiration - Tagessummen in relativen Einheiten

Pflanze	Tag	Transpiration - Tagessummen (rel.Wert) Vgl.StO. B	EisstO.A	Verhältnis (Tr.am VGl.StO.B=1)
Kaltboden - angepaßt				
Rubus sp.	26.6	8,7	18,0	2,06
	27.6	12,6	16,5	1,3
Betula pubescens	26.6	13,26	18,98	1,43
	27.6	15,66	19,16	1,22
Kaltboden - ertragend				
Lonicera coerulea	26.6	22,11	16,89	0,76
	27.6	21,79	16,34	0,75
Picea excelsa	26.6	9,07	7,75	0,8
	27.6	11,92	5,32	0,44
Vaccinium vitis-idaea	26.6	22,08	19,23	0,87
	27.6	18,14	15,25	0,84

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

Ob diese Unterscheidung gerechtfertigt ist, muß durch folgende Untersuchungen entschieden werden:

Untersuchung der Wurzelsystem-Ausdehnung der einzelnen Arten;
Saugspannungsmessungen in den Xylemen;
Temperaturabhängigkeit ihrer Wasseraufnahme und
Zuwachsuntersuchungen.

Die Unterschiede in der Transpirationsleistung der beiden Gruppen sind am schönsten in der Tab. 11 zu sehen:

Für den Vergleichsstandort B sind in dieser Tabelle die Tagessummen jeweils gleich 1 gesetzt, die Tagessummen vom Eisstandort A sind dazu in Relation gebracht. Die beiden Typen sind klar zu unterscheiden.

Einen schönen Hinweis auf die Belastung der Wasserbilanz durch den Kaltboden gibt ein Versuch (ROTHSCHEDL), der am 27. Juni an Blättern des Eichenfarns *(Gymnocarpium dryopteris* [L.] NEWMAN nach ROTHMALER 1972) durchgeführt wurde. Ganze Farnwedel wurden mit der Wägemethode nach STOCKER (1929) auf ihr aktuelles Wassersättigungsdefizit in Prozent des Sättigungsgehaltes untersucht. Auf dem Eisstandort hatte der Farn mit 7,64% ein wesentlich höheres Defizit aufzuweisen als auf dem eisfreien Kontrollstandort, wo er fast aufgesättigt war (0,25%).

11. ZUSAMMENFASSUNG

Durch Freilanduntersuchungen wurden im Verlauf einer Exkursion einige der besonderen ökologischen Eigenschaften und Reaktionen des Bodens und der Vegetation von „Eisstandorten" am Matzen-Osthang erfaßt. Der ständige Kaltluftstrom aus dem Schuttboden und das stellenweise auch während der Sommermonate anstehende Eis beeinflussen sowohl die Bodenbildung, den Humusumsatz und das Bodenwachstum als auch die Artenzusammensetzung an den belasteten Standorten. Verändert sind der innere Chemismus der Pflanzen, ihre Wuchsleistung, ihre Wuchsform, ihre Stamm- und Blattanatomie und die quantitative Ausbildung der photosynthetisierenden Fläche bei Bäumen und Sträuchern. Mit Hilfe der Untersuchung der Transpiration einiger Arten auf einem Eis- und einem Vergleichsstandort ohne Bodeneisbelastung ließen sich zwei unterschiedliche Reaktionstypen in der Eisvegetation unterscheiden: Arten, deren Wasserhaushalt an die Schwierigkeit des Kaltbodens echt angepaßt ist, und andere, die zwar die dauernde Bodenkälte tolerieren, aber deutliche Transpirations- und somit auch Produktionseinbußen erleiden.

DANK

Der Dank des Pflanzenphysiologischen Instituts der Universität Wien für freundliche Unterstützung und hilfreiche Bemühungen gilt der Forstverwaltung Hollenburg, insbesondere Herrn Rentmeister KORDESCH, und dem Inhaber des „Kroschlhofs", Herrn Max WERNIG.

©Naturwissenschaftlicher Verein für Kärnten, Austria, download unter www.biologiezentrum.at

LITERATUR

ALBERT, R. (1975): Salt Regulation in Halophytes. Oecologia *21*:57–71.

BERTSCH, K. (1964): Flechtenflora von Südwestdeutschland. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

BUTIN, H. (1954): Physiologisch-ökologische Untersuchungen über den Wasserhaushalt und die Photosynthese bei Flechten. Biologisches Zentralblatt *73*:459–502.

CANAVAL, R. (1893): zit. bei HOLZEL (1963).

ČATSKY, J. (1960): Determination of water deficit in disks cut out from leaf blades. Biol. Plant. *2 (1)*:76–78.

DORING, B. (1935): Die Temperaturabhängigkeit der Wasseraufnahme und ihre ökologische Bedeutung. Bot. Z. *28*:305–383.

FISCHER, H. (1967): Der Mineralstofftransport. – Übersicht – Transport der Alkali- und Erdalkalimetalle. Handbuch der Pflanzenphysiologie (Hrsg. RUHLAND, Bd. *XIII*:200–268).

GRESSEL, W. (1962): Eisvorkommen in der Matzen in Kärnten, Die Höhle, *13.* Jg., H. 4, 88–90, Wien.

HOLZEL, E. (1963): Tierleben in der Matzen in der Karawankennordkette. Carinthia *II, 153. (73.)*:161–187, Klagenfurt.

KINZEL, H. (1971): Ionenwirkungen im Pflanzenleben. Biologie in unserer Zeit, *1.*:123–130.

LANGE, O. L., SCHULZE, E. D., KOCH, W. (1970): Experimentell-ökologische Untersuchungen an Flechten der Negev-Wüste. II. CO_2-Gaswechsel und Wasserhaushalt von *Ramalina maciformis* (DEL.) BORY am natürlichen Standort während der sommerlichen Trockenperiode. Flora *159*:38–62.

MONSI, M., SAEKI, T. (1953): Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. J. Bot. *14*:22–52.

REZNIK, H. (1963): Über die Flechten-Vegetation in der Gotschuchen (Karawanken). Carinthia *II, 153. (73.)*:221–226.

ROTHMALER, W. (1972): Exkursionsflora für die Gebiete der DDR und der BRD, Gefäßpflanzen. Volk und Wissen, Volkseigener Verlag, Berlin.

STOCKER, O. (1929a): Das Wasserdefizit von Gefäßpflanzen in verschiedenen Klimazonen. Planta *7*:382–387.

– (1929): Experimentelle Ökologie der Pflanzen. In: C. OPPENHEIMER, L. PINCUSSEN (ed.), Tabulae Biologicae *V*:510–686, W. Junk, Berlin.

SCHUTT, K. (1958): Einfache Prüfung gärtnerischer Kulturreden auf Hauptnährstoffe. Mitt. Klosterneuburg *VIII.* Jg., Serie B, Obst und Garten.

Anschrift aller Verfasser: Pflanzenphysiologisches Institut der Universität, A-1010 Wien, Lueger-Ring 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Carinthia II

Jahr/Year: 1976

Band/Volume: 166_86

Autor(en)/Author(s): Albert Roland, Kinzel Helmut, Burian Karl, Schindler Helmut

Artikel/Article: Ökophysiologische Untersuchungen an Pflanzen der Matzen-Eisstandorte. (Ein Exkursionsbericht des Pflanzenphysiologischen Institutes der Univ. Wien) Mit 11Tabellen und 19 Abbildungen 269-307