

Aus dem Botanischen Institut der Universität Graz

## Ein eigenartiges Hochmoor in den Schladminger Tauern

Von Hans Schaeftlein

(Mit 2 Abbildungen im Text)

Vor Jahren hatte ich gerüchtweise von dem Vorkommen einer Zwergbirke im Schladminger Untertal irgendwo im Umkreis des Gasthofes Tetter gehört. Weder ich noch andere Botaniker, denen ich davon erzählt hatte, waren damals dazugekommen, der Sache nachzugehen. Als ich im Sommer 1959 einige Wochen in der Umgebung von Schladming verbrachte, benützte ich die Gelegenheit, nach diesem gewiß bemerkenswerten Vorkommen zu suchen.

Obwohl ich die Quelle der Nachricht nicht mehr ermitteln konnte, war ich rasch erfolgreich, weil ich auf der Suche nach Gewährsmännern in Schladming mit Herrn Oberförster Karl CZERNY, dem forstlichen Betreuer des Gebietes, in Verbindung kam. Ihm war die in seinem Revier vorhandene Birke wohl bekannt und er gab mir bereitwillig Auskunft. Ohne diese Hilfe hätte ich die Pflanze bei einem flüchtigen Besuch des Gebietes kaum so rasch gefunden. — Nach Abschluß der Niederschrift und besonders während des Druckes kam mir vor allem durch neueres Schrifttum eine unerwartete Menge von Material zu, das dank dem Entgegenkommen der Schriftleitung in die fertige Arbeit noch, so gut es ging, eingefügt werden konnte.

Man erreicht das in ungefähr 1000 m Höhe liegende Vorkommen, wenn man die in das Untertal hineinführende Straße bei der Brücke verläßt, über die sie etwa einen km vor dem Gasthofe Tetter vom linken auf das rechte Ufer des Baches hinüber wechselt, und auf einem guten Karrenweg am linken Ufer am Fuße der steilen Bergflanke taleinwärts wandert; diese trägt Fichtenwald oder Schlagflächen nach solchem. Nach etwa 200 m ändert sich die Vegetation des Unterhangs plötzlich. Der Wald setzt aus und macht einem Hochmoor Platz, aus dem sich da und dort, besonders näher den Rändern, ganz kleine, kümmerliche Bäume — Fichten, Lärchen, Hängebirken — erheben; in den Randteilen finden sich auch einzelne Stöcke etwas stärkerer, geschlägerter Bäume. Der gegen 25 Grad steile, nordexponierte Hang besteht aus sehr grobem Blockwerk, wie man an einzelnen aus der Vegetationsdecke herausragenden Blöcken, der Gestaltung der Oberfläche und den Verhältnissen in der Nachbarschaft erkennen kann. Die im oberen Teile übersteilen Hänge, die vom Krügerzinken, 2204 m, abfallen, liegen nach freundlicher Mitteilung von Herrn Universitätsprofessor Dr. MERZ in Gneisen, die überaus stark zerklüftet und vielfach durch hangparallele Zerreißungsfugen zerlegt sind, so daß in weitem Umfang, wahrscheinlich im späten Quartär, Felsabsatzungen und Bergstürze erfolgten.

Der Unterhang ist hier in einer Längserstreckung von etwa 80 bis 100 m und ungefähr 50 bis 60 m hangaufwärts mit einem dichten Teppich von Moosen, besonders Sphagnum-Arten, bedeckt, der auch den größten Teil der Blöcke überwachsen hat. Vielfach ist der Moosrasen von Flechten durchzogen. Reich-

lich<sup>1)</sup> wachsen auf der ganzen Fläche Latschen (Zwergkiefern, *Pinus Mugo*), ferner mit Ausnahme der Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*) die für unsere Hochmoore charakteristischen Ericaceen, nämlich: *Calluna vulgaris* (Heidekraut), *Vaccinium Myrtillus*, *V. Oxycoccus*, *V. uliginosum* und *V. Vitis-idaea* (Heidelbeere, Moosbeere, Moor- oder Rauschbeere und Preiselbeere); dazu kommt noch *Empetrum hermaphroditum*, die Krähenbeere. *Rhododendron ferrugineum*, die Rostalpenrose, findet sich mehrfach, besonders in den oberen Teilen des Moores. Reichlich ist auch *Drosera rotundifolia*, der rundblättrige Sonnentau, in einer etwas zartwüchsigen Form vorhanden. Die gesuchte Zwergbirke, *Betula nana*, fand sich ungefähr in der Mitte des Moores, doch näher dem unteren Rande, in einer großen Zahl niedriger Sträucher an Stelle der dort einigermaßen aussetzenden Latschen.

Nach oben zu geht das Moor ziemlich rasch in moos- und heidelbeerreichen Fichten-Lärchenwald über (da und dort auch mit Sphagnen), unmittelbar über dem Moor 1958 geschlägert, etwas höher oben sichtlich gut gedeihender Jungwuchs aus natürlicher Verjüngung. Auf der Moorfläche selbst könnte offenbar Wald auch künstlich nicht aufgebracht werden, welcher Ansicht auch Herr CZERNY ist.

Eine etwas rasche, nicht auf Vollständigkeit Anspruch erhebende und Kleinstandorte wie nackten Fels, lebendes und totes Holz nicht unterscheidende Aufsammlung von Moosen auf der Moorfläche ergab: *Sphagnum Girgensohnii*, *S. nemoreum*, *S. quinquefarium*, *S. recurvum*, *S. subsecundum*; *Bazzania trilobata*, *Calliergon stramineum*, *Climacium dendroides*, *Dicranodontium denudatum*, *Dicranum fuscescens*, *D. rugosum*, *D. scoparium*, *Drepanocladus exannulatus*, *Hylocomium splendens*, *Philonotis fontana*, *Pleurozium Schreberi*, *Pohlia nutans*, *Pohlia* sp., *Polytrichum strictum*, *Ptilidium ciliare*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sphenolobus minutus*, *Tetraphis pellucida*.

An Flechten konnte ich sammeln: *Cetraria islandica*, *Cladonia rangiferina*, *C. squamosa*, *C. sylvatica*, *C. uncialis*, *Cladonia* cf. *pleurota*, *Parmelia saxatilis*, *Peltigera* cf. *aphthosa*.

Lebendes und totes Holz von Latschen trug als Epiphyten: *Cetraria pinastri*, *Cladonia rangiferina*, *C. sylvatica*, *Parmelia furfuracea*, *Parmeliopsis aleurites*, *P. ambigua*.

Ebenso fanden sich auf den Zwergbirken: *Cetraria pinastri*, *C. sepincola*, *Parmelia furfuracea*, *P. physodes*, *Parmeliopsis ambigua*, *Usnea* cf. *comosa*.

Die Moose hat zu großem Teile Herr W. MAURER, Graz, bestimmt, insbesondere alle Sphagnen; die Flechten Herr Professor Dr. SCHITTENGRUBER, Leoben; beiden danke ich herzlich dafür.

An dem Standorte fällt auf, daß er durchaus nicht feucht ist. Es fehlt eine Gliederung in Bülden und Schlenken und auch eine nasse Randzone, wie sie sonst häufig Hochmoore umgibt. Nach Angabe von Herrn CZERNY zieht das Wasser zwischen dem Blockwerk unterirdisch zum Bache ab.

Natürlich erhob sich sofort die Frage, welche besonderen ökologischen Verhältnisse gerade an diesem Teile des an sich ganz einheitlich erscheinenden Hanges zur Bildung eines Hochmoores in so ungewöhnlicher Lage führten. Wegen des spätsommerlichen Zeitpunktes meiner Besuche hätte ich die Antwort wohl erst etwas später gefunden; sie ergab sich aber sofort durch ein glückliches Zusammentreffen mit dem Oberförster gleich bei meinem ersten Besuche des Moores. Der durchwegs aus grobem Blockwerk und Hangschutt bestehende

<sup>1)</sup> Nach dem Stande von 1959; über die Veränderungen seither s. unten S. 117.

Untergrund ist besonders im unteren Teil des Moores bis weit in den Sommer hinein mit Eis erfüllt; in der Regel ist solches in den da und dort offenen Klüften zwischen den großen Blöcken noch bis ungefähr Anfang Juli zu sehen. Da meine Besuche des Moores 1959, 1960 und 1961 Ende Juli oder im August stattfanden, konnte ich selbst das Eis nicht sehen. Wohl aber war im unteren Teile des Moores an warmen Tagen ein aus Klüften zwischen den Blöcken strömender kalter Luftzug auffallend; an einem kühlen Tage mit bedecktem Himmel trat dieser Luftzug nicht auf. Am 10. August 1961, einem schönen, warmen Tage habe ich zwischen 11 und 12 Uhr mittags die Temperatur im Innern einer größeren Zahl solcher Klüfte gemessen, u. zw. jeweils eine Armlänge vom Ausgange der Kluft entfernt; in einzelnen Fällen konnte der Arm wegen mehrfacher Winkel im Innern der Kluft nicht ganz so weit eingeführt werden. Gemessen wurden bei einer Außentemperatur von 22 bis 23 Grad je drei ungefähr gleich hoch gelegene Klüfte nahe dem oberen Rande, in der Mitte und nahe dem Unterrand des Moores. Die obere Reihe ergab Werte von 11, 14 und 13 Grad; die mittlere 9, 7 und 9 Grad; die untere 5, 5 und 4 Grad. Bei den drei unteren Klüften war das Ausströmen von Kaltluft stark zu spüren. Die Werte der oberen Reihe könnten zum Teil um ein geringes zu hoch sein, weil die Exposition des Thermometers in der Tiefe der Kluft vielleicht etwas zu kurz dauerte. Am 11. September 1961, ebenfalls einem sonnigen Tage, habe ich ungefähr um 9 Uhr 30 in der unteren Reihe die Temperatur in drei Klüften nochmals auf gleiche Art gemessen; bei einer Außentemperatur von 12 Grad ergaben sich nun 5, 7 und 8 Grad.

Am 13. Juni 1962, einem schönen, warmen Frühsommertag, fanden wir in 8 Spalten in der unteren Hälfte des Moores noch Reste von Eis. H. HESKE hatte um den 10. Mai noch große Mengen davon und schöne Eisvorhänge an Spaltenöffnungen gesehen. Der Luftzug war am 13. Juni nicht stark, die austretende Luft sehr feucht. Auch die Moosdecke schien feuchter als bei meinen hochsommerlichen Besuchen. Ich maß um 10 Uhr und kurz danach bei einer Außentemperatur von nahezu 20 Grad in 4 Spalten, teils mit von außen sichtbarem Eis, teils ohne solches, Temperaturen von 2 Grad oder knapp darunter; sie waren jedenfalls durch das Eis im Untergrund erniedrigt. Nach diesen Anfängen mußten wir unsere Beobachtungen leider wegen eines Unfalles einstellen.

Auf jeden Fall ist das Absinken der Temperatur im Untergrund des Moores von oben nach unten zu und die höhere Temperatur in den Klüften bei geringerer Außentemperatur auffallend; dies wird später erklärt werden. In diesem Zusammenhange sei noch erwähnt, daß meine Frau und ich bei unserem Besuche im August 1961 wesentlich höher oben an dem sehr mühsam zu begehenden Hang, allerdings etwas östlich der Fallinie des beschriebenen Moores, aber ungefähr in der des gleich zu erwähnenden kleineren, in mehreren Klüften einen einwärts ziehenden Luftstrom feststellen konnten, der hinein gehaltene leichte Papierstücke und feine Grashalme noch bewegte. — Für den Standort unseres Moores charakteristisch und ökologisch bedeutsam sind also offenbar die ungewöhnliche Kälte des Untergrundes, wohl auch die darin herrschenden Luftströmungen und jedenfalls die langdauernde Ausfüllung der Blockhalde mit Eis.

Ähnliche Stellen mit unterkältem Untergrund sahen wir, Angaben CZERNYS folgend oder unter seiner Führung, noch an zwei Stellen in der nächsten Umgebung; nach weiteren könnte vielleicht in größerem Umkreis noch mit Erfolg gesucht werden. Fast 150 m taleinwärts, vom Ostrande des geschilderten Hochmoores gerechnet, liegt ein ähnliches, viel kleineres, das wir kurz besuchten,

etwas höher am Hang, etwa in halber Höhe des größeren. Die Vegetation ist ähnlich wie dort, Torfmoose treten in der Moosdecke etwas zurück, die Zwergbirke ist auch hier reichlich vorhanden; Eis auch hier lange vorhaltend. — Ungefähr 60 m talauswärts vom Westrande des größeren Hochmooses zeigte uns Herr CZERNY in lockerem, steilem, ebenfalls auf Grobblockwerk stockendem Fichtenwald eine größere Kluft mit etwas verzweigter Mündung, aus der uns ein kalter Luftstrom entgegenblies, der schon in etwa 1 m Abstand zu spüren war; auch diese Kluft ist nach seiner Auskunft bis gegen den Sommer mit Eis erfüllt. Im Innern der Kluft maß ich am 10. August 1961 um 15 Uhr auf die früher geschilderte Art 4 Grad bei einer Außentemperatur von 25 Grad. Die Wirkung der Kälte auf die Vegetation ist auch hier auffallend. Auf einer 2 bis 3 m breiten Fläche, die oben um den Kluftausgang zusammenschließt, nach unten zu zungenförmig verlängert ist, setzen die Heidelbeeren und Preiselbeeren, die überwiegend die Krautschicht der umliegenden Teile des Waldes bilden, vollkommen aus und ein dichter Moosrasen bedeckt den Boden, nach einer rasch durchgeführten Aufsammlung bestehend aus: *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Lophozia ventricosa*, *Plagiothecium* sp., *Pleurozium Schreberi*, *Pohlia* sp., *Polytrichum formosum*, *P. strictum*, *Ptilidium ciliare*, *Ptilium crista-castrensis*, *Sphagnum nemoreum*.

Für Moossoziologen fände sich hier und wohl auch in den beiden Hochmooren wahrscheinlich ein dankbares Tätigkeitsfeld. Die Fichten im Umkreis dieser Kluft gleichen etwa 50jährigen Bäumen, sind aber nach Auskunft des Oberförsters etwa 100 Jahre alt.

Solche Austritte stark unterkühlter Luft aus Spalten des Bodens, vielfach auch Bildung von Bodeneis in ihrer Umgebung, sind vor allem in älterer Literatur oft beschrieben worden, mehrfach auch aus den österreichischen Alpen. Selten sind Angaben über die Auswirkung auf die Vegetation. Über die physikalische Erklärung der Erscheinung bestanden allerdings lange sehr geteilte Meinungen — s. unten S. 113. Stets handelt es sich um unterirdische Hohlräume mit je einer oder mehreren höher und tiefer gelegenen Öffnungen, entweder um Höhlen im eigentlichen Wortsinn in festem Fels, um Kluftsysteme in stark zerklüftetem Gestein oder um mit einander weithin in Verbindung stehende, nach außen hin durch Erde und Vegetation abgedichtete Zwischenräume zwischen den Blöcken von Schutthalden und Bergsturzmassen. Im Sommer strömt wesentlich unterkühlte Luft aus der(n) unteren Öffnung(en) aus, im Winter stark erwärmte aus der(n) oberen. Ist Wasser vorhanden, so bildet sich in der Nähe der unteren Mündung(en) Eis, das weit in den Sommer hinein zu beobachten ist, vielfach auch ausdauert. Die Wissenschaft bezeichnet solche Systeme recht glücklich als Windröhren, der Volksmund fand für die vor allem auffallenden unteren Öffnungen die Namen Windlöcher, Wetterlöcher, Eislöcher, Eiskeller, Kantinen, Ventarole, Boche di venti, Grotti. Ein Teil davon weist auf wirtschaftliche Verwendung hin; da und dort sind nämlich an die Austrittsstellen der Kaltluft Stein- oder Holzhütten angebaut, die ausgezeichnete Aufbewahrungsräume für Wein, Milch, Käse (in Roquefort), Bier (ehemals bei Hallein) ergeben; daß Umwohner, besonders Waldarbeiter die Eislöcher zum Aufbewahren und Kühlen ihrer Speisen verwenden, wird wiederholt berichtet, so auch von unserem Moor und von dem „Eiskeller“ am Gotschuchenboden in den Karawanken (s. unten).

Vielfach finden sich solche unterirdische Hohlräume wie in unserem Falle in Anhäufungen von Grobtschutt am Fuße von Felswänden oder Steilhängen, der von Vegetation bekleidet ist, die das Blockwerk nach außen abdichtet und nur einzelne Stellen offen läßt, so daß die Tagluft eintreten und in den vielen zu-

sammenhängenden Hohlräumen zwischen den eckigen Brocken im Innern der Halde zirkulieren kann. Auch so manche unserer Eishöhlen, so die beiden bekanntesten und größten, die Dachstein-Rieseneishöhle und die Eisriesenwelt im Tennengebirge, sind Windröhren, deren obere Öffnungen allerdings noch nicht gefunden sind (BOCK 1913, KYRLE 1923, HAUSER & OEDL 1926, FRANKE 1956:171 ff., 183). Sie werden als dynamische Eishöhlen bezeichnet (KYRLE 1923:115 ff.), während statische Eishöhlen solche mit nur einer, höher als das Höhleninnere liegenden Öffnung sind; in ihnen geschieht die Bildung und Erhaltung des Eises durch etwas andere physikalische Vorgänge (s. u. a. KYRLE 1923:223 ff., 115 ff.).

SAUSSURE 1786:209 ff.<sup>2)</sup> hat als einer der ersten verschiedene solche Stellen aus Italien und der Schweiz beschrieben, darunter die auch später oft genannten Weinkeller von Caprino und anderen Orten am Luganersee und bei Chiavenna nördlich des Comersees. KELLER 1839 schildert eingehend die an solche Windlöcher angebauten Milchhütten von Seelisberg am Vierwaldstättersee und zählt etwa 20 ähnliche Stellen mit Windlöchern in der Schweiz auf, die da und dort auch zu solchen Milchhäuschen verwendet wurden; die Art des Gesteines (Granit, Kalk, Nagelfluh) spiele dabei keine Rolle. Die aus den Löchern austretende kalte Luft halte die Temperatur in diesen Häuschen so tief, daß sich nach von den beiden Forschern wiedergegebenen Berichten Milch durch drei Wochen, Fleisch durch einen Monat und Kirschen ein ganzes Jahr frisch erhalten sollen. Nach KELLER erkennt man die Stellen, wo sich Windlöcher befinden, leicht an dem sparsamen Pflanzenwuchse; der Boden sei um die Mündung herum mit Moos bekleidet, das ein schwarzes Aussehen habe . . . ; alles, was da wachse, verrate die große Kälte des Bodens. Die Schilderungen von SAUSSURE (und später auch die KELLERS) wurden mehr oder minder ausführlich in die älteren Schweizerführer übernommen, so schon in EBEL 1804:204, 1805:116, 144 (unwesentlich erweitert in der 3. Auflage von 1809, 1810; die 1. Auflage habe ich nicht gesehen). Auch im weiteren Verlauf des 19. Jahrhunderts werden die Weinkeller am Luganersee in den Handbüchern für Reisende von MURRAY, BAEDEKER und wohl auch anderen hervorgehoben. Auch F. v. TSCHUDI behandelt in seinem klassischen Tierleben der Alpenwelt durch viele Auflagen die „merkwürdigen Wind- oder Wetterlöcher“ und führt zahlreiche Beispiele aus den Schweizer Alpen an. — Im Kosmos 20 (1923) schildert und erklärt der bekannte Schweizer Geologe Albert HEIM auf eine Leseranfrage hin die den Gebirgsbewohnern seit langem bekannten, besonders am Fuße von Kalkmassiven massenhaft vorkommenden „Gebläse“.

Aus den Ostalpen wurden solche Windlöcher u. a. beschrieben oder angeführt von Kaltenhausen bei Hallein, wo sie in der Frühzeit der bekannten Brauerei als Eiskeller verwendet worden seien (MORLOT 1847:47) und vom Westfuß des Kleinen Barmstein bei Hallein (RICHTER 1876:317). Nach FUGGER 1892:37 finden sich derartige Erscheinungen an Schutthalden und Bergstürzen auch in den Ostalpen sehr häufig; aus vielen von ihm angeführten Beispielen seien Eislöcher bei Eppan in Südtirol, bei Aineth nächst Lienz in Osttirol, das Nixloch bei Hallturm zwischen Reichenhall und Berchtesgaden, mehrere Windlöcher am Fuße des Untersberges, solche in den Sulzbachtälern, im Habachtal und im Wildgerlostal im Oberpinzgau hervorgehoben.

<sup>2)</sup> Zitiert nach der vierbändigen 4<sup>o</sup>-Ausgabe 1779 bis 1796; in den achtbändigen 8<sup>o</sup>-Ausgaben (nach dem Katalog der Alpenvereinsbücherei München 1927 erschienen in den Jahren 1780 bzw. 1787 bis 1796), wovon ich nur die ersten vier Bände einsehen konnte, muß die Stelle im 5. Band enthalten sein. — Über wesentlich ältere Schweizer Berichte vgl. FURRER 1961.

Besonders eindrucksvoll sind davon nach mehrfachen Berichten<sup>3)</sup>, die mir erst bei Abschluß meiner Arbeit bekannt wurden, die „Eislöcher“ („Eisgruben“) von Eppan in Überetsch bei Bozen, die auch in den gangbaren Reiseführern erwähnt werden. In einer Landschaft von Weingärten und Kastanienhainen liegen hier in etwa 500 m Höhe zahlreiche Frostlöcher mit Gebläse und z. T. auch den Sommer überdauerndem Eis in dem Blockmeer eines vor mehreren Jahrtausenden niedergegangenen Bergsturzes, der sogenannten Eppaner Gand. Das Besondere dieser Stelle gegenüber anderwärts bekannten liegt einerseits in der Größe der gewaltigen Porphyrböcke und der zwischen ihnen klaffenden Spalten, von denen einige kleine, begehbare Höhlen mit schönen Eisfiguren darstellen, anderseits darin, daß ein Teil von ihnen am Grunde eines Kessels mit ebener Bodenfläche mündet, der in das Blockwerk ungefähr 25 m eingetieft ist. Hier bleibt die aus den Klüften austretende Kaltluft infolge ihrer Schwere als Kälte-see liegen. Nach Angaben von PFAFF, der die Eislöcher in mehr als 25 Jahren etwa 200mal besuchte und zahlreiche Temperaturmessungen vornahm, steigen die Durchschnittstemperaturen in den Eislöchern von März bis in den Hochsommer allmählich von 0 bis auf 4 Grad, die am Grunde des Kessels von 2 auf 9 Grad; zwischen der Temperatur in den Klüften und der auf einem Sattel oberhalb des Kessels ergaben sich Unterschiede bis zu 20 Grad. Bei extremer Hitze muß die Differenz der Temperatur gegenüber der Außenwelt noch wesentlich größer sein; nach MORTON 1958a kann sie an windstillen Tagen bis zu 30 Grad betragen. Wie anderwärts sind auch hier die Temperaturunterschiede in den Mittags- und Nachmittagsstunden und bei heiterem Wetter wesentlich größer, der Luftzug stärker, als früh am Tage und bei bedecktem Himmel. Sie werden den Sommer über durch das allmähliche Erwärmen der Klüfte geringer, besonders später, wenn die Außentemperatur zu sinken beginnt. Die Geschwindigkeit der ausströmenden Kaltluft übersteigt im Sommer im Kessel einen Meter in der Sekunde und ist bei einzelnen Löchern in der Umgebung noch wesentlich größer. Der Kaltluftstau am Grunde des Kessels wird anschaulich an einer von MORTON beobachteten, dort wurzelnden, etwa 6 m hohen, schwachen Lärche; sie war anfangs Mai an den untersten Zweigen noch kahl, etwa in der Mitte entfalteteten sich die Nadelbüschel, die höchsten Zweige trugen bereits voll entwickelte Nadeln.

Die umgekehrte Temperaturschichtung der Luft im Kessel und seiner nächsten Umgebung führt zu der aus Karstdolinen bekannten Umkehr der Vegetationsstufen, hier durch die ständig erneuerte Kaltluft verstärkt und auf wenige Höhenmeter zusammengedrängt. Den Boden des Kessels bedeckt nach PFAFF eine „Alpenwiese“ mit vorherrschender *Poa alpina*, ferner u. a. *Festuca fallax*, *Homogyne alpina*, *Taraxacum alpinum*; am Unterrand der Abhänge auch *Agrostis alpina* und *rupestris*, *Calamagrostis villosa* und *tenella* (*humilis*), *Cerastium fontanum*, *Campanula Scheuchzeri*, *Phyteuma betonicifolium*, *Botrychium Lunaria* u. a. Hinauf zu folgen, jeweils nur wenige Höhenmeter umfassend, eine Zone alpiner Kleinsträucher, teils *Rhododendron ferrugineum*, früher hier und bei einigen Eislöchern der Umgebung sehr reichlich und üppig gedeihend, in den letzten Jahrzehnten durch Besucher schwer geschädigt, teils Vaccinien; sodann „subalpiner Nadelwald“ und ganz oben „montane Laubge-

<sup>3)</sup> Man vergleiche vor allem PFAFF 1933, der auch eingehend die Vegetation und Flora einschließlich der zahlreichen Flechten und Moose schildert, die ältere Literatur verzeichnet und weitere Beispiele von Windröhren aus Südtirol und dem Trentino bringt; ferner MORTON 1958a, b, 1959, 1962 und FRENZEL 1962; die beiden letzten Beiträge betreffen vor allem den Naturschutz, der wegen der Alpenrosen dringend nötig und auch bereits verfügt ist; die Wirkung wird von den Maßnahmen zu seiner praktischen Durchsetzung abhängen.

hölze“ (u. a. *Castanea sativa*, *Fagus sylvatica*, *Ostrya carpinifolia*, *Fraxinus Ornus*, *Prunus Mahaleb*); alle Zonen mit sehr charakteristischer floristischer Zusammensetzung, die PFAFF eingehend schildert. Auf den großen Felsblöcken und zwischen ihnen finden sich nebst zahlreichen z. T. alpinen oder subalpinen Flechten und Moosen u. a. *Asplenium septentrionale*, *Agrostis rupestris*, *Moehringia muscosa*, *Sedum dasyphyllum* und *annuum*, *Sempervivum arachnoideum*, *Saxifraga aizoon*, *Campanula linifolia*, *Hieracium amplexicaule*.

Ein bekannter „Eiskeller“ befindet sich ferner in den Ostkarawanken am Gotschuchenboden oberhalb des Dorfes Gotschuchen, von CANAVAL 1893 beschrieben. Am Fuße des Kammes Matzen 1627 — Schwarzer Gupf 1688 m (Angaben nach der neuen österreichischen Karte 1 : 50.000, Blatt 203, Maria Saal) liegt hier in ungefähr 1100 m Höhe in Nordexposition nach CANAVAL eine unten aus großen Felstrümmern bestehende, mit Humuserde und Wald bedeckte Kalkschutthalde, die das ganze Jahr hindurch von Eis durchdrungen ist. In der Tat ist die Stelle, die 1959 auf einer Exkursion im Anschluß an die Tagung der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Klagenfurt gezeigt wurde, eigenartig. Vor allem fällt der kümmerliche Wuchs der den Wald bildenden Fichten auf, von denen viele Meter lange Bartflechten (Usneen) herabhängen; auch die spärliche Bodenvegetation entspricht nach flüchtigen Eindrücken Verhältnissen, wie man sie sonst in wesentlich höheren Gebirgslagen antrifft. Leider ist über Ökologie und Vegetation der den Kärntner Botanikern gut bekannten Stelle noch nichts veröffentlicht. Nach freundlicher brieflicher Mitteilung von Herrn Universitätsprofessor Dr. AICHINGER, Klagenfurt, gibt es im Raume von Gotschuchen mehrere, fächerartig verstreute Eisböden. — Durch Bekannte erhielt ich während des Druckes eine in Nr. 4032 der Zeitung „Neues Österreich“ vom 6. August 1958 ohne Verfasserangabe erschienene Reportage, deren Zusammensetzung aus Dichtung und Wahrheit schon in der Überschrift zum Ausdruck kommt: „Das Eiswunder von Gotschuchen — 150jährige Tannen [!] in der Stärke von Kerzen — In Kärnten befindet sich ein Relikt aus der Eiszeit — Fauna und Flora gleichen derjenigen der Tundra“. Immerhin ergibt sich daraus u. a., daß der Eisboden im Zuge einer Wassersuche tief — angeblich 6 m — aufgedigelt wurde. Es wäre dringend geboten, die dem stark phantastischen Bericht zugrunde liegenden Tatsachen einwandfrei wissenschaftlich festzuhalten.

Eine weitere eisführende Schutthalde in Kärnten — in den Gailtaler Alpen — wurde von E. H. WEISS gefunden und 1958 beschrieben.

Was FURRER 1961 in seiner neuen Studie berichtet, die mich während des Druckes erreichte, deckt sich zum Teil mit dem Inhalt meiner Arbeit. Er beschreibt Kaltluftaustritte am Fuße von Schutthalden am Lauerzersee und die im wesentlichen montan-subalpine Flora ihrer Umgebung in einem Gebiet, in dem in nächster Nähe die Edelkastanie gedeiht. Bemerkenswert ist die Anführung weit über SAUSSURE 1786 zurückreichender Schilderungen von Windlöchern in alten Schweizer Schriften. — In seinen allgemeinen Ausführungen reiht er die Vorkommen von Kaltluft in Bergsturzmassen im Gegensatz zu den Windlöchern in „andere Kaltluftbildungen“ ein, weil dabei der Stau und die Speicherung von Kaltluft bezeichnender sei als die Strömung, meines Erachtens zu Unrecht. PFAFF 1933, von dem er dabei ausgeht, zeigt ganz klar, daß es sich auch bei den Eislöchern von Eppan um ein Windröhrensystem in der Bergsturzmasse und der oberhalb lagernden Geröllhalde handelt; daß die aus den Eislöchern austretende Luft in dem Kessel, in den sie hier münden, gespeichert wird, ist eine Folge der Geländeform gerade dieses Bergsturzes und kann wohl nicht verallgemeinert werden.

Aber auch aus weiten Gebieten außerhalb der Alpen wurden viele ähnliche Stellen, Windröhren in Schutthalden oder Bergstürzen, Höhlen, z. T. auch statische Eishöhlen angeführt und beschrieben, besonders von FUGGER 1891 bis 1893 und von BALCH 1900<sup>4)</sup>, so aus dem Schweizer und französischen Jura, den Apenninen, aus dem Karst und seinen Randgebirgen, Serbien, den Karpathen, den deutschen Mittelgebirgen (z. B. in böhmischen Basalten, bei der Dornburg nördlich von Limburg a. d. Lahn), aus dem französischen Mittelgebirge; ferner aus Rußland, Sibirien, dem Himalaya, Korea, Japan und von vielen Punkten in Nordamerika.

Abgesehen von den eingehenden Schilderungen der Umgebung der Eislöcher von Eppan — s. oben S. 109 — und den neuen Schweizer Arbeiten von FURRER, RICHARD und MOOR findet man nur selten — meist sehr allgemein gehaltene — Angaben über die Vegetation an solchen Stellen, so außer der oben angeführten von KELLER 1839 und einem kurzen Hinweis von WEISS 1958 auf die „dem hohen Norden analoge Pflanzengemeinschaft“ am Eiskeller des Gotschuchenbodens, Äußerungen von BALCH 1900:79, 83, 134, hauptsächlich amerikanische Blockhalden mit Eis betreffend, über sehr starke phänologische Verspätung („Frühjahrsblumen im Sommer“); S. 90 erwähnt er, daß er — ohne botanische Fachkenntnisse — die Flora an einer solchen Stelle von der Umgebung abweichend fand; S. 188 gibt er Berichte wieder, wonach die Flora an solchen Stellen einen „arktischen Charakter“ zeige. — BECHERER 1951 stieß in Brusio im schweizerischen Puschlav vor einem der dortigen „Grotti“ (Kühlhäuser) auf eine aus wenigen, aber recht kennzeichnenden Arten bestehende subalpine Kälteflora, deren Existenz durch die dem Grotto entströmende kalte Luft ermöglicht wurde. Gewiß sind im Schrifttum manche ähnliche Hinweise verstreut, die mir nicht zur Kenntnis kamen. Ein an einer solchen Stelle entstandenes Moor ist anscheinend bisher nicht beschrieben worden.<sup>5)</sup>

Es wäre ja naheliegend, daß bei Vegetationsaufnahmen solche Stellen durch ihren auffallenden und von der Umgebung abweichenden Pflanzenbestand gefunden werden. Das scheint AICHINGER (1952:79-83) im Schwarzwald gelungen zu sein. Er fand hier in der Buchenstufe in einer Höhe von 750 m auf Eis führendem Silikat-Bergsturz-Groblockboden einen natürlichen subalpinen Fichtenwald mit dafür sehr charakteristischer Bodenflora. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Bildung des Eises hier ebenfalls in einem Windröhrensystem innerhalb der Blockhalde vor sich geht.

Ebenfalls auf Groblockböden (Kalk- und Silikatunterlage) stocken die von MAYER 1961 beschriebenen Blockfichtenwälder (*Asplenio-Piceeta*). Er fand in den Chiemgauer Alpen in tiefmontaner Lage (970 m), der bei der gegebenen Südwestexposition als Klimax ein Fichten-Tannen-Buchenwald entsprechen würde, auf groblockigem, hohlraumreichen, von Kaltluft durchströmtem Bergsturzgelände (Kalk) diese näher beschriebene Fichtenwaldgesellschaft und in ihr besonders hervortretende Einzelstandorte mit zwischen großen Blöcken ausströmender Kaltluft, die durch sonst zurücktretende Fichtenwaldarten wie *Ptilium crista-castrensis*, *Pirola uniflora*, *Listera cordata* gekennzeichnet sind. Er spricht von ausgesprochener „Eiskellerluft“; während der Schneeschmelze trete reichlich Wasser in die Blockklüfte ein, gefriere wieder und schmelze langsam im Frühjahr und Sommer. Charakteristisch ist, daß auch hier der austretende Kaltluftstrom an heißen Tagen am stärksten ist, sich aber an bedeckten, windigen Tagen die

4) Beide Werke enthalten reichliche Literaturangaben.

5) S. aber nun die recht ähnlichen Verhältnisse im *Lycopodio-Mugetum* des Schweizer Jura (RICHARD 1961).



Besonderheiten im Lokalklima weitgehend verwischen. Gewiß handelt es sich auch hier um ein Windröhrensystem im Bergsturzgelände.

Ganz ähnliche Verhältnisse werden aus dem Schweizer Jura von MOOR 1954 und 1957 und besonders eingehend von RICHARD 1961<sup>6)</sup> geschildert. Auch hier stocken in montaner Lage außerhalb des Klimaxgebietes des Piceion auf ausgedehnten (Bergsturz-) Grobblockhalden u. a. im großartigen Felszirkus des Creux du Van im Neuenburger Jura prachtvolle „Blockfichtenwälder“ (Asplenio-Piceeta) auf dicken Rohhumuslagen über den Jurakalkblöcken. Die Stelle der „Einzelstandorte“ MAYERS vertritt hier eine eigene Assoziation. MOOR hat sie 1954 als Tofieldio-Piceetum aufgestellt, 1957 aber diesen Namen als vorläufig bezeichnet, da es sich wahrscheinlich um ein Mosaik verschiedener Assoziationsfragmente handle. Diese Vermutung hat dann RICHARD in eingehenden Untersuchungen bestätigt und die Assoziation in weiterem Rahmen als Lycopodio-Mugetum subass. salicetosum-retusae neu gefaßt. Sie findet sich innerhalb der Asplenio-Piceeta überall dort, wo in den Blockhalden Kaltluft zirkuliert und aus ihnen austritt und die tieferen Bodenschichten dauernd gefroren sind. Naßkaltes Bodenklima ist für beide Autoren der entscheidende ökologische Faktor. Lokal kommen andere mehr minder bedeutsame dazu, so im Creux du Van extreme Schattenlage am Nordfuß steiler Felswände, da und dort Bedeckung mit Lawinenschnee, Durchziehen wasserstauer Mergel unter dem Blockwerk, sehr lang dauernde Schneelage, die aber wohl ihrerseits eine Folge der extremen Bodenkälte sein dürfte. RICHARD hält es außerdem für möglich, daß sich im Boden fossiles Eis des Lokalgletschers der Würmeiszeit erhalten habe, was kaum zutreffen kann. Beide Autoren weisen wiederholt auf die Austritte kalter Luft aus den Klüften hin; von einer ähnlichen Stelle sagt RICHARD, der Wanderer werde an einem warmen Tage bald bemerken, daß sich die Löcher als Kühlschränke verwenden ließen. Es handelt sich gewiß um Windröhren in den Blockhalden, die die sonst kaum erklärbare extreme Kälte im Boden fortlaufend neu erzeugen. Im Creux du Van bleibt er dauernd gefroren. Dort hat RICHARD besonders gründliche ökologische Untersuchungen durchgeführt und dabei auch die Temperaturen der Luft und des Bodens bis in 160 cm Tiefe durch 2 Jahre hindurch fortlaufend gemessen. Ich habe den Eindruck, daß beide Autoren die von ihnen nicht ausdrücklich genannten Windröhren als wesentlichen ökologischen Faktor unterschätzen.

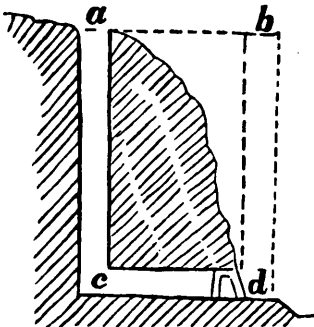
Die Assoziation ist besonders reich an Moosen und Flechten, die den blockigen Boden fast völlig überziehen. Aus der großen Zahl erwähne ich: *Dicranum scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium Schreberi*, *Ptilidium ciliare*, *Ptilium crista-castrensis*, *Rhytiadelphus loreus*, *R. triquetrum*, reichlich verschiedene Sphagnen, zahlreiche *Cladonia*-Arten. Das eigenartige Bild der Krautschicht zeigt nach MOOR eine Mischung von „echten Fichtenwaldarten mit Sumpf- und Hochmoorpflanzen“. *Vaccinium uliginosum* beherrscht den Aspekt. Dazu kommen u. a. *Vaccinium Myrtillus* und *V. Vitis-idaea*, *Empetrum nigrum* (in anderen Gebietsteilen *E. hermaphroditum*), *Rhododendron ferrugineum*, *Lycopodium Selago*, *Listera cordata*, *Melampyrum silvaticum*, ferner, soweit das Wurzelwerk den Kalk des Untergrundes noch erreichen kann, *Dryas octopetala* und *Salix retusa*. Die „Baumschicht“ besteht im Creux du Van aus Krüppelfichten, die bei einem Alter von 100 und mehr Jahren kaum über 2 m Höhe erreichen, ferner u. a. etwas *Betula pubescens*, anderwärts aus ebenfalls schlecht entwickelten Bergkiefern. Mancherlei Ähnlichkeit mit unserem Hochmoor ist unverkennbar.

<sup>6)</sup> Die Arbeiten kamen mir leider erst während des Druckes zur Kenntnis, so daß ich darauf nicht mehr in dem ihrer Bedeutung entsprechenden Maße eingehen konnte.

Das Lycopodio-Mugetum ist eine sogenannte Dauergesellschaft, deren Bestand durch die Fortdauer ihrer besonderen ökologischen Verhältnisse bedingt ist. Es wäre durchaus möglich, daß an einzelnen Stellen die Windröhren in Blockhalden durch die weitere Entwicklung der Vegetation geschlossen werden (zuwachsen) und dadurch die stete Erzeugung von Kaltluft und die Gefronnis des Bodens aufhören. Die Vegetation könnte sich dann (progressiv) weiter entwickeln, zunächst wohl zu einem Asplenio-Piceetum.

Es ist naheliegend, daß sich schon mit den ersten Beschreibungen der Tatsachen die Frage nach ihren Ursachen erhob. Darüber gingen die Ansichten seit SAUSSURE 1786 durch beinahe 100 Jahre weit auseinander, wenn auch schon frühzeitig mitunter überwiegend richtige Auffassungen geäußert wurden, so von KELLER 1839 und ihm folgend MORLOT 1847. Insbesondere war erstaunlicher Weise die Zeit der Eisbildung sowohl in Windröhren als in sogenannten statischen Eishöhlen umstritten und vielfach wurden „Sommereistheorien“ verfochten, nach denen sich das Eis in beiderlei Hohlräumen während der Sommermonate bilden solle. Den Gang der Auseinandersetzungen über die verschiedenen Ansichten, die vielfach an dem Mangel exakter Beobachtungen krankten, kann man bei FUGGER 1893 und BALCH 1900 nachlesen. Erst seit FUGGER wird nicht mehr bezweifelt, daß das Eis sich im wesentlichen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, in der kalten Jahreszeit bildet und die Kaltluftströme im Sommer nur seine lange Erhaltung begünstigen. Noch bei CANAVAL 1893, der die Windröhrenerscheinungen im allgemeinen zutreffend erklärt — s. die folgenden Absätze — spukt die Ansicht, daß sich das Eis in der Schutthalde am Gotschuchenboden infolge der starken Verdunstungskälte im Sommer bilde.

Die physikalische Erklärung der Luftströmungen und anderen Erscheinungen in Windröhren, die uns hier allein beschäftigen, ist überraschend einfach. Sie ist in der Wetterlehre des Bergbaues altbekannt und kann in den Hand- und Lehrbüchern des Bergbaues, z. B. TREPTOW 1925:568 ff. nachgelesen werden. Aus der bergmännischen Erfahrung und Theorie wurde auch die richtige Erklärung der Vorgänge in natürlichen Windröhren gewonnen. Der Musterfall einer Windröhre ist im Bergbau die Verbindung eines Schachtes a—c mit einem Stollen c—d (Abb. 1, nach MORLOT 1847:48); auch in einem solchen System fließt im Sommer stark unterkühlte Luft beim Stollenmundloch d aus, während



im Winter dort die kalte Außenluft in den Stollen einzieht und wesentlich erwärmt aus der oberen Öffnung des Schachtes entweicht. Die Ursache dieser Strömungen liegt in der Tatsache, daß das Gestein schon wenige Meter unterhalb der Oberfläche die jahreszeitlichen Schwankungen der Außentemperatur nur mehr sehr abgeschwächt mitmacht und in etwas größerer Tiefe eine stets gleich bleibende Temperatur hat, die ungefähr der mittleren Jahrestemperatur des Ortes entspricht. In den Hohlräumen findet eine allmähliche Angleichung der Temperatur der Innenluft an die des

Abb. 1: Schacht und Stollen im Bergbau.

Nach MORLOT 1847. Näheres im Text.

Gesteines statt, so daß diese bei warmem Wetter unter die Temperatur der Außenluft abgekühlt, bei kaltem über diese erwärmt wird. Dadurch wird bei warmem Wetter die Luftsäule a—c schwerer als die entsprechende

b—d über dem Stollenmundloch, die schwerere Luft sinkt im Schachte ab und wird beim Stollenmundloch hinausgedrückt, während bei a warme Außenluft nachgesaugt wird; auch diese wird allmählich durch das Gestein abgekühlt und schwerer, so daß sich ein andauernder Luftstrom von oben nach unten einstellt. Seine Geschwindigkeit und das Maß der Abkühlung hängt von verschiedenen Faktoren ab, insbesondere auch von Größe und Gestalt der Hohlräume, ist aber jedenfalls proportional dem Niveauunterschied zwischen oberer und unterer Öffnung und der Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft. Bei kaltem Wetter ist die Luft im Schachte wärmer und daher leichter als die Außenluft; sie steigt empor und tritt bei a aus, während bei d kalte Außenluft in das System nachrückt und unter allmählicher Erwärmung aufsteigt. Wenn Außen- und Innenluft ungefähr gleich temperiert sind, geht keine Luftbewegung vor sich, es tritt Wetterstockung ein, die zeitlich dadurch ausgedehnt wird, daß der Anstoß zu neuerlicher Bewegung zunächst die Reibungswiderstände in dem Hohlraumssystem überwinden muß. Daher schalten sich auch Wetterstockungen beim Wechsel in beiden Bewegungsrichtungen, dem Umsetzen der Wetter, ein. Dieses Umsetzen wird durch den Temperaturgang der Außenluft bedingt und erfolgt im Frühjahr und Herbst bei warmen Tagen und kalten Nächten täglich früh und abends.

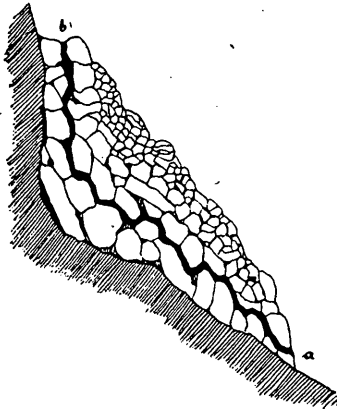


Abb. 2: Schematische Darstellung einer Windröhre.  
Nach FUGGER 1880. Näheres im Text.

Ganz gleich liegen die Verhältnisse in einem ziemlich dicht verschlossenen und nur oben und unten geöffneten Hohlraumssystem in Schutt- oder Bergsturzmassen, schematisch dargestellt in Abb. 2 nach FUGGER 1880:172, der wieder an KELLER 1839 und MORLOT 1847:49 anknüpft. Sie zeigt eine Schutthalde am Fuße einer steilen Felswand und geht von der Annahme aus, „daß die Wand zuerst größere,

größere, weiter weg rollende Trümmer und nur nach und nach kleinere und seltener hergegeben habe, bis zuletzt die Abbröcklung so gering wurde, daß die Vegetation auf der Halde Fuß fassen und gewöhnlich dichter Waldboden sich darauf bilden konnte . . . ; hart am Felsen bei b sei weniger Erde, weil da gewöhnlich noch etwas frischer Schutt nachrolle“, so daß hier noch Außenluft in das Innere der Halde eintreten könne. In Wirklichkeit wird die Gestaltung gewiß in den einzelnen Fällen recht verschieden sein; es kommt nur darauf an, daß sich aus irgendwelchen, wohl nur durch eingehende Untersuchungen in einzelnen Fällen vielleicht zu klärenden Ursachen in relativ gut, aber natürlich nicht überall vollkommen abgedeckten Blockmassen in höherer und tieferer Lage Öffnungen befinden und die Luft im Inneren zwischen den Gesteinsbrocken frei zirkulieren kann.

Nach dieser grundsätzlichen Klärung der Ursachen der Luftströmungen und Temperaturänderungen in Windröhren haben wir hier keinen Anlaß, auf verschiedene Umstände theoretisch einzugehen, durch die sie im einzelnen beein-

fließt und modifiziert werden können. Aber ein wesentlicher Punkt ist noch zu besprechen. Nach dem bisher Gesagten könnte die aus der unteren Öffnung einer Windröhre austretende Luft auch unter günstigsten Verhältnissen — abgesehen von dem Vorhandensein von Eis in der Röhre — höchstens bis zu der konstanten Temperatur des tieferen Untergrundes abgekühlt werden, die ungefähr der mittleren Jahrestemperatur des Ortes gleich ist und daher in den meisten in Betracht kommenden Fällen, so auch dem unsrigen, mindestens einige Grade über dem Gefrierpunkt liegen wird. Es liegen jedoch von SAUSSURE 1786 bis zu PFAFF 1933 zahlreiche Beobachtungen vor, nach denen an den unteren Öffnungen von Windröhren, auch ohne Anwesenheit von Eis, erheblich tiefere Temperaturen gemessen wurden, so von EBEL (1805:116) am Luganersee in einem beinahe mediterranen Klima Ende Juni  $2\frac{1}{3}$  Grad (s. die Zusammenstellung bei FUGGER 1880:177). Diese weitere Abkühlung der die Röhre durchströmenden Luft erklärt sich überwiegend aus der Verdunstung der in den Hohlräumen vorhandenen oder von oben zusickernden Feuchtigkeit; durch sie wird der durchstreichenden Luft Wärme entzogen. Die Verdunstung mag in größeren, weiten Höhlenräumen von geringer Wirkung sein (KYRLE 1923:213, BOCK 1913:138 ff.), kann aber in Windröhren mit engem Querschnitt unter günstigen Umständen bedeutende Ausmaße annehmen und auch die Windgeschwindigkeit erhöhen (KYRLE ebd. 119, 213 ff.). Die Verdunstung ist am stärksten bei reichlich vorhandener Feuchtigkeit, verhältnismäßig starkem Luftzug und Trockenheit der in die Röhre einströmenden Außenluft. Tritt diese schon mit Feuchtigkeit gesättigt in die Windröhre ein, so kann keine Verdunstung stattfinden und da dies außerdem meist bei kühlem Wetter und bedecktem Himmel der Fall ist, wird der Luftzug geringer oder setzt aus. In der Schweiz hat man da und dort diese bei kühler, feuchter Luft auftretende Erscheinung für Anzeichen bevorstehenden Regens gehalten; daher die mehrfach vorkommende Bezeichnung „Wetterlöcher“ für solche Windröhrenmündungen.

Voraussetzung für die Bildung von Eis in Windröhren ist das Vorhandensein von Wasser in irgendwelcher Form und die Lage in einem Klimagebiet, in dem die Wintertemperatur durch längere Zeit unter den Gefrierpunkte absinkt. Da die kalte Außenluft bei der unteren Mündung der Windröhre eindringt und sich im Aufsteigen erwärmt, bildet sich Eis vor allem im unteren Teile der Röhre; dort bleibt es auch am längsten erhalten, da die in der warmen Jahreszeit absteigende Luft dort schon so abgekühlt ankommt, daß sie die zum Schmelzen des Eises erforderliche Wärme nur mehr in geringem Maße abzugeben vermag. In den uns vor allem interessierenden Windröhren in Schutt- und Bergsturzmassen dürfte die Eisbildung überwiegend an der Wende vom Winter zum Frühjahr vor sich gehen, wenn der Schnee schmilzt und die oberen gefrorenen Bodenschichten auftauen, so daß das Wasser in die Hohlräume durchsickern kann, und dort in den noch immer kalten Nächten gefriert.

Mit diesen Gesetzmäßigkeiten und von anderen Orten geschilderten Verhältnissen stehen die Beobachtungen bei meinen wenigen hochsommerlichen Besuchen des Moores und die von Oberförster CZERNY erhaltenen Berichte in gutem Einklang: so das Ausströmen von Kaltluft aus den Blockklüften am unteren Rande des Moores an warmen Sommertagen und das Aussetzen dieser Luftbewegung bei kühlem Wetter und bedecktem Himmel, die Bildung und lange Erhaltung von Eis vor allem im unteren Teile des Moores, die charakteristische Differenz zwischen den Untergrundtemperaturen in den oberen und unteren Teilen des Moores, wobei ich es dahingestellt lassen muß, in welchem Maße die Luft in den in den oberen Teilen gemessenen Klüften mit dem eigentlichen,

wahrscheinlich wesentlich tiefer verlaufenden Windröhrensystem in Verbindung steht — schließlich die höhere Innentemperatur bei geringerer Außentemperatur am Morgen des 11. September 1961 (s. S. 106). Über die Lage der oberen Öffnungen könnten vielleicht Beobachtungen im Spätwinter Klarheit bringen; anderwärts wurde wiederholt festgestellt, daß durch die ausströmende Warmluft der Schnee um diese Öffnungen herum rascher schmilzt als in der Umgebung; auch kann hier Nebel auftreten infolge der Kondensation von Feuchtigkeit, mit der die durchströmende Luft in der Windröhre gesättigt wurde. Allerdings dürften die Windröhren im Winter häufig durch Schnee geschlossen und daher außer Funktion sein.

Wir kehren zur Botanik zurück und berühren noch kurz das Eingliedern des neuen Vorkommens von *Betula nana* L. in das Areal dieser Hochmoorpflanze. Sie ist (s. auch RECHINGER 1957:159, 160) ein Glazialrelikt von arktisch-alpiner Verbreitung, kommt aber auch im Zwischengebiet da und dort vor, besonders auch in den deutschen Mittelgebirgen und im Schweizer Jura. Im Ostflügel der Ostalpen gibt es verhältnismäßig zahlreiche Vorkommen auf der Südabdachung der Schladminger Tauern und in den Norischen Alpen, in der Regel ungefähr in der Höhe der Waldgrenze; auch unser Vorkommen ist offenbar ähnlich ökologisch bedingt wie diese mindestens 600 m höher gelegenen Standorte. Nördlich des Hauptkammes der Zentralalpen war bisher ein so weit östlich gelegenes Vorkommen nicht bekannt.<sup>7)</sup> Als bisher östlichstes wird ein solches im Banntmoos am Südfuß des Hochkönig in 1400 m Höhe angeführt; nach Westen zu folgen solche am Paß Thurn und auf der Gerlosplatte (LEEDER & REITER 1959:38). Das späte Auffinden unseres Vorkommens in einem botanisch verhältnismäßig sehr gut durchforschten Gebiete läßt mit der Möglichkeit weiterer, das alpine Teilareal ergänzender Funde rechnen.

Unser Hochmoor ist wegen seiner ganz besonderen, vielseitigen naturwissenschaftlichen Eigenart, nicht zuletzt auch wegen des nordöstlichsten Vorkommens der Zwergbirke in den Alpen ein Naturdenkmal im eigentlichen Sinne des Wortes und verdient behördlichen Schutz. Es liegt zwar in einem sorgfältig bewirtschafteten Großwaldgebiet — Eigentümer Fürst COLLOREDO-MANSFELD, Forstverwaltung in Schloß Gstatt bei Öblarn; die Interessen des Naturschutzes stehen hier derzeit gewiß nicht in Gegensatz zu denen des Eigentümers, so daß unter diesem Gesichtswinkel ein behördlicher Bescheid derzeit nur von theoretischem Wert wäre. Wohl aber ist sofortiger Schutz gegen Unverstand und gelegentlich wohl auch Eigennutz der Umwohner nötig. Nach Mitteilung von Herrn CZERNY werden die Rhododendronbestände — ein ungewöhnlich leicht erreichbares Vorkommen in tiefer Lage — schon seit Jahren regelmäßig geplündert, woraus sich erklärt, daß die Alpenrosen nur mehr im oberen, mühsam zu erreichenden Teile

<sup>7)</sup> Im Herbar des Botanischen Instituts der Universität Graz liegt ein Bogen von *Betula nana* mit der nicht vom Sammler selbst stammenden Etikette: „*Betula nana*. Schladming 7. 1903. leg. Dr. Rechinger“. Ein solcher Fund ist bisher nicht bekannt geworden. Auch RECHINGER selbst, der in den Folgejahren mehrfach Beiträge zur Flora der Steiermark veröffentlichte (s. JANCHEN, *Catalogus Florae Austriae*: 30), hat ein solches Vorkommen, dessen Bedeutung ihm selbstverständlich klar gewesen wäre, darin nicht aufgenommen. Auch dem Sohne des genannten Sammlers, Prof. Dr. K. H. RECHINGER, ist von einem solchen Funde nichts bekannt. Weder in dem in Wien befindlichen Herbar seines Vaters, noch in dem Teile, der schon frühzeitig in das Herbar LD (= Lund) kam, befindet sich ein gleichartiger Beleg. Der Grazer Beleg stammt von der damals sehr tätigen Botanischen Fachgruppe des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark, an die von zahlreichen Seiten teils einzelne Pflanzen, teils größere Kollektionen eingesandt wurden, die später in das Herbar GZU eingereiht und z. T. erst bei dieser Gelegenheit etikettiert wurden. Trotz bekannter Sorgfalt und Zuverlässigkeit aller Beteiligten muß doch mit der Möglichkeit irgendeines Versehens gerechnet werden.

des Moores reichlicher vorhanden sind. Und im Sommer 1961 mußten wir ferner feststellen, daß die Latschen lange nicht mehr so stark das Bild des Moores beherrschten wie zwei Jahre vorher; vielfach waren die Sträucher stark verstümmelt. In diesen zwei Jahren waren sie wiederholt und mehrfach sehr ausgiebig zu Schmuckzwecken für die nähere Umgebung geplündert worden; die Verlockung ist offenbar groß, da sie im Moore leicht erreichbar sind, sonst aber hier in tiefer Lage des Urgebirges von sehr weit her geholt werden müßten. Die schweren Verwüstungen, die bei den Eislöchern von Eppan seit Jahren von zahlreichen Besuchern, selbst beaufsichtigten Schulklassen, angerichtet wurden, seien ein warnendes Beispiel. Im Creux du Van im Schweizer Jura wurde nach MOOR 1957:33 *Rhododendron ferrugineum* ausgerottet und wieder neu angepflanzt.

Das eigenartige, hier flüchtig beschriebene Moor verdient eine gründliche ökologische und pflanzensoziologische Untersuchung; auch die Geomorphologie einschließlich der Physik der unterirdischen Luftbewegung und des Eishaushaltes wäre gewiß eines näheren Studiums wert. Meine Ausführungen möchten auch anregen, ähnlichen Erscheinungen und ihrer Auswirkung auf Flora und Vegetation nachzuspüren, ein Wunsch, den ich nun nach Abschluß dieser Arbeit auch von ELLENBERG 1960:113 ausgesprochen fand, angeregt durch den Besuch des „Eiskellers“ am Gotschuchenboden in den Karawanken.

Knapp vor Abschluß des Druckes erreichte mich die ganz neue, wesentliche Arbeit: FENAROLI L. 1962. Una stazione di piante microtermiche in Val Cavallina (Prealpi Bergamasche). Bergamo. Sie schildert eine mit Feinschutt überdeckte Bergsturzmasse in ca. 360 m Höhe in Kalk, in der ein Windröhrensystem wirksam ist, das am Fuße an den Ausgängen der vorhandenen Spalten zu sehr tiefen Temperaturen führt, die bis zu 25 Grad unter der Temperatur der Umgebung liegen können. Dadurch, daß die Spalten in ein Dolinen-artiges Tälchen münden, wird die Kaltluft auch hier gespeichert. An den Mündungen der Spalten und dazwischen wachsen zahlreiche Gebirgspflanzen, von denen *Hutchinsia alpina* und *Saxifraga Hostii* auf einer der schönen Abbildungen sehr charakteristisch am Ausgang einer Kluft zu sehen sind. — Sehr ähnlich sind die Verhältnisse in zwei kleinen Tälchen beim See von Lasès im Val Fersina im Trentino (aber mit Eis zwischen den Porphyrböcken), die PFAFF schon in seiner zitierten Arbeit von 1933 beschreibt. Im selben Jahr hat er in den Studi Trentini di scienze naturali 14:177-187 diese Beschreibung erweitert und durch ein Verzeichnis der reichen Flora ergänzt, die ebenfalls wesentlich höheren Lagen entspricht.

Zu S. 108 (letzter Absatz) wäre zu ergänzen: Nach HELL M. 1934. Die kalten Keller von Kaltenhausen . . . Forsch. u. Fortschr. 10:336 zieht sich von Hallein bis Kaltenhausen auf einer Strecke von 1,5 km eine Reihe zahlreicher Bier- und Weinkeller hin, die größtenteils noch aus dem Mittelalter stammen. Hier liegen in den Schutthängen zahlreiche Windröhren, die von den Kellern mit Stollen oder Schlitzen angeschnitten werden. Bei ihrer näheren Untersuchung, die durch Freilegen einer Windröhre bei einem Straßenbau veranlaßt wurde, fand man Luftströme, die ein brennendes Streichholz verlöschten und eine Temperatur von 4 Grad bei 20 Grad Außentemperatur.

Herrn Oberförster Karl CZERNY in Schladming gilt mein besonderer Dank für wiederholt durch Auskünfte und durch Erläuterungen an Ort und Stelle geleistete Hilfe. Herrn Universitätsprofessor Dr. F. WIDDER danke ich herzlich für die Möglichkeit der Arbeit in seinem Institut und für mancherlei Hinweise und Ratschläge.

## Zusammenfassung

Die Arbeit berichtet über ein eigenartiges Hochmoor im Schladminger Untertal, das bei erfolgreicher Suche nach einem bisher der Floristik nicht bekannten Vorkommen von *Betula nana* L. gefunden wurde, durch das das inneralpine Teilareal dieser Art nach Nordosten erweitert wird. In etwa 1000 m Höhe und Nordexposition hat sich hier am sehr steilen Unterhang auf Blockmassen eines alten Bergsturzes ein Hochmoor gebildet. Ein dichter Moosteppich, überwiegend aus Sphagnen zusammengesetzt, hat das Blockwerk überzogen; die höheren Vegetationsschichten sind überwiegend aus Sträuchern und Zwergsträuchern zusammengesetzt: *Pinus mugo*, *Betula nana*, *Calluna*, alle Vaccinien, *Empetrum hermaphroditum*, *Rhododendron ferrugineum*. Die Voraussetzungen für die Moorbildung sind durch ein das Blockwerk durchziehendes Windröhrensystem gegeben, das in der warmen Jahreszeit zu sehr starker Unterkühlung des Untergrundes und zur Erhaltung des im Frühjahr zwischen den Blöcken gebildeten Eises bis in den Sommer hinein führt. Aus dem Schrifttum wird eine kurze Übersicht über ähnliche Erscheinungen an anderen Orten und über bisher spärliche Schilderungen der Vegetation an solchen Stellen gegeben. Im Anschluß werden — ebenfalls an Hand des Schrifttums — die in solchen Windröhren ablaufenden physikalischen Vorgänge kurz besprochen.

## Schrifttum

- AICHINGER E. 1952. Fichtenwälder und Fichtenforste als Waldentwicklungstypen. Angew. Pflanzensoziologie 7. Wien.
- BALCH E. S. 1900. Glacières or freezing caverns. Philadelphia.
- BECHERER A. 1952. Eine Kälteflora im Bereiche der Brusaker Grotti (Puschlav). Ber. schweiz.-botan. Ges. 62:664.
- BOCK H. u. a. 1913. Höhlen im Dachstein . . . Graz.
- CANAVAL R. 1893. Ein Eiskeller in den Karawanken. Carinthia II 83:178-180.
- EBEL J. G. 1804. Anleitung auf die nützlichste und genußvollste Art die Schweiz zu bereisen, ed. 2, 2. Zürich.
- 1805. Anleitung . . . ed. 2, 3. Zürich.
- ELLENBERG H. 1960. Ökologische Pflanzengeographie. Fortschritte der Botanik 22:112-130.
- FRANKE H. W. 1956. Wildnis unter der Erde. Die Höhlen Mitteleuropas als Erlebnis und Abenteuer. Wiesbaden.
- FRENZEL W. 1962. Die Eislöcher bei Eppan — ein wenig bekanntes Naturschutzgebiet in Südtirol. Natur und Land (Wien) 48:21.
- FUGGER E. 1880. Der Untersberg. Wissenschaftliche Beobachtungen und Studien. Z. dtsh. österr. Alpenverein 11:117-197.
- 1891, 1892, 1893. Eishöhlen und Windröhren. Jber. Ober-Realschule Salzburg 24, 25, 26.
- FURRER E. 1961. Über „Windlöcher“ und Kälteflora am Lauerzersee (Schwyz). Ber. geobot. Inst. . . . Rübel 32:83-96.
- HAUSER E. & OEDL R. 1926. Eisbildungen und meteorologische Beobachtungen. In: ANGERMAYER, ASAL u. a. Die Eisriesenwelt im Tennengebirge. Speläologische Monographien 6:77-105. Wien.
- [KELLER Ferd.] 1839. [Über Wetterlöcher oder Windhöhlen.] An die Zürcherische Jugend auf das Jahr 1839. Von der Naturforschenden Gesellschaft. [Neujahrsblatt, 41. Stück.] — Ein großer Teil der schwer erreichbaren Ausführungen KELLERS ist übernommen in MARBACHS Physikalisches Lexikon, ed. 2 (1854) 3:836 ff.

- KYRLE G. 1923. Grundriß der theoretischen Speläologie. Speläologische Monographien 1. Wien.
- LEEDER F. & REITER M. 1959. Kleine Flora des Landes Salzburg. Salzburg.
- MAYER H. 1961. Märchenwald und Zauberwald im Gebirge. Zur Beurteilung des Blockfichtenwaldes (*Asplenio-Piceetum*). Jb. Ver. z. Schutze der Alpenpflanzen und -Tiere 26:22-37.
- MOOR M. 1954. Fichtenwälder im Schweizer Jura. *Vegetatio* 5-6:542-552.
- & SCHWARZ U. 1957. Die kartographische Darstellung des Creux du Van-Gebietes (Jura des Kantons Neuenburg). *Beitr. z. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz* 37.
- MORLOT A. 1847. Erläuterungen zur geologischen Übersichtskarte der nordöstlichen Alpen. Wien.
- MORTON F. 1958a. Die Eislöcher von Eppan in Überetsch. *Natur und Volk* (Frankfurt a. Main) 88:413-420.
- 1958b. Bei den Eislöchern von Eppan. *Universum, Natur und Technik* (Wien) 13:268-270.
- 1959. Mikroklimatische Untersuchungen am *Rhododendron ferrugineum* im Bergsturzgebiet der Eppaner Gand. *Der Schlern* 33:233-234, 339-342, 424-426.
- 1962. Die Eislöcher bei Eppan. *Natur und Land* (Wien) 48:46.
- PFÄFF W. 1933. Die Eislöcher in Überetsch. Ihre Vegetationsverhältnisse und ihre Flora. *Schlernschriften* 24.
- RECHINGER K. H. 1957. *Betulaceae*. In: HEGI G., Ill. Flora von Mitteleuropa, ed. 2, 3/1 (2):136-196.
- RICHARD J.-L. 1961. Les forêts acidophiles du Jura. *Beitr. z. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz* 38.
- RICHTER E. 1876. Zur Frage über die Entstehung der Eishöhlen. *Petermanns Mitt.* 22:315-317.
- SAUSSURE H. B. 1786. *Voyages dans les Alpes* . . . 3. Neuchâtel.
- WEISS E. H. 1958. Eine Eis führende Schutthalde in den Gailtaler Alpen. *Carinthia* II 68:62-63.

*Nachtrag.* OKKO V. 1957. On the thermal behaviour of some finnish eskers. *Fenia* 81/5 (Referat von C. TROLL in *Erdkunde* 13(1959):150) berichtet „vorläufig“, aber sehr gründlich und anschaulich (Abbildungen) über sehr interessante Erscheinungen auf südfinnischen Osern, steilen, fluvio-glazialen Schotterrücken, die überwiegend mit feinsandigen äolischen Sedimenten und dichter Vegetation bedeckt sind. Verschiedene Stellen auf oder nahe den Kämmen, wo diese isolierenden Schichten aussetzen, bleiben im Winter dauernd schneefrei und warme Luft strömt — oft sehr heftig — aus dem grobblockigen Untergrund. Diese schneefreien Flecken, hier wegen ihrer Bindung an die leicht zugänglichen Rücken sehr auffällig, waren überwiegend Gegenstand der planmäßigen Untersuchungen. Aber auch die unteren Öffnungen des in den Blockmassen bestehenden Hohlraumsystems, die hier auch künstlich durch Entfernen der isolierenden Schichten bei der Anlage von Schottergruben und Brunnen geschaffen wurden, werden kurz geschildert. Auch hier tritt im Winter die kalte Außenluft unten ein und stark erwärmte strömt oben aus, während im Sommer die Richtung des Luftstromes und seine Temperaturen umgekehrt sind. Geomorphologisch sind zwar diese Fälle von den mir geschilderten verschieden. Trotzdem nehme ich an, daß auch hier ein Windröhrensystem in den Blockmassen, vielleicht verstärkt durch besondere Umstände, die Hauptursache der Erscheinungen bildet. OKKO erwähnt die Windröhrentheorie nicht, vergleicht aber seine Fälle unter Hinweis auf Schrifttum mit norwegischen „koldeholene“ und „varmeholene“, die nach seiner kurzen Schilderung Windröhren der von mir geschilderten Art in Schutthalden sind.

Der Verfasser bittet um Mitteilung ähnlicher Erscheinungen aus Natur und Schrifttum.

Anschrift des Verfassers: Dr. HANS SCHAEFTLEIN,  
Graz IX., Ehlergasse 8.