

jüngsten Zeit. Über die Ergebnisse der 1958 mit deutscher Beteiligung durchgeführten russischen Expedition zum Fedtschenko-Gletscher berichtete G. DITTRICH (Berlin). Einen sehr guten Einblick in die Arbeit einer modernen Polarexpedition vermittelte den Tagungsteilnehmern schließlich ein auf der Internationalen Glaziologischen Grönland-Expedition (EGIG) aufgenommener Film, der von W. HOFMANN erläutert wurde. An Hand eines fertiggestellten und eines in Arbeit befindlichen Beispiels beschrieb W. PILLEWIZER (Dresden) die kartographische Bearbeitung von Gletscherkarten.

Entsprechend der Tradition der Gletscherkurse fanden auch in diesem Jahr neben den Vorträgen praktische Übungen und Exkursionen statt. Von zwei Standlinien auf der Hohen Mut wurden Gaißberg- und Rotmoos Ferner erneut photogrammetrisch aufgenommen. Am Rotmoos Ferner wurde eine Geschwindigkeitsstandlinie angelegt und am letzten Tag wiederholt. Von zwei Arbeitsgruppen wurden am Langtaler Ferner photogrammetrische Wiederholungs- und Pegelmessungen und von einer dritten Gruppe wurden im Firngebiet des gleichen Gletschers unterhalb der Hohen Wilde schneestratigraphische Untersuchungen und Wasserwertsbestimmungen durchgeführt. Eine vierte Gruppe befaßte sich auch in diesem Jahr mit den Geschwindigkeitsmessungen an den Blockgletschern des Inneren und Äußeren Hochebenkares, die nach früheren Messungen starke Bewegungen zeigen. Eine größere Gruppe von interessierten Morphologen führte H. HEUBERGER (Innsbruck) in das untere Ötztal und in das Larstig-Tal, wo das Problem des subatlantischen Hanggletschervorstoßes an Ort und Stelle diskutiert werden konnte.

Der vom Alpenverein und von der Universität Innsbruck mitgetragene Kurs hat wieder sehr eindrucksvoll die Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaften vor Augen geführt.

DAS SYMPOSIUM „ÖKOLOGIE DER ALPINEN WALDGRENZE“ IN INNSBRUCK

FRIEDRICH-KARL HOLTMEIER

Vom 29. 3.–31. 3. 1966 veranstaltete die Außenstelle für subalpine Waldforschung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien in Innsbruck ein Symposium über die „Ökologie der alpinen Waldgrenze“. Über 120 Teilnehmer fanden sich zu diesem vorzüglich organisierten Vortragsprogramm zusammen. Die Symposiumsvorträge sollen in einem Sammelband von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien veröffentlicht werden.

Die einleitenden Vorträge standen unter geographisch-ökologischen Gesichtspunkten, faßten das Phänomen „Waldgrenze“ als ein Raumproblem und versuchten die landschaftsökologischen Zusammenhänge aufzudecken.

H. SCHIECHTL („Über die Höhengrenze des Waldes im Gebirge“) stellte neben den bioklimatischen und edaphischen Faktoren den menschlichen Einfluß (Raub-

bau, Viehwirtschaft, und damit verbunden Schneiteln und Streunutzung) als wichtigen waldgrenzbeeinflussenden Faktor heraus. Aus den Alpen, dem Mittelmeergebiet und den anatolischen Gebirgen brachte er eindrucksvolle Beispiele menschlichen Wirkens im Wald und an der Waldgrenze.

H. FRIEDEL untersuchte den Bezug der Waldgrenze zu anderen höhenzonalen Erscheinungen (Nebelober- und -untergrenzen, Schneefallgrenze, glazial und epirogenetisch bedingte quasihöhenzonale Verebnungen u. a.). Genaue Kartierungen ergaben, daß zwischen Waldgrenze und den zahlreichen anderen höhenzonalen Erscheinungen zwar Entsprechungen – etwa der sog. „Taleffekt“ oder das „Talphanomen“ (damit ist das Absinken der Höhengrenzen zum Talhintergrund gemeint) – festzustellen sind, die aber nicht derart übereinstimmen, daß man sagen kann, der eine oder andere Faktor ist waldgrenzbestimmend. Die Waldgrenze ist Ausdruck der Summenwirkung vieler Faktoren. Den großräumigen höhenzonalen Erscheinungen stellte FRIEDEL die intensive kleinräumige geländeklimatische Differenzierung im subalpinen Entwaldungsbereich (=Kampfzone) gegenüber, die für die Vegetation an der Waldgrenze von ausschlaggebender Bedeutung ist. Die systematische Erforschung dieser lokalklimatischen Standortsdifferenzierung ist unumgängliche Voraussetzung für jede Aufforstung in der Kampfzone.

Einen Ausblick in den Südpazifischen Raum erlaubte der Beitrag von J. MORRIS (New Zealand Forest Service) über die Waldgrenzverhältnisse Neuseelands. Der Anstieg der klimatischen Waldgrenze vom Westen zum Osten der Inseln läßt den waldgrenzniedrigenden Einfluß der in diesen Breiten ganzjährig wehenden, starken und regenbringenden Winde, denen die neuseeländischen Inseln voll ausgesetzt sind, erkennen. Die Verbreitung von Nothofagus-Arten an der Waldgrenze ist typisch für Neuseeland, wie auch für Tasmanien und Südküste, wobei sowohl in Südküste als auch in Tasmanien zu den immergrünen Nothofagus-Arten eine laubwerfende Spezies hinzutritt (vgl. U. SCHWEINFURTH: Studien zur Pflanzengeographie Tasmaniens. Bonner Geogr. Abh. H. 31, 1962). In der Diskussion wurde u. a. die ökologische Situation der „alpinen“ Waldgrenze den auf den ersten Blick manchmal ähnlichen, aber infolge der Breitenlage klimatisch doch ganz anderen Verhältnissen der Waldgrenze Neuseelands gegenübergestellt (s. U. SCHWEINFURTH: Neuseeland. Beobachtungen und Studien zur Pflanzengeographie und Ökologie der antipodischen Inselgruppe. Bonner Geogr. Abh. H. 36, 1966). Es erhob sich die Frage, ob es von der Ökologie her nicht angebracht ist, den Begriff der „alpinen“ Waldgrenze auf die Waldgrenzen der winterkalten Hochgebirge zu beschränken, in denen das ökologische Geschehen an der Waldgrenze entscheidend durch die differenzierende Wirkung einer mehrere Monate liegenden Schneedecke geprägt ist, und ein deutlicher jahreszeitlicher Gegensatz von Vegetationszeit und Winterruhe besteht (vgl. C. TROLL: Die tropischen Gebirge, ihre dreidimensionale klimatische und pflanzengeographische Zonierung. Bonner Geogr. Abh. H. 25, 1959).

Die folgenden Vorträge waren dann speziellen Fragen gewidmet, die einen Einblick in die Methoden und

den derzeitigen Stand der ökologischen Forschung der Innsbrucker Forschungsstelle gewährten.

E. PRUTZER referierte über die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze und stellte das Problem der Niederschlagsmessung in den Mittelpunkt seines Vortrags. Die vom Relief in ihrer Richtung und Geschwindigkeit beeinflussten Winde machen eine exakte Erfassung der Niederschlagsmengen außerordentlich schwierig. Nur durch die Verwendung besonders konstruierter sog. „Triebmesser“ und einer Vielzahl in die Erde eingelassener Kleinregennmesser wird es möglich, einigermaßen genaue Werte zu bekommen. Derartige Messungen ergaben, daß es, wie bei der Schnee Verteilung zu Stau- (Luv), Verblasungs- (Scheitellagen) und Akkumulationseffekten (Lee) kommt. Noch größere Schwierigkeiten bringt die Messung von Nebelniederschlägen mit sich. Der Auffassung PRUTZERS, in den Zentralalpen seien Nebelniederschläge wegen der geringen Nebelhäufigkeit im Hinblick auf die klimaökologische Situation dieses Raumes ohne weiteres zu vernachlässigen, mußte entschieden widersprochen werden. Gerade in diesem relativ trockenen Gebiet muß sich eine durch Nebel bedingte lokale Steigerung der Feuchtigkeit mehr auswirken als in den ohnehin niederschlagsreichen nördlichen Kalkalpen. So ist in vielen Fällen die Existenz von Fichtenbeständen im Zirben-Lärchenwaldgürtel einiger zentralalpiner Täler allein auf derartige lokale Nebelzonen zurückzuführen (vgl. F. K. HOLTMEIER; Die „Malojaschlange“ und die Verbreitung der Fichte, Beobachtungen zur Klimaökologie des Oberengadins. Wetter und Leben 1966, H. 5–6).

H. KRONFUSS sprach über Schneelage und Ausaperung. Die vom Relief beeinflussten bodennahen Winde bestimmen die Verteilung der winterlichen Schneedecke, die in ihrer mit den Geländeformen wechselnden Mächtigkeit und Dauer zu einer intensiven Standortdifferenzierung führt. Diese ist für die Vegetation an der Waldgrenze von ausschlaggebender Bedeutung. Eine zu lange liegende Schneedecke bewirkt eine Verkürzung der Vegetationszeit und führt bei Fichte, Bergföhre, Zirbe und Wacholder u. U. zu Pilzschäden durch *Herpotrichia nigra*, *Lophodermium pinastri* und *Phacidium infestans*. Eine kurzfristige, geringmächtige oder häufig schwindende Schneedecke (Verblasung an exponierten Standorten) setzt die Vegetation, insbesondere die jungen Bäume, der Gefahr der Frosttrocknis und des Eisgebläses aus. Mächtigkeit und Dauer der Schneedecke stehen in enger Korrelation. Bei der Schneeschmelze entstehen im Gelände an denselben Standorten alljährlich gleiche oder doch sehr ähnliche Aperfiguren, deren genaue Kartierung in kurzen Abständen zur Zeit der Ausaperung exakte Grundlagen für eine klimaökologische Standortanalyse bietet.

Über den Nährstoffhaushalt in Vegetationseinheiten in der subalpinen Stufe sprach I. NEUWINGER. Seit 12 Jahren durchgeführte Kartierungen sowie umfangreiche Untersuchungen der Bodenverhältnisse ergaben eine von der Exposition, anthropogenen (Brandwirtschaft) und tierischen Einflüssen (Weidgang) abhängige, intensive kleinräumige Differenzierung von Bodentypen. Der mineralische Untergrund scheint dabei nach NEUWINGERS Untersuchungen auf die Bodenbildung keinen nennenswerten Einfluß auszuüben. Im Kampfzonenengelände sind neben podsoligen Braun-

erden (sonnenexp. Lagen), Eisenhumuspodsolon (Alpenrosenheiden) und Eisenpodsolon (besonders in windexponierten Vaccinieten) sogenannte Erosionsböden überall verbreitet. Brandhorizonte, die von rezenten Bränden bis in die Bronzezeit zurückreichen, Rutschungen u. ä. weisen auf eine sehr unausgeglichene und oft unterbrochene Bodenbildung hin. Der Stickstoffvorrat ist in diesen Erosions- und Weideböden größer als in den Podsolon. Bei Aufforstungen mit Fichten kann z. B. dieser Stickstoffreichtum bereits zu Fehlschlägen führen, während die Zirbe gut gedeiht. Die Bodenbildung und -umwandlung geht in der subalpinen Stufe mitunter außerordentlich rasch vor sich. So vermag eindringender Bürstlingsrasen (*Nardus stricta*) die Rohhumusschicht freigelegter Waldböden binnen 10 Jahren durch sein Wurzelgeflecht völlig zu verändern. Nicht Ursache, sondern Folge des größten Teils durch den Menschen bewirkten Waldrückgangs ist die heutige Differenzierung und Umwandlung der Böden im Waldgrenzbereich. An Hand von Kartierungen der lokalen Bodenverhältnisse werden sogenannte „Maßnahmekarten“ hergestellt, aus denen ersichtlich sein soll, welche Bodentypen ohne weitere Behandlung (Düngung, Auflockerung u. a.) aufforstungsfähig sind und welche einer Behandlung bedürfen.

Bei A. CZELLS Untersuchungen über den Wasserhaushalt subalpiner Böden standen die Abflußverhältnisse bei Starkregen im Vordergrund. Experimente im Gelände, im Pflanzgarten und im Labor ergaben, daß die einzelnen Pflanzengesellschaften sich hinsichtlich der Wasseraufnahmekapazität und des Oberflächenabflusses stark unterscheiden und somit nicht nur für die Aufforstungsprojekte, sondern auch für die Lawinen- und Wildbachverbauung verschiedene Voraussetzungen schaffen. Die geringste Wasseraufnahmekapazität und deshalb den stärksten Oberflächenabfluß haben Nardeten und festgetretene Weideböden. Bei Starkregen ist die Erosionsgefahr dort sehr groß. Demgegenüber hat die sphagnumreiche Alpenrosenheide die größte Aufnahmekapazität und einen sehr geringen Oberflächenabfluß. Ebenfalls sehr aufnahmefähig sind bindige Lehmböden. Sie quellen jedoch auf, und sehr leicht kommt es zu Rutschungen und Murgängen.

Beobachtungen und vorläufige Ergebnisse ihrer Mykorrhiza-Untersuchungen stellte F. GÖBL zur Diskussion. Nicht selten gehen Mißerfolge bei Aufforstungen im subalpinen Bereich auf die noch lückenhafte Kenntnis der für die Ernährung der Bäume wichtigen Wurzelpilze zurück. Der Grad der Verpilzung der Wurzeln, Physiognomie und Anatomie der Mykorrhizen bildeten die Kernprobleme des Vortrags. Die bei den verschiedenen Pinus-Arten gefundenen Mykorrhizen weisen eine überraschend hohe Zahl von Varianten in Form, Farbe und Bau auf. Zudem wurde eine Bindung verschiedener Mykorrhiza-Arten an bestimmten Bodentypen festgestellt. In der edaphisch sehr differenzierten Kampfzone (s. I. NEUWINGER) ist deshalb eine entsprechende Differenzierung in der Verbreitung der Mykorrhiza-Arten zu beobachten.

M. MOSER gab im Anschluß an diese detaillierten Untersuchungen einen weltweiten Überblick über die ektotrophe und endotrophe Ernährungsweise an der Waldgrenze. An den oberen Waldgrenzen der Hochgebirge dominiert überall die ektotrophe Ernährung.

Die endotrophe ist vor allem für die tropischen Wälder der mittleren und tiefen Lagen typisch, während sie in den gemäßigten Breiten auch dort zurücktritt. In der Diskussion wurde im Hinblick auf die verschiedenen Beobachtungen der Gedanke geäußert, daß die ekotrophe Ernährung für den Baumwuchs an der Waldgrenze offensichtlich vorteilhaft sei und eventuell eine größere Resistenz gegen klimatische Einflüsse bewirkt.

N. MAIR referierte über die Ertragsleistung subalpiner Wälder. Bestandsaufnahmen haben ergeben, daß in geschlossenen Waldgrenzbeständen die Wuchsleistung erheblich besser ist als in verlichteten, in denen die eindringenden Zwergsträucher die natürliche Verjüngung oft sehr erschweren. Ziel der Aufforstung muß es deshalb sein, bis zur Waldgrenze möglichst geschlossene Bestände zu schaffen. Die Trennung von Wald und Weide, die richtige Auswahl der Kleinstandorte (an Hand eines Ökogramms, vgl. AULITZKY, H.: „Grundlagen und Anwendung des vorläufigen Wind-Schnee-Ökogramms“, Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn, H. 60, 1963) sowie des Pflanzenmaterials sind die unerläßlichen Voraussetzungen dazu.

Auf einen Vortrag von K. HOLZER über das Wachstum der Bäume in der Abhängigkeit von der Seehöhe, in dem dieser bisherige, oft noch unzureichende Kenntnisse durch experimentell-ökologische und statistische Untersuchungen untermauerte, folgte ein Beitrag von W. TRANQUILLINI über die Grenzbedingungen des Baumlebens im Hochgebirge.

Nach einem Rückblick auf die Entwicklung der experimentell-ökologischen Forschung in den Alpen sprach er über die Ergebnisse seiner Untersuchungen des CO²-Gaswechsels und der Frosttrocknis. Mit zunehmender Meereshöhe führt die abnehmende Temperatur zu einer immer stärkeren Einschränkung der Vegetationszeit. Diese beginnt mit dem Einsetzen der Assimilation im Frühjahr und endet mit deren Auslaufen bei Einbruch des Winters. Die im Labor durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß für den

Eintritt der Bäume in die Winterruhe der Frost ausschlaggebend ist. Dagegen konnte bisher nicht geklärt werden, welche Voraussetzungen für das Erwachen aus der Winterruhe erfüllt sein müssen; ob z. B. eine bestimmte Wärmesumme erreicht werden muß, oder ob ein Temperaturschwellenwert überschritten werden muß. Die Annahme einer zu kurzen Vegetationszeit als Ursache der klimatischen Waldgrenze scheidet nach TRANQUILLINI Experiment aus, weil an der Waldgrenze nirgends der kritische Punkt erreicht wird, an dem die Stoffproduktion der Bäume gleich oder kleiner als der Stoffverbrauch ist. Eine absolute Grenze wird dem Baumwuchs durch die Frosttrocknis gesetzt. Junge Bäume, die über die winterliche Schneedecke herausragen, verdunsten bei Wind und Strahlungswetter erheblich mehr Wasser als sie aus dem gefrorenen Boden ersetzen können. Mit wachsendem Wasserdefizit steigt der osmotische Druck in den Nadeln (max. 40 Atm.) und führt zum physiologischen Trockentod der Bäume. Diesen Belastungen vermag die Zirbe am längsten zu widerstehen (26 Tage), die Fichte ist weniger resistent (16 Tage), und am raschesten erliegt die Alpenrose (5 Tage).

Im Anschluß an diesen letzten Vortrag bestand für die Teilnehmer die Gelegenheit, die Forschungsstation im Klimahaus auf dem Patscherkofel zu besuchen. Die im Labor betriebene experimentell-ökologische Forschung ist die notwendige Fortsetzung des Freilandexperiments. Im Gegensatz zum Freiland mit seinen rasch wechselnden Umweltbedingungen ist es in Klimakammern möglich, über beliebige lange Zeiträume hinweg konstante Umweltverhältnisse zu erzielen, so daß jeder Faktor in seiner Wirkung auf die Pflanze isoliert von anderen Einflüssen, die sich im Gelände nicht ausschalten lassen, untersucht werden kann. Die ökologischen Experimente sollen und können die Beobachtung und Versuche im Gelände nicht ersetzen. Experiment und Freilandforschung ergänzen sich, und die im Klimahaus „verbesserten“ und untermauerten Beobachtungen dienen wieder der Fortführung der Freilandforschung.

LITERATURBERICHTE

DAS PFLANZENKLEID MITTELEUROPAS

Zu HEINZ ELLENBERGS „Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen“

Seit HEINRICH WALTERS „Einführung in die allgemeine Pflanzengeographie Deutschlands“ (Jena 1927), die ihren Wert als Einführung bis heute behalten hat, und KURT HUECKES „Pflanzengeographie Deutschlands“ (Berlin-Lichterfelde 1936), die den ersten Versuch darstellte, das Pflanzenkleid Deutschlands nach den natürlichen Landschaftseinheiten in Text, Bild und Karte im Überblick darzustellen, sind drei bzw. vier Jahrzehnte verstrichen. In dieser Zeit ist eine kaum übersehbare Fülle von Studien zur floristischen, genetischen, soziologischen und ökologischen Pflanzengeographie Mitteleuropas angestellt und unser Wissen wesentlich vertieft worden.

Die gesamten palynologischen Forschungen über die „Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas

nördlich der Alpen“ hat FRANZ FIRBAS in einem monumentalen Werk (Jena 1949 u. 1952) zusammengefaßt und damit nicht nur der genetischen Pflanzengeographie ein Fundament gegeben, sondern auch der Forstökologie, der Prähistorie und Siedlungsgeographie einen unschätzbaren Dienst erwiesen. Der floristischen Pflanzengeographie hatte HERMANN MEUSEL schon 1943 durch sein zweibändiges Werk „Vergleichende Arealkunde“, die nicht nur als eine Verbreitungslehre, sondern als eine genetisch zu verstehende Arealtypenlehre aufgefaßt sein wollte, einen großen Anstoß gegeben. Dieses Werk erscheint nunmehr, wesentlich ausgebaut und auf Mitteleuropa ausgerichtet¹⁾. Es wird in dieser Zeitschrift gesondert besprochen werden.

¹⁾ MEUSEL, H., JÄGER, E., und E. WEINERT: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Jena, VEB G. Fischer-Verlag, 1965. Textbd. 583 S., 9 Abb., Kartenband 992 Kt.