

Zeitschrift:	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber:	Schweizerischer Forstverein
Band:	114 (1963)
Heft:	1-2
Artikel:	Bioklima und Hochlagenaufforstung in der subalpinen Stufe der Innenalpen
Autor:	Aulitzky, H.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-765324

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 19.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen

Journal forestier suisse

114. Jahrgang

Januar/Februar 1963

Nummer 1/2

Bioklima und Hochlagenaufforstung in der subalpinen Stufe der Innenalpen

Von H. Aulitzky

Oxf. 111.86 : 233

(Aus der Forschungsstelle für Lawinenvorbeugung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Innsbruck)

Inhalt

I. Einleitung	1
II. Über das Bioklima der subalpinen Stufe der Innenalpen und seine Auswirkungen auf die Hauptholzarten	2
1. Die Bedeutung des Strahlungsfaktors	4
2. Der Einfluß der Temperaturen	6
3. Die Verteilung der vorherrschenden Bodenwinde in ihrer Bedeutung für Schnee- und Regenabsatz und das Ausmaß der Verdunstungsgröße	10
4. Über den Einsatz von Verweihungsbauten zum Schutz von Hochlagenaufforstungen	15
5. Über die Verwendung sonstiger Starthilfen für Hochlagenaufforstungen	18
III. Die Ausführung von Hochlagenaufforstungen mit Hilfe des Wind-Schneökogrammes	18
Literatur	24

I. Einleitung

Hochlagenaufforstungen sind erst in den vergangenen Jahren zu einem breiteren Anliegen der forstlichen Öffentlichkeit in den mitteleuropäischen Gebirgslandschaften geworden. Mag auch der Anstoß hiezu von den letzten großen Lawinenkatastrophen in den Jahren 1951 und 1954 ausgegangen sein, die vor allem die Schweiz und Österreich betroffen haben; die energische Verwirklichung unter Einsatz bedeutender Forschungsmittel wäre aber nicht möglich gewesen, wenn nicht überdies wirtschaftliche Gesichtspunkte zu berücksichtigen wären.

Der sich langsam abzeichnende Zusammenschluß Europas auf wirtschaftlichem Gebiet wirft einfach die Frage nach der zukünftigen Funktion unserer Gebirgslandschaften auf. Wie viele Menschen werden in Zukunft dort leben können, wieviele von ihnen sollen – bei offenen Grenzen – weiterhin Landwirtschaft betreiben, ohne daß ein zu niederer Lebensstandard zur ständigen Landflucht führt? Oder könnte ein Teil der heute noch in einer oft schon sehr unrationell gewordenen Gebirgslandschaft Tätigen in Hinkunft einem forstlichen Erwerb nachgehen? Sollen die Gebirgslandschaften zu großen

Erholungsreservaten für die immer hastiger lebenden großen Städte werden – mit allen Risiken des Fremdenverkehrs –, oder soll auch in die Gebirgstäler die Industrie stärkeren Einzug halten?

Wie immer die Antwort im Einzelfall ausfallen mag, gute Lösungen können im Gebirge nur gefunden werden, wenn man in großen Zügen eine Landschaftsneuordnung nach standortgemäßen und deshalb optimalen Nutzungsmöglichkeiten im land- und forstwirtschaftlichen Sektor anstrebt. Und hier kommt wieder dem Gebirgswald insofern die wichtigste Funktion zu, als nur dem Wald meliorierende Einflüsse auf Wasserhaushalt und Klein-Klima zugeschrieben werden können, bei deren Ausbleiben unweigerlich der Ertrag sinkt und die Katastrophendrohung zunimmt (14).

Dem Bereich der oberen Waldgrenze kommt hier innerhalb des Waldes eine Schlüsselfunktion zu, weil nicht nur das Maß der Gefährdung für die tiefer gelegenen Waldungen und Siedlungen, sondern auch die Ertragfähigkeit der benachbarten Alpwirtschaften außerordentlich stark von Lage und Zustand der hochgelegenen Wälder abhängen. Großflächige Entwaldungen von inneralpinen Tallandschaften haben, wie der fortschrittliche Landwirt heute längst weiß, nicht die Alpwirtschaft gefördert – trotz der beträchtlichen Erweiterung der Alpfächen (14, 34)! Der unmittelbare Windangriff in Bodennähe hat vielmehr die Verdunstung in diesen zum Teil ohnehin schon niederschlagsarmen Gebieten nur verstärkt (32), und nach wenigen Jahrzehnten ist aus solchen Waldschwendungsgebieten ein ausgedehnter Ödlandgürtel entstanden, der heute weder der Alpwirtschaft noch der Forstwirtschaft einen Ertrag liefert. Da es sich dabei ökologisch um Waldböden handelt, konnte und kann sich unter den extremen Hochgebirgsverhältnissen dort eine landwirtschaftliche Nutzung nicht halten, aber auch der Wald wird – ohne menschliche Hilfe – erst nach geraumer Zeit und sukzessive die alte Holzbodenfläche wieder einnehmen (7). Infolgedessen ist heute das Bestreben der modernen Alpwirtschaft nicht auf Ausdehnung ihrer Weidegebiete, sondern auf Intensivierung ihrer besten Gebiete im Schutz benachbarten Waldes gerichtet (34, 36), was in forstpolitischer Sicht eine neue Situation darstellt. Daher fällt dem Forstwirt nun die Aufgabe zu, möglichst bald einen neuen, hochgelegenen Schutzwaldgürtel zu schaffen und nachhaltig zu bewirtschaften, nicht nur im Interesse von Land- und Forstwirtschaft, sondern auch zum Schutz von Wasser- und Elektrizitätswirtschaft, von Fremdenverkehr und Industrie.

II. Über das Bioklima der subalpinen Stufe der Innenalpen und seine Auswirkungen auf die Hauptholzarten

Hochlagenauforstungen im Bereich der Lebensgrenzen unserer Holzarten stellen für den Forstwirt eine besondere Aufgabe dar, die nur aus der Kenntnis der zu erwartenden Umweltsbedingungen einerseits und der Lebensansprüche der Hölzer anderseits zu lösen ist (24).

Die intensive Bearbeitung dieser Fragen hat in Österreich und in der Schweiz in den vergangenen Jahren eingesetzt (1, 11). Der vorliegende Bericht stützt sich vorwiegend auf die Untersuchungen in Obergurgl, das, mit einer hygrischen Kontinuität von 65° nach Gams (15), dem kontinentalsten Bereich der ganzen Alpen sehr nahe kommt (Rofen im Ventertal hat 70°). Weitere Untersuchungen haben inzwischen am Rand der kontinentalen Innenalpen (Sellraintal, Patscherkofel) begonnen. Nach der Lage der Stationsgebiete können die Ergebnisse Gültigkeit innerhalb des kontinentalen Bereiches der Ostalpen beanspruchen (7), also etwa im Wuchsgebiet I nach Tschermak beziehungsweise in den Waldgebieten 4 b und 4 c der Region V nach Rubner-Reinhold (47, 33).

Unter Hinweis auf vorhandenes Schrifttum sei nur kurz die Lage der Station Obergurgl geschildert (6, 11): Der überwiegende Teil der Kleinklimamessungen wurde bei Obergurgl/Poschach (1820 m ü. M.) am WNW-Hang und ESE-Hang durchgeführt, wobei die Meßstellen bis zur jeweiligen natürlichen Baumgrenze in 2240 m (WNW-Hang) beziehungsweise bis 2400 m (ESE-Hang) reichten. Die Basisstation befindet sich seit 1954 knapp oberhalb der derzeitigen «alpinen Waldgrenze» (nach Jenik-Lokvenc, 21) in 2072 m ü. M. (Abb. 1). Die Hangneigungen schwanken zwischen 30 und 35° . Der Unterhang wurde zu Ende des vergangenen Jahrhunderts kahlgeschlagen, mit Ausnahme einiger Überhälter und der Waldkrone (die obersten 50 Höhenmeter). Infolgedessen ist heute der Unterhang mit einem lockeren Lärchen-Arven-Wald bestockt, dessen mittlere Bestandeshöhe bis zur Waldkrone abnimmt. Oberhalb der Waldkrone sind entlang der Rippen allenthalben Jungwuchsvorstöße der Arve, im Bereich von Rohböden hingegen solche der

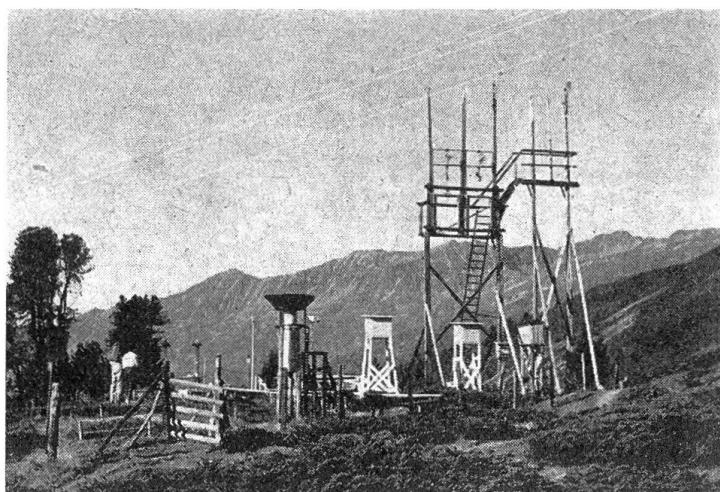


Abb. 1

Basisstation Obergurgl/Poschach am WNW-Hang des Gurglertales in 2072 m ü. M. knapp oberhalb der derzeitigen «alpinen Waldgrenze».

Lärche festzustellen (11). Fichten kommen hier im kontinentalen Zentrum nur mehr als stark vom Blasenrost und der Tannentreiblaus geschädigte Krüppel'exemplare vor.

In diesem Bericht sollen klimatische Meßwerte nur insoweit gebracht werden, als auch auf deren biologische Auswirkungen eingegangen werden kann.

1. Die Bedeutung des Strahlungsfaktors

Der Bereich der Inneralpen ist durch eine hohe relative Sonnenschein-dauer ausgezeichnet (38). Während die hohe Sonnenscheindauer vor allem eine Folge geringerer Staubewölkungsmengen im Alpeninnern ist, sind die dabei auftretenden hohen Intensitäten der Globalstrahlung auf die Reinheit der Luft in dieser Höhenlage, auf geringere Wolkenmächtigkeit und auf Reflexstrahlung von Schnee zurückzuführen (50, 51). Strahlungswerte, höher als die Solarkonstante, können bei geringer Wolkengeschwindigkeit beispielsweise 20 Minuten lang anhalten (51). Aber nicht nur derartig hohe Werte, die verhältnismäßig selten vorkommen, sondern auch die durchschnittlichen

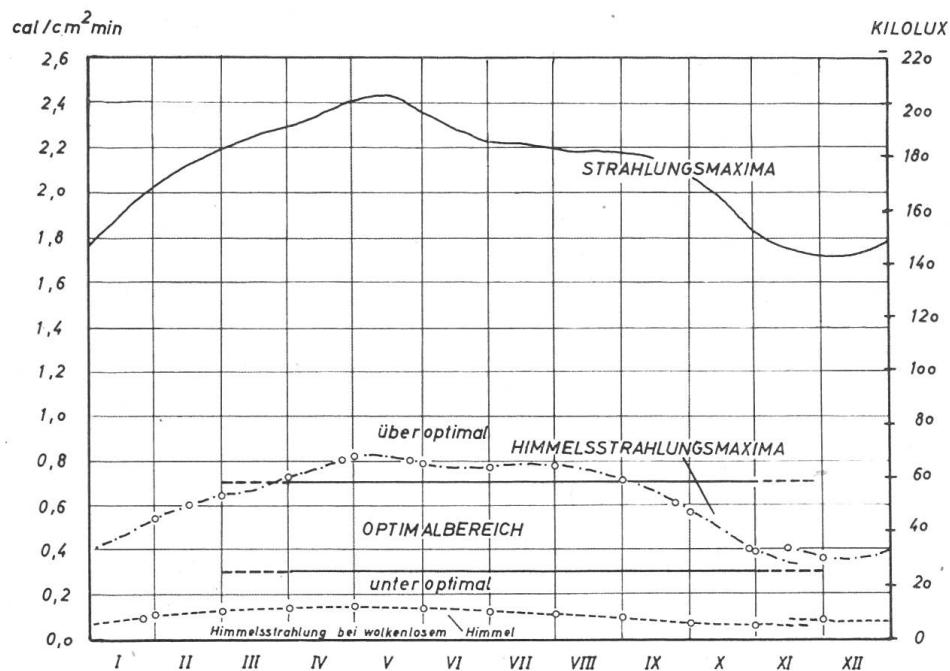


Abb. 2

Jahresgang der maximal möglichen Strahlungsintensitäten (Sonnen- und Himmelsstrahlung) normal zur Richtung der direkten Sonnenstrahlung, der Maximalintensitäten der Himmelsstrahlung bei wechselnder Bewölkung und der Mittagsintensitäten der Himmelsstrahlung bei wolkenlosem Himmel und Eintragung des überoptimalen, des optimalen und des unteroptimalen Strahlungsbereiches der Photosynthese für in der «Kampfzone» autochthon erwachsene «Freilandarven» (nach T u r n e r 50).

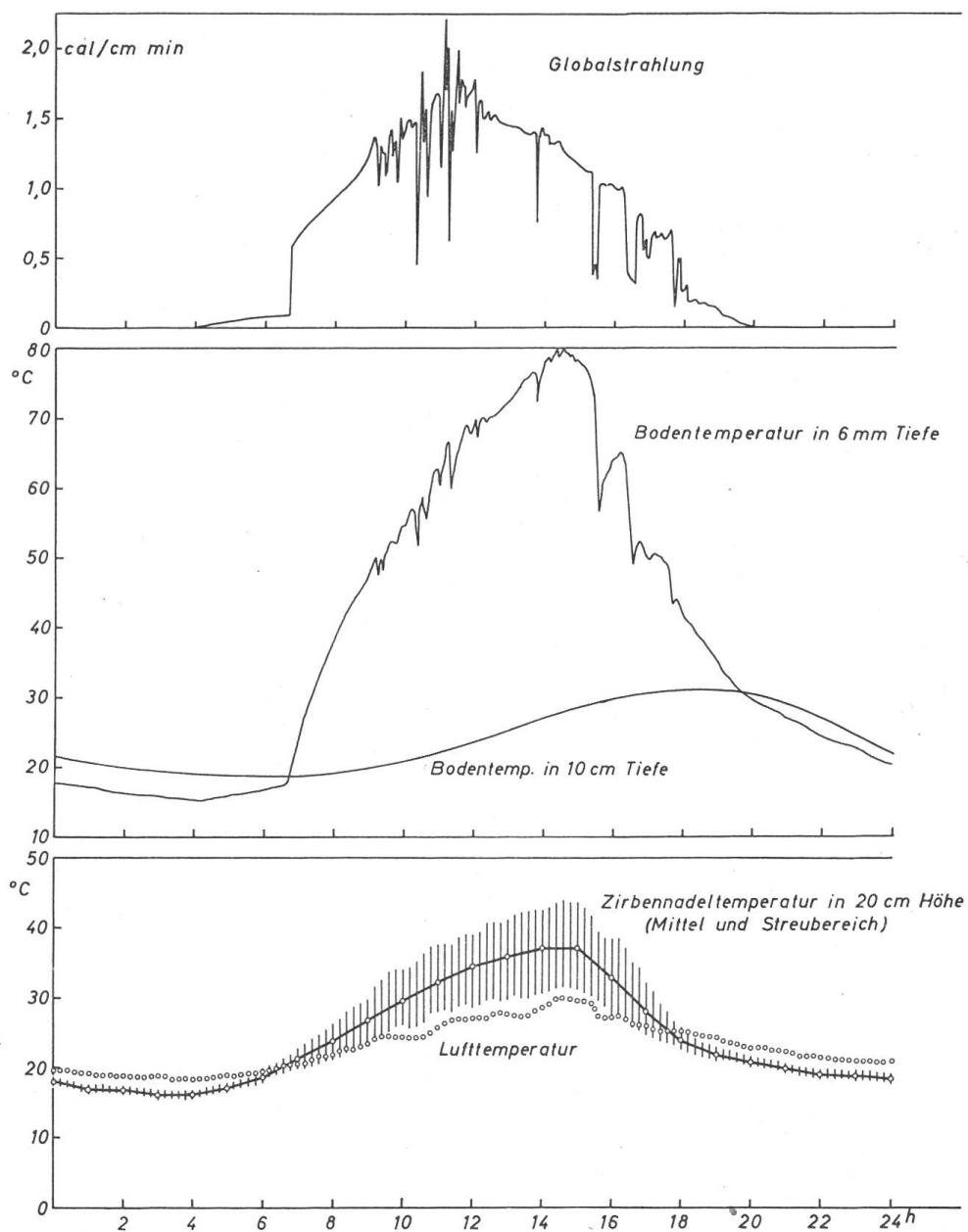


Abb. 3

Tagesgänge der Globalstrahlung, der Bodentemperaturen in 6 mm und 10 cm Tiefe (Expos. SW 35 °), der Arvennadeltemperaturen und der Lufttemperatur in 2 m über dem Boden an einem extrem warmen Schönwettertag (nach Turner 48).

Mittagsintensitäten, beziehungsweise mehr als ein Viertel aller Intensitäten in den hellen Stunden der Vegetationsperiode (s. u.), liegen weit über dem Strahlungs- und Lichtoptimum der Photosynthese junger, autochthoner Freilandarven (50).

Die günstigsten Strahlungszeiträume für optimale Assimilation treten an Vor- und Nachmittagen ein, unteroptimal sind aber nicht nur die Morgen- und Abendstunden, sondern mitunter auch der mittägige Zeitraum (50). Nach Turner stehen der Jungarve in einer Vegetationsperiode 2351 «helle Stunden» zur Verfügung, was 58 Prozent der Vegetationsperiode entspricht. Von diesen «hellen Stunden» sind 47,5 Prozent durch unteroptimale Strahlung $< 0,3 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$, 26,1 Prozent durch überoptimale Strahlung $> 0,7 \text{ cal/cm}^2/\text{min}$ nur teilweise ausnutzbar und lediglich 26,4 Prozent der «hellen Stunden» kann die junge Arve zu optimaler Assimilation benützen (50).

Außerhalb der Vegetationsperiode konnte Holzer an den aus der Schneedecke herausragenden immergrünen Pflanzenteilen durch Überstrahlung verursachte Schäden an den südsüdwestexponierten Kronenteilen feststellen (16, 17, 25). Die Ursache dürfte vor allem im oftmaligen und unvermittelten Durchschreiten des Gefrierbereiches der Nadeln zu suchen sein, wenn die verhältnismäßig spät aufgehende Wintersonne mit voller mittägiger Stärke die bis dahin beschatteten Nadeln trifft. Tranquillini (44) konnte während des Winters auch ein regelmäßiges Ausbleichen der Nadeln feststellen, wobei der Chlorophyllgehalt strahlungsexponierter Nadeln stark absinkt.

Es wurde hier mit Absicht der Faktor Globalstrahlung und nicht nur das Licht im sichtbaren Bereich untersucht, weil die Pflanze ja auch unmittelbar die Einwirkung des langwelligen Spektralanteiles in der Erwärmung des Bodens und der oberirdischen Pflanzenteile erfährt. Bekanntlich steigt mit zunehmender Nadeltemperatur der CO₂-Verlust durch Atmung, weitere CO₂-Mengen werden von Stamm und Wurzeln ausgeschieden (43). Die Zusammenhänge zwischen der Globalstrahlung einerseits und den davon beeinflußten Boden- und Pflanzentemperaturen veranschaulicht Abb. 3 am Beispiel eines extrem warmen Hochsommertages, wobei deutlich zu erkennen ist, wie sehr der Verlauf der Globalstrahlung und wie wenig jener der Lufttemperaturen die Temperaturen in Pflanzennähe beeinflußt hat: Während die Bodentemperatur nahe der Bodenoberfläche die Strahlungsschwankungen mit geringen Verzögerungen mitmachte, zeigt die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe bereits einen ausgeglichenen Verlauf mit stark verzögertem Maximum. Die Temperaturen der Arvennadeln schwanken tagsüber in einem weiteren Bereich über dem Niveau der Lufttemperatur, nachts dagegen in engem Bereich unter diesem.

2. Der Einfluß der Temperaturen

Der höchstmögliche Verlauf der Wald- und Baumgrenze ist eine thermische Begrenzungslinie, wenn nicht schon früher andere Faktoren begrenzend wirken. Die Holzpflanze benötigt eine Mindestdauer der Vegetationsperiode, um nach Kompensation der winterlichen CO₂-Stoffverluste auch noch einen Zuwachs aufzuweisen (43).

Als Vegetationsperiode ist jener Zeitraum anzusehen, in dem das Wasser

in Pflanze und Wurzel-Bodenbereich nicht gefroren ist und überdies das für Assimilation notwendige Licht zur Verfügung steht. Daher kann für Pflanzen und Pflanzenteile ebenso das Vorhandensein einer Schneedecke wie auch das Frieren von Pflanze und Bodenwasser die Vegetationsperiode begrenzen.

In diesem Zusammenhang interessiert der Jahresgang der Temperaturen an der Waldgrenze (Abb. 4), wobei dieser hier, abweichend von üblichen Darstellungen, in der Andauer bestimmter Temperaturbereiche veranschau-

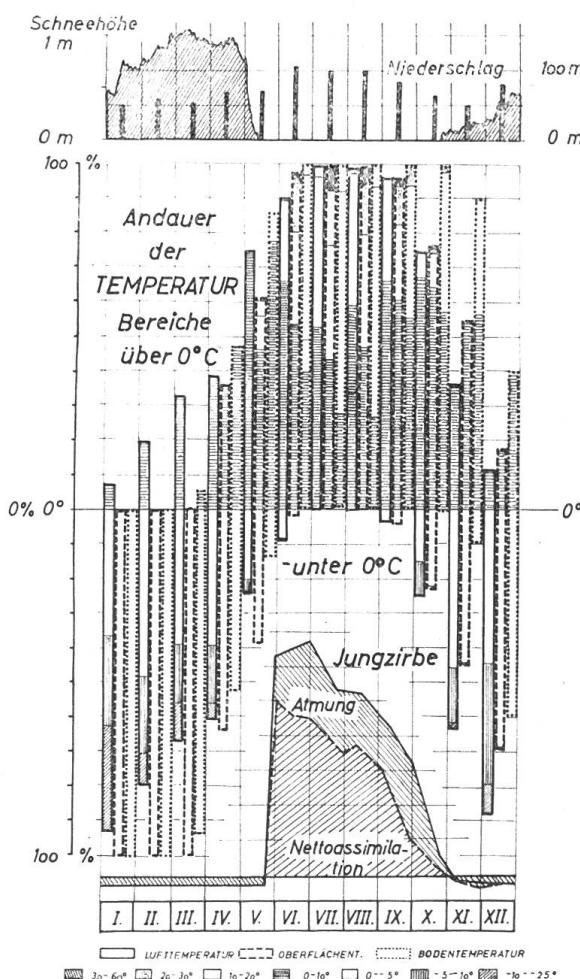


Abb. 4

Verlauf der Vegetationsperiode an der «Alpinen Waldgrenze» (nach Jenik-Lokvenec 21) in 2072 m (Basisstation Obergurgl/Poschach). Oberste Leiste: Monatliche Niederschlagsmengen in mm, reduziert auf den Zeitraum 1911–1950 und mittlere Schneehöhen des Zeitraumes 1953–1958 nach Tunner (49).

Mittlere Leiste: Andauer der Lufttemperatur (2 m), der Bodentemperaturen in 1 cm und 10 cm Tiefe (ausgezogene, gestrichelte und punktierte Säulen) über und unter 0 °C in monatlicher Unterteilung der einzelnen Temperaturbereiche (siehe Legende) aus dem Zeitraum 1956–1959 (Lufttemperatur) bzw. 1954–1958 (Bodentemperatur) (5, 6).

Unterste Leiste: Ablauf der Vegetationsperiode von Jungarven an der Waldgrenze nach Tranquillini (43).

licht werden soll. Wenn wir vorerst die Betrachtung auf die Lufttemperaturen (Wetterhütte 2 m), die «Bodenoberflächentemperatur» in 1 cm Tiefe und die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe einer vegetationslosen horizontalen Fläche beschränken, so zeigt sich, daß während aller Monate Frostwechseltage möglich sind. Die *Lufttemperatur* vermag auch im Hochwinter zeitweilig über 0 °C anzusteigen; es traten hier aber auch die tiefsten Werte bis –25 °C während eines beträchtlichen Zeitraumes der Wintermonate auf. Im Sommer dagegen steigt die Lufttemperatur nur für ganz kurze Zeiträume über 20 °C an. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, daß nach Tranquillini-Turner (45) die *Nadel- und Stammtemperaturen* in Einstrahlungszeiträumen über diese Werte hinaus ansteigen und in Ausstrahlungszeiträumen unter diesen Temperaturen bleiben. Desgleichen erfährt die Pflanze natürlich weniger «biologische» Eis- und Frostwechseltage und mehr eisfreie Tage, als sich bei einer bloßen Beurteilung der Lufttemperatur und der 0 °C-Grenze ergäben, weil die Pflanzentemperaturen eben nicht nur beträchtlich von der Lufttemperatur abweichen (Abb. 3) und überdies das den Pflanzen zur Verfügung stehende Wasser erst bei –4 °C bis –8 °C friert (16, 46).

Die *BodenTemperaturen* am wintersüber schneebedeckten Normalstandort sinken im Winter meistens um Zehntelgrade und nur ausnahmsweise unter –5 °C (Aulitzky 6), und erst nach Einsetzen der Abschmelzperiode (siehe oberste Leiste der Abb. 4) treten kurzfristig Zehntelgrade über 0 °C auf, da sich nun bei Ausbleiben von Frösten im Schutze der noch hohen und ständig durchnäßten Schneedecke die geringe Wärmenachleitung aus dem Boden auswirkt. Nach Beendigung des Abschmelzvorganges steigen die Bodentemperaturen steil über das Niveau der Lufttemperaturen hinaus an. Im Sommer kommen Fröste im Wurzelbereich kaum vor, wohl aber unterschreitet die Lufttemperatur (Tab. 1) und auch die Bodenoberflächentemperatur bei Kaltlufteinbrüchen kurzfristig die 0 °C-Grenze.

Im Herbst sinkt zuerst die Lufttemperatur und erst mit Verzögerung die Bodenoberflächentemperatur und die Bodentemperatur. Ab Oktober sind starke Fröste die Regel, durch die schubweise das Assimilationsvermögen der Holzarten herabgesetzt wird (Tranquillini 43). Es ist bemerkenswert, daß im Wurzelbereich der Jungarve (10 cm) an normalerweise schneebedeckten Standorten noch im Dezember die Bodentemperatur beträchtlich über 0 °C bleibt. An solchen Standorten wird also die Vegetationsperiode durch Beeinträchtigung des Assimilationsapparates bei «biologischen» Frösten unter –4 °C oder, für Jungarven, durch die Bildung einer bleibenden Schneedecke beendet. An windexponierten, schneearmen Standorten hingegen kann auch durch Bodenfrost die Wasserbeweglichkeit in der Pflanze behindert und auf diese Weise die Vegetationsperiode beendet werden (42).

Es ist bemerkenswert, daß selbst hier an einer horizontal exponierten, allerdings vegetationslosen Meßstelle wiederholt «Oberflächentemperaturen» (1 cm Tiefe) bis zu 60 °C auftraten. An sonnseitigen Expositionen ist natür-

Tabelle 1

Monatsmittel, absolutes Maximum und absolutes Minimum der Lufttemperatur in 2 m über dem Boden (Wetterhütte) an der Basisstation Obergurgl — Poschach — Waldgrenze 2072 m

Monatsmittel

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
1954	—	—	—	—	—	7,9	7,1	8,2	7,5	3,2	-1,5	-3,6
1955	-3,4	-7,6	-4,9	-1,6	3,0	7,3	9,2	8,0	6,1	1,6	-1,8	—
1956	—	—	—	-2,6	3,6	4,2	9,6	9,0	9,1	1,6	-3,7	-5,0
1957	-6,0	-3,7	-0,1	-1,2	0,7	8,5	9,2	8,3	6,1	4,3	0,1	-4,8 1,861
1958	—	-3,6	-6,9	-2,9	6,3	6,7	10,3	11,1	9,0	2,5	-0,5	-4,2
1959	-7,4	-3,2	-1,2	-0,2	3,4	7,0	10,6	8,4	8,3	3,4	-1,9	-4,1 1,962
1960	-6,6	-4,4	-3,4	-1,3	4,3	8,3	7,5	9,0	5,1	1,4	-1,6	-4,8 1,138
1961	-5,4	-3,1	-1,9	2,7	2,5	9,1	8,6	9,8	11,2	4,6	-1,1	-4,1 2,741

Absolutes Maximum

1954	—	—	—	—	22,2	19,9	21,3	21,1	15,2	11,1	7,0	
1955	4,2	3,0	11,0	10,1	14,2	20,0	23,4	20,2	17,2	15,3	13,2	—
1956	—	—	—	7,4	19,7	19,2	21,7	24,9	18,1	16,2	6,2	5,2
1957	7,0	8,1	9,9	9,9	15,0	23,2	27,6	19,9	19,9	16,3	10,7	5,3
1958	—	8,1	6,9	9,8	15,1	18,0	21,7	22,8	20,0	18,0	69,	6,8
1959	3,1	7,2	8,2	10,1	14,8	18,4	23,2	21,1	19,1	15,6	7,2	5,2
1960	4,4	9,4	7,5	7,8	16,4	18,4	18,5	22,4	16,0	12,6	7,7	6,3
1961	4,6	6,2	8,1	10,2	14,6	22,3	22,3	22,0	22,6	17,4	10,6	8,0

Absolutes Minimum

1954	—	—	—	—	-1,0	-2,0	0,2	-6,0	-6,0	-14,9	-15,1	
1955	-18,1	-17,0	-17,0	-10,8	-7,2	-4,1	0,6	-0,7	-6,6	-10,7	-17,0	—
1956	—	—	—	-15,2	-9,0	-5,1	0,5	-1,2	0,7	-9,3	-13,8	-17,8
1957	-20,2	-14,8	-13,9	-13,9	-12,4	-1,8	-0,3	-0,7	-4,1	-6,6	-13,6	-16,7
1958	—	-17,9	-18,3	-13,6	-4,0	-2,5	-0,2	2,5	-1,0	-9,0	-6,9	-14,2
1959	-17,0	-14,2	-8,9	-12,0	-6,1	-3,2	0,6	-1,5	-0,8	-8,1	-10,2	-11,1
1960	(-22,6)	-16,5	-11,3	-10,0	-8,1	-0,9	-0,9	1,8	-2,1	-7,0	-9,0	-13,7
1961	-11,0	-11,2	-13,7	-2,4	-5,7	0,2	0,5	-0,5	0,8	-7,4	-10,9	-18,6

lich mit weit höheren Werten zu rechnen (6, 48), an schattenseitigen Expositionen werden dagegen die Temperaturen des Normalstandortes nicht erreicht (6). Im Gegensatz zur reliefbedingten Vielfalt der BodenoberflächenTemperaturen in sehr weiten Grenzen zeigen die Bodentemperaturen in größerer Tiefe weit geringere Unterschiede, was ebenso als Folge der kurzen Vegetationsperiode wie der schlechten Wärmeleitfähigkeit der untersuchten Böden aufzufassen ist. Daher erscheint es zweckmäßig, an expositionsbedingt extremen Standorten Saaten zu unterlassen oder diese zumindest durch Abdeckung zu schützen, während Pflanzungen von zu hohen Bodentemperaturen kaum bedroht sind.

Wie Tabelle 1 zeigt, blieben die Lufttemperaturen an der derzeitigen Waldgrenze fast durchweg unter 10°C im Juli; die Jahresmittel bewegen sich zwischen etwa +1,1°C und +2,7°C. Aus den vorhandenen dichten Jungwüchsen oberhalb dieser derzeitigen «alpinen» Waldgrenze kann aber jedenfalls der Schluß gezogen werden, daß die natürliche, thermisch bedingte Waldgrenze jedenfalls noch höher verläuft und daher Wald noch bei geringeren Temperaturen möglich sein müßte (Aulitzky 5, 7).

Der Ablauf der biologischen Vorgänge (Assimilation und Atmung) ist jenem der Temperaturen in der schneefreien Zeit gut angepaßt, soweit es sich um Arven handelt. Lediglich im Spätsommer zeigt sich eine Wachstumsverzögerung, die auf das Austreiben der neuen Nadeln zurückzuführen sein dürfte. Die Lärche dagegen beginnt erst nach einer Vorbereitungszeit Nadeln auszutreiben und zu assimilieren (4).

Die Atmung, ein rein temperaturabhängiger Vorgang, steigt mit höheren Temperaturen zunehmend an, so daß die CO₂-Abgabe gleichzeitig zunimmt. Die Untergrenze für Assimilation und Atmung wurde für junge Arven von Tranquillini und Holzer (43, 46) bei -4°C beziehungsweise bei -5°C gefunden.

Nicht nur die Holzpflanzen, sondern auch die mit ihnen in Symbiose lebenden Mykorrhizapilze sind dem Temperaturklima der Hochlagen angepaßt. Wie Moser (26) feststellen konnte, sind Tallagenstämme viel empfindlicher gegenüber tiefen Temperaturen als Hochlagenstämme des gleichen Pilzes, so daß also nicht nur bei der Holzart, sondern auch beim Mykorrhizapilz, der für Hochlagenauftreibung geeignet sein soll, die Provenienz zu beachten ist.

3. Die Verteilung der vorherrschenden Bodenwinde in ihrer Bedeutung für Schnee- und Regenabsatz und das Ausmaß der Verdunstungsgrößen

Das Kleinklima ist im Gebirge mit zunehmender Seehöhe immer mehr vom Schnee bestimmt, weil mehr Niederschlag als Schnee anfällt, die Schneedecke länger anhält und die den Schneeabsatz steuernde Bewindung zunimmt (8). Im gleichen Maße verringern sich die möglichen Holzbodenflächen auf jenen Anteil, der ihnen nach Schneehöhe und Schneedeckendauer entspricht (7). Im bewaldeten Teil der subalpinen Stufe wird nun der anfallende Schnee infolge der durch die Bäume erzeugten Turbulenz des Windfeldes verhältnismäßig gleichmäßig und daher günstig verteilt (8). Ganz im Gegensatz dazu sind im unbewaldeten Gebiet die Hangrinnen normalerweise freigelegt, während hohe Wächten die leeseitigen Muldeneingänge bedecken. Das starre, unbewaldete Relief führt nämlich nur zu einer Kompression der Stromlinien an den aufragenden Kanten, ohne daß dabei genügend Turbulenz für ein gleichmäßiges Ausfallen des Schnees aus dem Windfeld entsteünde (4). Daher stellt jede Waldgrenze, ganz unabhängig davon, ob es sich um einen natürlichen oder durch Menschenhand gedrückten Verlauf handelt, eine außerordentlich scharfe Klimagrenze dar, weil zu beiden Seiten dieser Grenze Windstärke und Gleichmäßigkeit der Schneedecke sehr unterschiedlich sind.

Daher muß es das Anliegen des Forstwirts bei der Aufforstung der «Kampfzone» in der subalpinen Stufe sein, entweder die günstigen Areale auszunützen und solcherart langsam, ähnlich wie die Natur es machen würde,

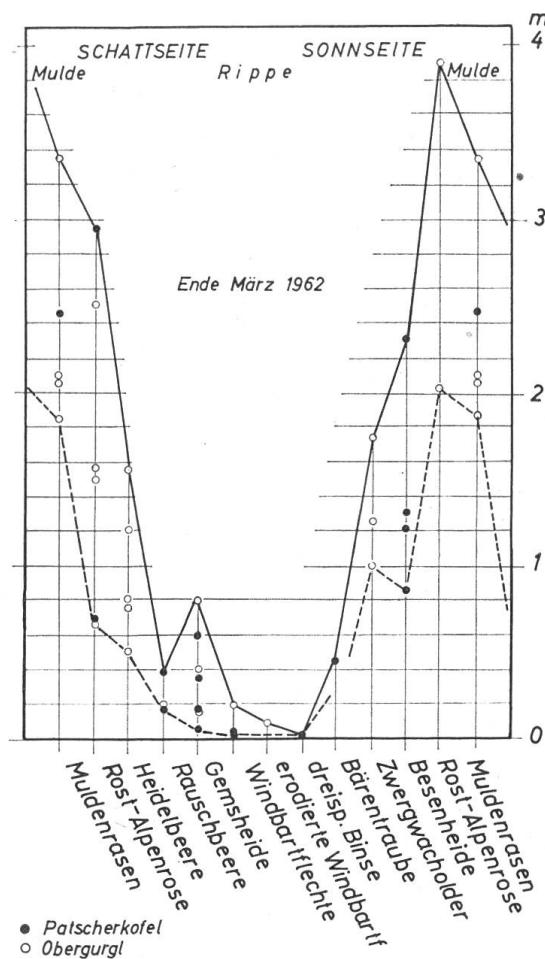


Abb. 5

Maximal- und Minimal-Schneehöhen von verschiedenen gesellig vorkommenden Standorts- pflanzen zu Ende März 1962 in den Untersuchungsgebieten Obergurgl (2070–2200 m) und Patscherkofel (2070–2160 m).

aufzuforsten (24), oder aber unter Einsatz von Verwehungsbauten in kürzerer Zeit einen solchen Schneeausgleich zu schaffen.

Auch im Lichte forstlicher Fragestellungen ist es notwendig, im Gebirge *Gradientwinde* und das sogenannte «*tagesperiodische*» *Windsystem* zu unterscheiden. Unter Gradientwinden versteht man die meist mit verhältnismäßig großer Intensität auftretenden Wetterlagenwinde, die vor allem für Schnee- und Regentransport und damit auch für den vom Relief abhängigen, ungleichen Absatz der Niederschläge verantwortlich sind (4). Während der größere Teil der Gradientwinde die in der Strömungsrichtung liegenden Hauptkämme überflutet, wobei durch die «*Stauwirkungen*» Niederschläge ausgelöst werden, verstellt sich der bodennahe Strömungsbereich in die einzelnen Täler, wodurch es zu Abweichungen von der ursprünglichen Richtung kommen kann (4, 7). Auch der Niederschlagsabsatz dieser den Tälern

folgenden Winde wird überall dort, wo die Bewaldung fehlt, stark durch das Relief beeinflußt (12, 13, 49). Als Folge davon findet sich zwischen Luv und Lee jeder unbewaldeten Geländerippe eine auffallende «Zonation» von kennzeichnenden Standortpflanzen, die sich dort unter den Einflüssen unterschiedlicher Bewindung, Befrostung und Schneedeckung im Konkurrenzkampf zu behaupten vermochten (3, 12, 49). Die im Ötztal und darüber hinaus immer wieder in den Innenalpen vorgefundene Zonation (so zum Beispiel

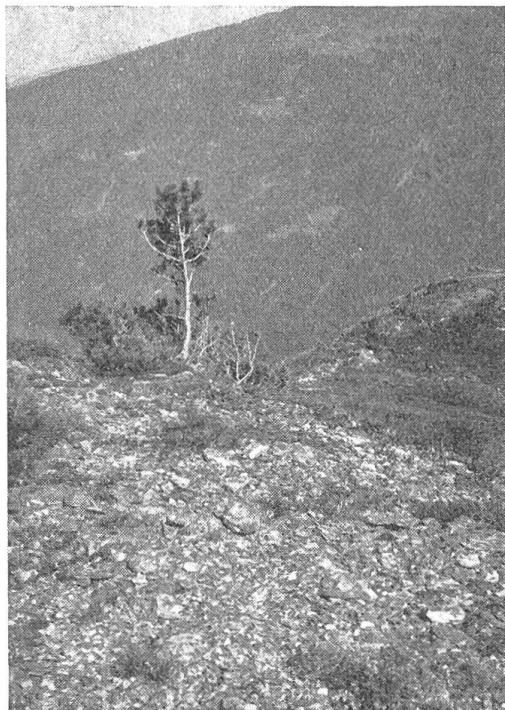


Abb 6

Windexponierte Arve am beginnenden Lee einer Geländerippe unter dem Tulftein-Köpf in 2100 m ü. M. mit dem kennzeichnenden Habitus der «Tisch-Windfahnenform».

auch im Paznauntal, Pitztal, Sellraintal, Stubaital, Wipptal, Zillertal, im oberen Murtal, auf der Gleinalpe usw.) wurde wiederholt veröffentlicht und ist dem probeweise erstellten Wind-Schnee-Ökogramm zugrundegelegt (7).

Als Beispiel für die reliefabhängige Schneeverteilung sei ein Vergleich der spätwinterlichen Schneehöhen im vergangenen Winter in den beiden Untersuchungsgebieten Obergurgl und Patscherkofel gebracht (Abb. 5). Obwohl die beiden Gebiete Unterschiede im Großklima aufweisen — der Patscherkofel ist viel stärker durch Föhn, also durch warme Südwinde, beeinflußt, wogegen das Ötztal vorwiegend von Norden bewindet wird —, ergeben sich kaum Unterschiede in der Reihung der Standortpflanzen nach ihrer

Schneehöhe. Dabei sei ausdrücklich bemerkt, daß am Patscherkofel Luv-Sonnseiten und Lee-Schattseiten auftreten, während in Obergurgl Luv-Schattseiten und Lee-Sonnseiten anzutreffen sind. Infolgedessen müssen in allen andern Fällen mit geringeren Klimaunterschieden als bei diesem gegensätzlichen Stationspaar die erwähnten Abhängigkeiten ebenfalls zutreffen.

Unter Hinweis auf die darüber bereits vorhandenen Arbeiten (11) sei in weiterer Folge vor allem auf die praktische Geländeansprache dieser Vertei-

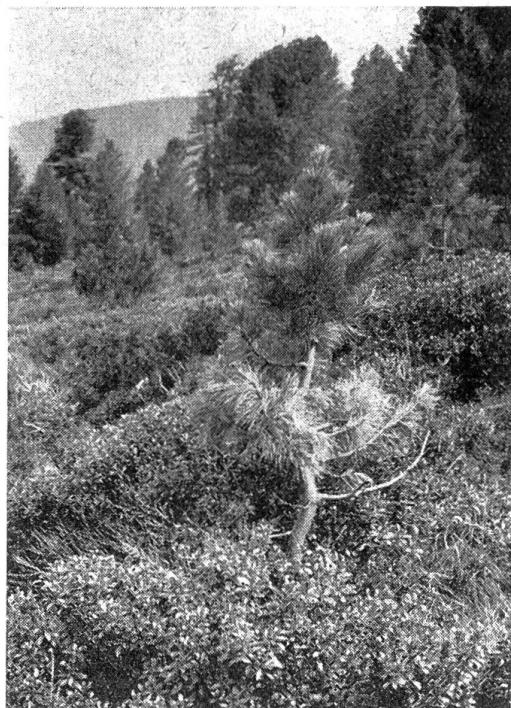


Abb. 7

Durch die «Nordische Schneeschütte» (*Phacidium infestans Karst.*) im basalen Teil geschädigte Arve in der lange schneebedeckten Rostalpenrosen-Heidelbeer-Heide am Leehang oberhalb der Gotzalm in 1900 m ü. M.

lungsgesetze eingegangen, die für den Erfolg von Hochlagenauflorstellungen von entscheidender Bedeutung sind.

Die Zusammenhänge zwischen der Schnee- und Vegetationsverteilung einerseits und dem spontanen Auftreten der Holzarten und den standortabhängigen Schäden anderseits lassen sich am besten in der Zeit während und nach der Ausaperung erkennen und für Aufforstungszwecke festhalten (7). In den Bereichen mittlerer Schneehöhe und Windausgesetztheit (Rauschbeerheide), wo sich die Schutz- und Schadenwirkungen der Schneedecke gerade die Waage halten, sind allenthalben natürliche Jungwuchsvorstöße von der derzeitigen Waldgrenze aus festzustellen. An windausgesetzten Standorten

dagegen zeigen sich kennzeichnende Windfahnenbildungen, es kommt zur «Biogruppen»-Bildung (28), wobei zahlreiche in der Windrichtung gereihte Jungwüchse einander Schutz geben und bei denen nur den im Lee erwachsenen Chancen zu geben sind. Die im Winter aus dem Schnee ragenden Äste und Endtriebe sind hier normalerweise durch Frost beziehungsweise Frosttrocknis (vor allem an Sonnseiten) geschädigt, wodurch es zu den charakteristischen Windfahnen kommt. Bei etwas mehr Schnee finden sich Exemplare, bei denen nur noch die basalen Äste am Leben sind (Pult- oder Tischformen), während alle des Schneeschutzes entbehrenden Endtriebe vertrocknen. Mitunter finden sich auch die Tisch- und Fahnenform kombiniert (Abb. 6). Bei zu hoher und langanhaltender Schneedecke dagegen treten allenthalben Schneepilzschäden auf (Abb. 7), die sich, soweit es sich um die «Nordische Schneeschütte» handelt (9, 10, 31), nach der Ausaperung am Vergelben, Verbraunen und später am Vergilben und Abfallen der bodennahen Nadelpartien erkennen lassen. An Fichten ist vor allem Befall durch den schwarzen Schneeschimmel (*Herpotrichia nigra*) festzustellen, während die im Winter unbenadelte Lärche keine Schneepilzschäden erfährt. Aber nicht nur parasitische Schäden, sondern auch mechanische Beschädigungen treffen hier die Holzpflanzen, und überdies wirkt sich die Verkürzung der Vegetationsperiode durch die lange Schneebedeckung nachteilig aus (43).

Zum Unterschied von den bisher besprochenen, wesentlichen Auswirkungen der intensitätsstarken Gradientwinde sind die eingangs erwähnten *periodischen Winde* von geringerer Bedeutung für Aufforstungsfragen. Das periodische Windsystem entsteht konvektiv bei ungestörten Schönwetterlagen, wenn sich die Ebene beziehungsweise der Talboden erwärmt und nun tagsüber die erwärmte Luft tal- und hangaufwärts zieht. Wenn im Laufe des Nachmittags die Wirkungen der Ausstrahlung jene der Einstrahlung überwiegen, kommt es zur Umkehr dieses Vorgangs, wobei nun langsam die Luft hangab- und talabwärts strömt. Dabei treten nur geringe Windgeschwindigkeiten auf, die jedoch eine wesentliche Verminderung der Bodenoberflächentemperatur an Überhitzungsstellen und eine Steigerung von Verdunstung und Transpiration verursachen können. Daher sind jene sonnseitigen Standorte besonders heiß, die im Lee dieser talaufwärts ziehenden Schönwetterzirkulation liegen (zum Beispiel die West- und Südwestseiten der Rippeinhänge im Ötztal), und andere verhältnismäßig kühl, wenn die sonnseitigen Expositionen bestrichen werden (4, 6, 11).

Solange Ebene und Talböden schneebedeckt sind, fehlt diese Schönwetterzirkulation und nimmt in dem Maße zu, als die Ausaperung bergwärts fortschreitet.

Auch das Ausmaß der standörtlichen *Verdunstung* hängt stark von der Verteilung der vorherrschenden Winde ab, weswegen Prutzer (32) klare Beziehungen zwischen kennzeichnenden Standortpflanzen und dem Ausmaß wie der Schwankungsbreite der Verdunstung aufzeigen konnte. So wie die

Windgeschwindigkeit von den Flechtenvereinen auf den Kuppen zum *Rhododendretum* der windgeschützten Einhänge abnimmt, so geschieht dies auch bei der Verdunstung. Es sei hier aber ausdrücklich bemerkt, daß schon geringe Windgeschwindigkeiten unter 2 m/sec Verdunstung und Transpiration wesentlich zu steigern vermögen. Je höher die Lufttemperatur dabei ist, um so eher müssen, vornehmlich im Winterhalbjahr, Vertrocknungs- (Frost-trocknis-)Schäden erwartet werden. Dies gilt vor allem für Gebiete, die den Südwinden offen liegen (zum Beispiel Föhn im Wipptal).

4. Über den Einsatz von «Verwehungsbauten» zum Schutz von Hochlagenaufforstungen

Um die Vorteile einer mäßigen Schneedecke für Hochlagenaufforstungen auf größerer Fläche auszunützen und die nachteiligen Wirkungen zu hoher und zu langer Schneedeckung auf kleinere Areale zu beschränken, können verschiedene Typen von Verwehungsbauten eingesetzt werden. Ihnen kommt hier hinsichtlich des Faktors «Schnee» etwa die klimatische Funktion eines «Vorholzes» zu, also die Schneeverhältnisse auf möglichst großer Fläche in für Holzarten erträglichem Maß zu halten.

Es muß im Hochgebirge ein derartiger «Wald-Bau» im wahrsten Sinne dieses Wortes betrieben werden, weil entsprechend schnellwüchsige Vorholzarten nicht zur Verfügung stehen. Weder die Latsche noch die in diesen Höhenlagen noch vorkommenden Laubhölzer sind dieser Aufgabe am extremen Standort gewachsen (7). Und der Einsatz der Hauptholzarten selbst zur Wiedergewinnung der extrem windexponierten Standorte würde selbst bei dichter Besetzung den Verlust von Jahrzehnten bedeuten.

Wie schon der Name «Verwehungsbauten» besagt, wirken sie nur im Zusammenwirken mit starken, schneetransportierenden Winden. Mit solchen ist nun normalerweise im unbewaldeten Teil der subalpinen Stufe zu rechnen, und überdies ist in den meisten dieser Gebiete auch eine vorherrschende Bodenwindrichtung festzustellen. Solche Winde müssen aber nicht unbedingt zusammen mit Großschneefällen auftreten, es ist nur eine hohe Wahrscheinlichkeit hierfür gegeben. Infolgedessen werden Verwehungsbauten normalerweise einen Aufforstungs- und Lawinenschutz bieten, wenn sie richtig ins Relief eingepaßt werden.

Es kommen vor allem drei Typen von Verwehungsbauten in Frage: Schneezäune, Düsen (Pultdächer) und Kolktafeln (18, 19, 52). Mit Hilfe von Schneezäunen kann an luvseitigen Standorten (siehe Ökogramm) mehr Schnee, als dort normalerweise liegen bliebe, abgelagert werden, was gleichzeitig eine entsprechende Schnee-Entlastung der anschließenden Leeräume bedeutet. Auch noch im Übergangsgebiet zwischen Luv und Lee lassen sich Verwebungsbauten verwenden, indem man durch Düsen, die über die windexponierten Kanten streichenden Stromlinien in den anschließenden Leerraum hineinzwingt, oder durch Kolktafeln örtliche Auswehungen

und Verfestigungen erreicht, solange die Tafeln noch in den Bereich intensitätsstarker Bodenwinde aufragen.

Auch hinsichtlich der Verwehungsbauten muß unter Hinweis auf vorhandene Arbeiten (18, 19, 52) in diesem Rahmen eine Beschränkung auf einige wesentliche Details erfolgen. So sei vor allem auf die Anwendung der *Schneezäune* eingegangen, weil mit ihrer Hilfe – außerhalb der ohnedies

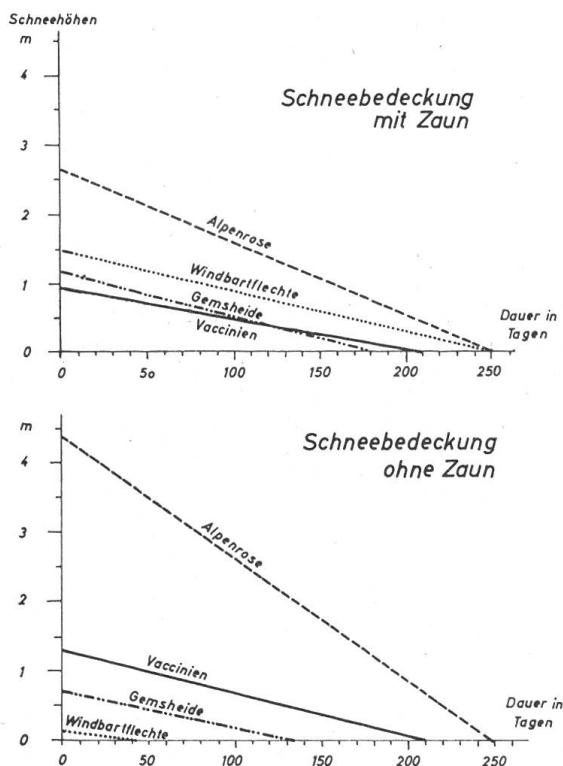


Abb. 8

Schneebedeckung im Bereich der Hauptrippe des Untersuchungsgebietes Obergurgl/Waldgrenze (2200 m) nach Höhen und Dauer (Mittel 1954–1959) in den einzelnen Pflanzengesellschaften (49) und Veränderung dieser Schneelagen durch Aufstellung eines 180 bis 210 cm hohen Arvenzaunes mit etwa 70 Prozent Füllungsgrad (6 m Breite)
(nach S. Bernard)

günstigen Bereiche – auch die windexponierten Rücken aufgeforstet und damit die Voraussetzungen für einen späteren Schneeausgleich im Leeraum geschaffen werden können.

Wie mehrjährige Untersuchungen von S. Bernard in Obergurgl zeigten, kann durch Aufstellung von Zäunen entsprechender Höhe (zwei bis vier Meter je nach Lage und Zweck), eines Füllungsgrades von etwa 50 bis 60 Prozent, einem möglichst räumlichen Gefüge der Zäune zur allmählichen Bremsung des Windes, wozu außerdem keine glatten Abrißkanten (oberer

Rand des Zaunes) vorhanden sein sollen (23), das Schneeklima wesentlich im Sinne der Aufforstungen verändert werden. Wie Abbildung 8 zeigt, wurden beispielsweise durch einen etwa 2 Meter hohen Arvenzaun die mittleren Schneehöhen im Bereich der Alpenrosen und Vaccinien beträchtlich vermindert (Leeräume), jedoch Schneehöhen und Schneebedeckungsdauer im Bereich der windharten Vegetation (Windbartflechte und Gemsheide) spürbar verlängert. Durch die Wahl der Zaunart und vor allem des Füllungsgrades kann das gewünschte Ergebnis den örtlichen Erfordernissen weitgehend angepaßt werden.

Allerdings nimmt die Wirksamkeit von Schneezäunen beträchtlich ab, wenn sie an einem in der Windrichtung ansteigenden Luvhang erstellt werden müssen (Abb. 9). Wie sich bei Beobachtungen von S. Bernard über den Einfluß der Hangneigung auf die Zungenlänge und die Schneeablagerung zeigte, verringert sich schon bei zehn Prozent Neigung die Schneeablagerung auf etwa die Hälfte, um mit weiter zunehmender Neigung noch stärker abzufallen. Umgekehrt nimmt der Wirkungsgrad zu, wenn das

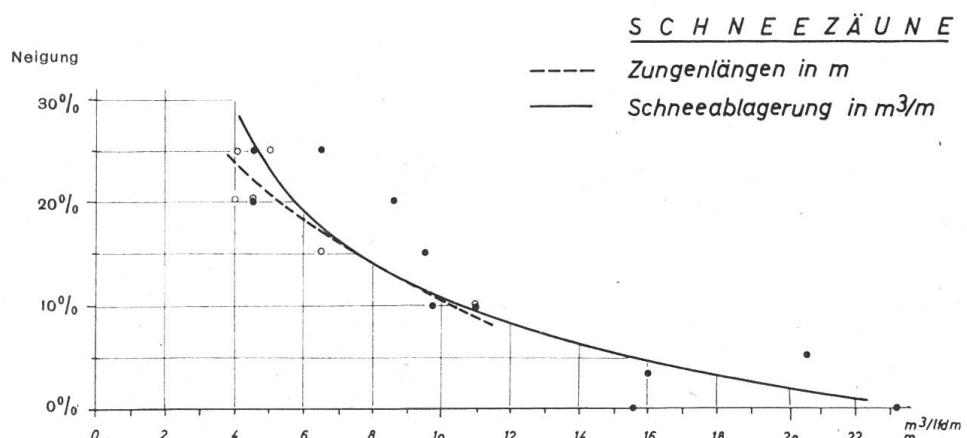


Abb. 9

Einfluß ansteigender Hangneigung auf die Zungenlänge und die Schneeablagerung etwa 2 m hoher Holzzäune mit 50 bis 60 Prozent Füllung (nach S. Bernard)

Gelände in der Hauptwindrichtung abfällt. Es muß daher bei der Verwendung von Schneezäunen nicht nur die ökologisch richtige Situierung nach der Vegetation im Sinne des Wind-Schnee-Ökogrammes, sondern auch der Einfluß der Hangneigung in der Hauptwindrichtung beachtet werden, wenn durch die Wahl optimaler Zaunabstände ein möglichst großer Effekt erzielt werden soll. Die hier erwähnten Ergebnisse sind noch als vorläufig anzusehen, weil inzwischen weitere diesbezügliche Versuche angelaufen sind, die Ergebnisse auf breiterer Basis erbringen sollen.

5. Über die Verwendung sonstiger Starthilfen für Hochlagenaufforstungen

Wenn eine Hochlagenaufforstung über die meist flächenmäßig beschränkten, augenblicklich schon günstigen Areale hinaus vorangetrieben werden soll, so wird dies nur dann gelingen, wenn man die Umweltbedingungen auf ein für die Holzarten erträgliches Maß zu verbessern vermag. So wie durch Verwehungsbauten ein Ausgleich der Schneehöhe erzielt werden kann, vermag man durch Terrassierung, Verpfählung, Lochpflanzung usw. die Haftfähigkeit des Schnees an der Unterlage zu erhöhen (20) und dementsprechend die «Gleit»-Schäden zu vermindern. Vor allem auf nicht mehr gemähten Bergwiesen und im Bereich von Grasheiden ist mit Schneegleiten zu rechnen, während im Bereich der Zwergstrauchheide meist nur mit der Setzung des Schnees in Abhängigkeit von Schneehöhe und Hangneigung, dem sogenannten «Kriechen», zu rechnen ist. Leider ist die Lärche solchen Angriffen gegenüber empfindlicher als die immergrünen Holzarten Arve und Fichte, die bei hoher Schneelage wegen der damit verbundenen Schneepilzgefahr ebenfalls nicht verwendet werden können. Die Lärche kommt also an Standorten hoher Schneebedeckung nur dann in Frage, wenn die Hangneigung gering ist (7).

Wenn es sich um Aufforstung lange entwaldeter Gebiete handelt, so hat sich im Laufe der Zeit dort sicher auch das Bodenleben nicht nur wegen des veränderten Kleinklimas, sondern auch wegen des Fehlens der Holzarten selbst verändert (11). Aus diesem Grund empfiehlt Moser, bereits in den Pflanzgärten die Impfung mit holzart- und standortspezifischen Mykorrhizapilzen (27), um eine schnellere Bewurzelung, bessere Nährstoffaufnahme und ein besseres Wachstum zu gewährleisten.

Weitere Möglichkeiten bieten sich bei der Herstellung des Pflanzloches (29, 37), wobei vor allem bei dichten Rohhumusauflagen eine Durchmischung mit dem mineralischen Horizont erreicht werden sollte, um bessere Ernährungsbedingungen zu schaffen. Die Abdeckung von Pflanzlöchern kann an extrem sonnseitigen Expositionen in Frage kommen, wo Oberflächenüberhitzungen wie Barfrostschäden (Stengeleis, Solifluktion) zu befürchten sind. Weideeinflüsse sind vor Inangriffnahme unbedingt auszuschalten.

III. Die Ausführung von Hochlagenaufforstungen mit Hilfe des Wind-Schne-Ökogrammes

Angesichts der kleinstandörtlichen Vielfalt der oft sehr extremen Aufforstungsgebiete in der subalpinen Stufe bedarf es einer kleinstandörtlichen Zuordnung der jeweils geeigneten Holzart und Maßnahme, wenn der Hochlagenaufforstung Erfolg beschieden sein soll. Überdies hat diese Wahl normalerweise der Forstarbeiter zu treffen, weil er und nicht der Aufsichtsbeamte letzten Endes die Pflanzen richtig zu verteilen hat.

Aus solchen Gedankengängen heraus hat der Verfasser die Erstellung

Pflanzentest

Maßnahmen Ursachen Wirkungen

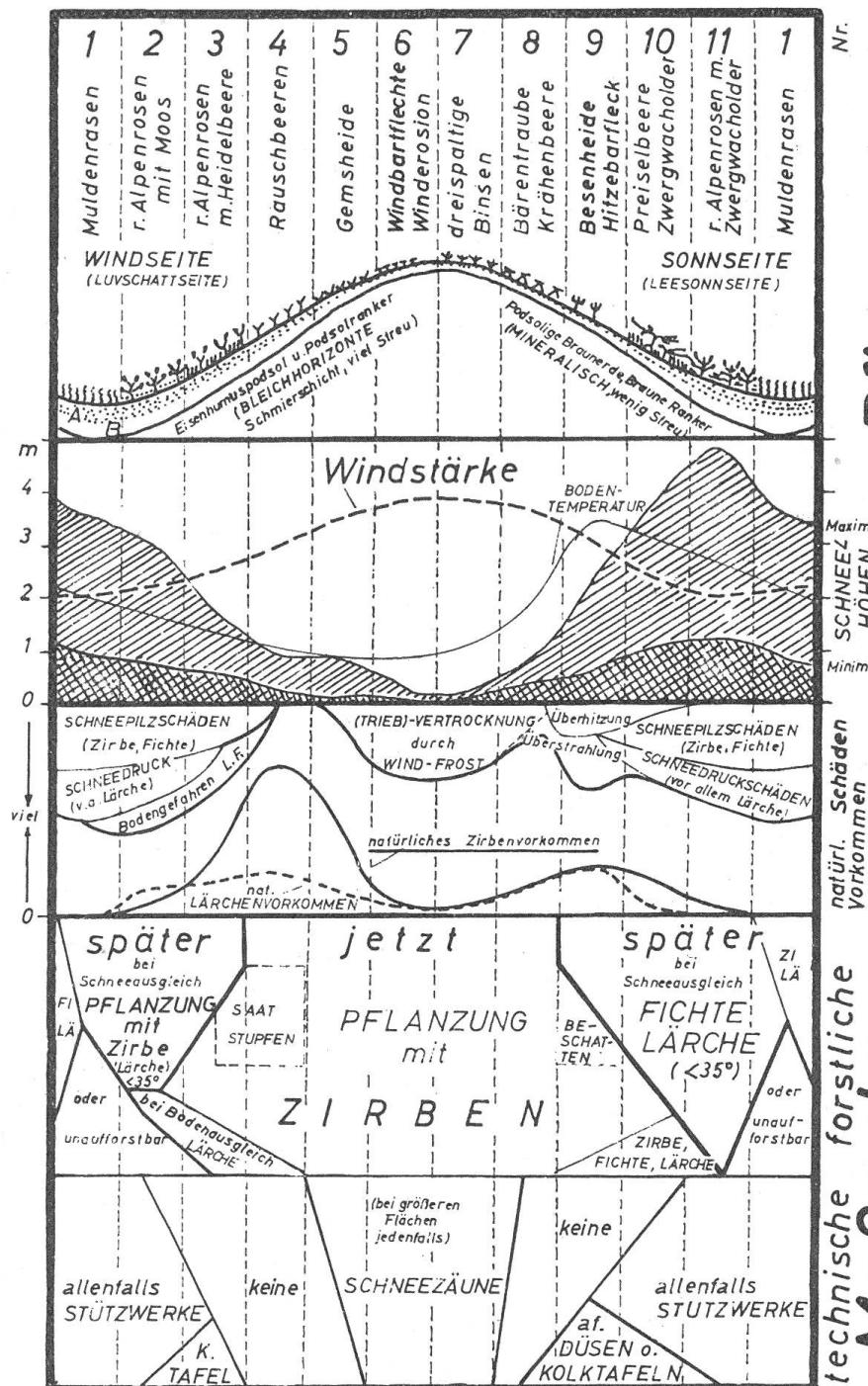


Abb. 10

Probeweises Wind-Schnee-Ökogramm für den Silikatbereich der Inneralpen (47, 33) zum Zwecke der Hochlagenaufforstung im unbewaldeten Teil der subalpinen Stufe. Ausgehend vom Pflanzentest (in der obersten Leiste) sind in der anschließenden Leiste die faktoriellen Ursachen für diese Pflanzenverteilung und darunter die standortsbedingten Wachstums- und Schadensmöglichkeiten zu ersehen. Die beiden letzten Leisten enthalten die standortsgemäßen forstlichen und technischen Maßnahmen (7).

sogenannter Ökogramme empfohlen (2), um zu einer im Gelände verwendbaren Aufforstungsmethodik zu kommen. Die Ökogramme sind als Schemata aufzufassen, die die wichtigsten kausalen Wechselbeziehungen zwischen Relief, Vegetation, den Lebensräumen der Holzarten und den standortgemäßen Maßnahmen aufzeigen sollen. Mit voller Absicht wurde versucht, eine Art Aufforstungsrezept zu erstellen, bei dem von wenigen ausgewählten, möglichst gesellig auftretenden Testpflanzen (einer ökologischen Reihe) ausgegangen wird (Abb. 10 oberste Leiste), um im Anschluß nicht nur die Ursachen für die natürliche Vegetations- und Holzartenverteilung, sondern auch die zu ergreifenden forstlichen und technischen Maßnahmen mitgeteilt zu erhalten (Abb. 10, zweite bis fünfte Leiste). Angesichts der vielfältigen Zusammenhänge zwischen Umwelt und Reaktion der Holzarten hätten sich unmöglich alle möglichen Querbeziehungen in überschaubarer Weise darstellen lassen. Da ihnen aber auch nicht gleiche Bedeutung für das Gelingen von Hochlagenaufforstungen zukommt, erscheint es durchaus erlaubt, sich auf die Darstellung der Abhängigkeiten von den wichtigsten Umweltkomplexen zu beschränken. Normalerweise wird schon die Lage des Reliefs zu den Haupteinfallsrichtungen der gerichteten Faktoren Wind und Strahlung (13, 11) zusammen mit der Vegetationsansprache besagen, mit welchem Klimakomplex zu rechnen ist (Wind-Schnee-Verteilung oder Wärme-Wasser-Verteilung). Aber auch im Falle der Überlagerung beider Komplexe wird die Kenntnis der einzelnen Abhängigkeiten die Standortseinordnung ermöglichen. Auch hier muß hinsichtlich der Einzelheiten auf die Originalarbeit verwiesen werden (7).

Selbstverständlich muß jede solche Schematisierung vieles ausschließen, um überschaubar zu bleiben. Infolgedessen muß auch die Anwendung auf den unbewaldeten Teil der subalpinen Stufe im Silikatbereich der Inneralpen (7, 33, 47) eingeschränkt werden und müssen weiter alle Flächen mit nachhaltig gestörter Vegetationsverteilung (Mahd, Brand, Erosion usw.) ausgeschlossen sein. Da ferner viele damit zusammenhängende Fragen heute erst teilweise geklärt sind, wurde vorläufig eine provisorische Fassung erstellt, um wenigstens das bereits vorhandene Wissen der Praxis zur Verfügung stellen zu können.

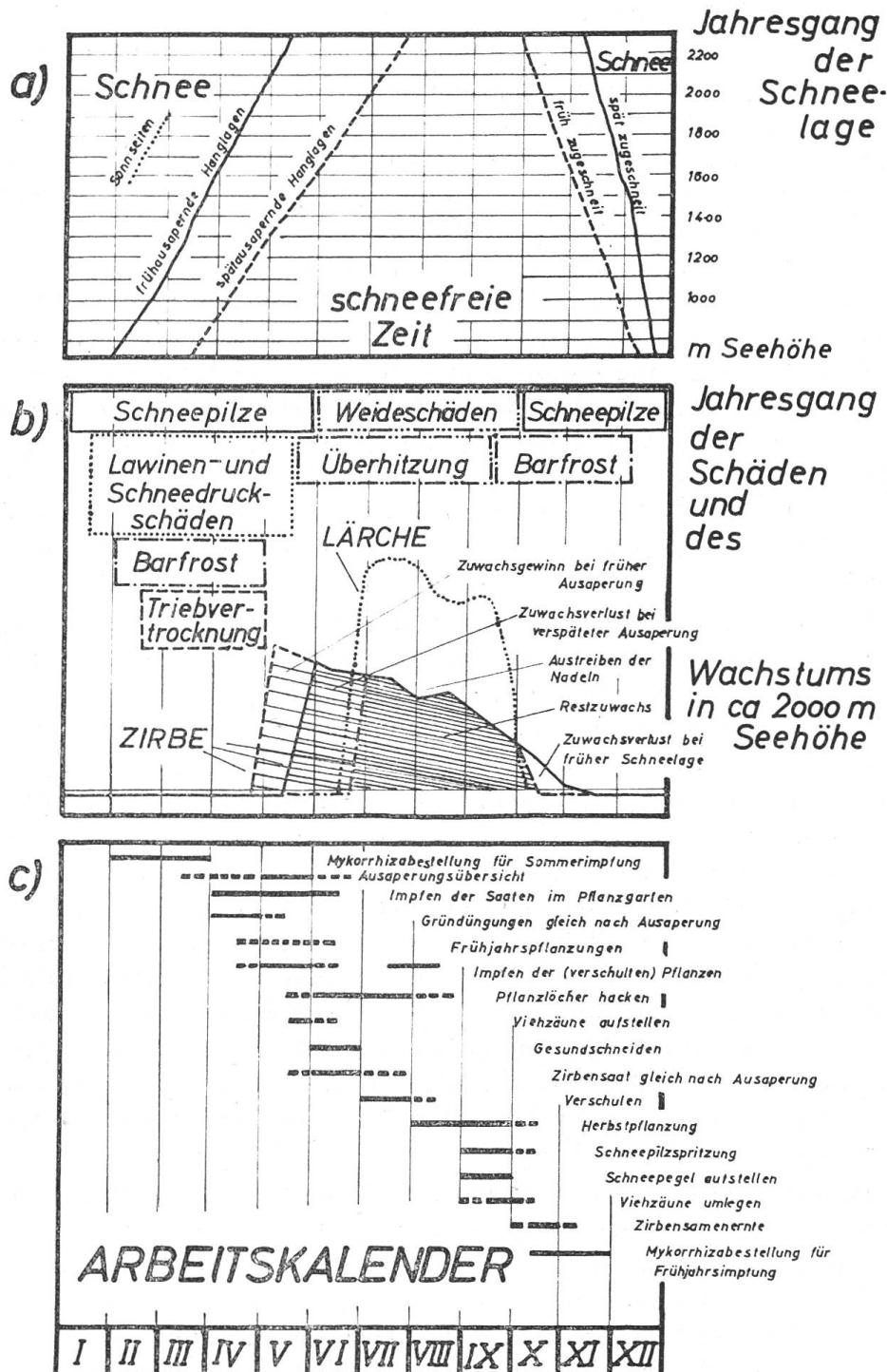
Bei der Anwendung empfiehlt es sich, zuerst die nach Exposition und

Abb. 11

Arbeitskalender für Hochlagenaufforstungen und seine Voraussetzungen.

- a) Zeitpunkte für Ausaperung und Einschneien zwischen 700 und 2300 m ü. M. für früh- ausapernde beziehungswise spätzuschneiende Hanglagen (liniert) und für spätausapernde und frühzuschneiende Hanglagen (gestrichelt) des Innerötztales, eines zentralalpinen Nord-Süd-Tales, sowie für die Sonnseiten des Sellraintales (punktiert), eines am Rande der Inneralpen gelegenen Ost-West-Tales (22, 35, 49)
- b) Jahresgang der lebensgefährlichen Schadeneinflüsse und Ablauf der Vegetationsperiode der immergrünen Arve und der sommergrünen Lärche (9, 10, 11, 16, 17, 30, 31, 39, 41, 42, 46, 48)
- c) Arbeitskalender für Hochlagenaufforstungen (27, 29, 37) im Bereich der subalpinen Stufe.

Relief extremsten Standorte aufzusuchen und zu testen, weil alle andern Standorte geringere Gegensätze aufweisen werden. Es wären also die Luv- und die Leeseiten, die Sonn- und die Schattseiten aufzusuchen und – am besten an Hand der Ausaperungsvorgänge – festzustellen, ob im vorliegenden



Fall die Luvseiten oder die Leeseiten als Sonn- oder Schattseiten anzusprechen sind. Dort, wo der Vegetationstest recht unterschiedliche Schneehöhen zuläßt und auch der Habitus der Testpflanzen keine genauere Aussage hinsichtlich der Schneehöhe bietet, sollten ergänzende Schneepegelmessungen den praktischen Maßnahmen vorausgehen.

Zur Erleichterung für den Praktiker wurden anstelle von Pflanzengesellschaften mit voller Absicht einige wenige, meist gesellig auftretende Testpflanzen ausgewählt, um dem Forstarbeiter auch ohne Kenntnis der vollen Artengarnitur einen Test zu ermöglichen. Angesichts der Wichtigkeit, vor allem extreme Standorte richtig zu beurteilen, erscheint eine Testung nach der Dominanz auch durchaus berechtigt (40).

Würde es sich beispielsweise um die Aufforstung einer stark von Flechten durchsetzten Gamsheidefläche handeln, so wäre – entsprechend Fall 5–6 des Wind-Schnee-Ökogrammes (Abb. 10, oberste Leiste) – an einem solchen Standort mit starker Bewindung und geringmächtiger Schneedecke zu rechnen, infolgedessen auch mit Frost- und Frosttrocknisschäden an den schon weniger zahlreich vorkommenden Hauptholzarten Arve und Lärche (zweite und dritte Leiste in Abb. 10). Solche Flächen können sofort mit Arven in möglichst dichter (29) Verteilung bepflanzt werden, sind jedoch – mit zunehmender Flechtenbedeckung – überdies durch Schneezäune im Wachstum zu sichern.

Wäre hingegen an einem andern Standort die Rauschbeere (*Vaccinium uliginosum*) vorherrschend (Fall 4), so erkennt der Ökogrammbetrachter infolge mittlerer Bewindung und Schneebedeckung sowohl ein Minimum an Schäden wie auch ein natürliches Optimum des Arenvorkommens. Es kann also hier ohne Starthilfen mit Arven gepflanzt werden (allenfalls auch Saat).

Sollte jedoch als weiteres Beispiel eine rasenbedeckte Mulde inmitten der Zwergstrauchheide vor uns liegen (Fall 1), so hätten wir mit einer außerordentlich langen und auch recht hohen Schneedecke zu rechnen, die für die immergrünen Holzpflanzen Schneepilzschäden und mechanische Schneeschäden zur Folge hätte. Daher können solche Standorte entweder erst später mit immergrünen Holzarten aufgeforstet werden, wenn bereits ein Schneeausgleich (durch Aufforstung der Rippen oder Einsatz von Verwehbauten) erzielt wurde, oder es kann Lärche gepflanzt werden, wenn die Neigung nicht zu steil und die Humusauflage nicht zu mächtig ist, oder aber der Standort ist als unaufforstbar anzusehen, wenn die genannten Bedingungen nicht eingehalten werden können.

Auch hier muß wieder auf die Einzelheiten der Originalarbeit verwiesen werden (7), um den gesetzten Rahmen nicht zu überschreiten.

Während das Ökogramm die Auskunft enthalten soll, wo, womit und wie aufzuforsten ist, enthält eine zweite Übersicht Angaben über den jahreszeitlichen Ablauf der Arbeiten im Rahmen der Hochlagenaufforstung (Abb. 11). Hier wird von der Grundlage der schneefreien Zeit in den Hochlagen unter

dem Einfluß unterschiedlicher Exposition ausgegangen (Abb. 11a) und im Anschluß dem Jahresgang der Schadenwirkung jener des Holzarten-Wachstums gegenübergestellt. Diese beiden Voraussetzungen bedingen in vielem den anschließenden Arbeitskalender, der sowohl die Pflanzgartenarbeiten wie jene in den Hochlagen enthält, nicht aber die terminlich nicht gebundenen Vorbereitungsarbeiten (Wegbau, Aufstellen von Verwehungsbauten usw.).

Im Ökogramm wie auch im Arbeitskalender kommt die Fichte verhältnismäßig schlecht weg, weil heute weder über relief- und vegetationsabhängige, natürliche Verteilung dieser Holzart noch über den Ablauf der Vegetationsperiode und ihre physiologischen Eigenschaften konkreteres Wissen vorliegt. Hier sollten nicht zuletzt die im neuen Klimahaus am Patscherkofel beabsichtigten Versuche neue Erkenntnisse vermitteln. Ebenso werden weitere ökologische Untersuchungen erst bessere Kenntnisse über die Sonnseiten und den Einfluß des Wasserhaushaltes erbringen. Unbeschadet dieser sicher noch notwendigen Ergänzungen zeigt aber schon das heute vorliegende Ökogramm, wie wichtig es für Hochlagenaufforstungen angesichts der extremen Standorte ist, die Maßnahmen standörtlich und zeitlich richtig zu staffeln.

Résumé

Climat biotique et reboisements des régions élevées

L'auteur, se référant aux études bioclimatiques effectuées pendant plusieurs années à Obergurgl (Tyrol, Autriche), décrit, dans le cadre du problème que posent les reboisements des régions élevées, les principales conditions règnant dans la zone alpine dite «de combat» des Alpes intérieures; il indique ensuite leurs influences sur les principales essences forestières entrant en ligne de compte pour ces reboisements, soit l'arolle, le mélèze et l'épicéa. De plus, la connaissance de ces conditions permet de recommander des interventions effectuées comme aide initiale dans le but d'assurer, de favoriser et d'étendre les reboisements des régions élevées.

Sur la base de recherches ayant duré des années, il est possible de présenter un «écogramme» provisoire pour le vent et la neige, lequel est destiné à l'utilisation pratique sur le terrain. C'est un résumé schématique des principaux rapports écologiques existant entre le milieu et le comportement des essences forestières; comme tel il ne doit être utilisé que dans la région des Alpes intérieures et il devrait permettre de faire un choix des essences forestières conforme à la station en tenant compte du caractère principal du milieu ambiant. Enfin l'étude des influences saisonnières a permis d'établir un calendrier des travaux à entreprendre lors de reboisements de régions situées à haute altitude.

A l'aide de «l'écogramme», il devrait être possible d'étendre la zone des reboisements des régions élevées qui constituent un élément important de l'aménagement national en montagne.

Traduction Farron

Literatur:

- 1 *Auer Chr.:* Untersuchungen über die natürliche Verjüngung der Lärche im Arven-Lärchen-Wald des Oberengadins. Mttl. d. Schweiz. Anst. f. d. Forstl. Vers. Wes. XXV., 1. Heft (1947)
- 2 *Aulitzky H.:* Die Bedeutung meteorologischer und kleinklimatischer Unterlagen für Aufforstungen im Hochgebirge. Wetter und Leben, 7, 241–252 (1955)
- 3 — Waldbaulich-ökologische Fragen an der Waldgrenze. Cbl. f. d. ges. Forstw. 75, 18 bis 33 (1958)
- 4 — Über die Windverhältnisse einer zentralalpinen Hangstation in der subalpinen Stufe. Mttl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, Heft 59, 209–230 (1961)
- 5 — Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit. Mttl. f. Vers. Anst. Mariabrunn, Heft 59, 105 bis 125 (1961)
- 6 — Die Bodentemperaturverhältnisse an einer zentralalpinen Hanglage beiderseits der Waldgrenze. I. Teil. Die Bodentemperatur oberhalb der zentralalpinen Waldgrenze. Arch. f. Met. Geophys. Biokl. B, 10, 445–532 (1961)
- 7 — Die Anwendung des Wind-Schnee-Probe-Ökogrammes. Mttl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, Heft 60 (im Druck)
- 8 *Aulitzky H. und H. Turner:* Das Bioklima im Zirben-Lärchen-Wald (in Vorbereitung)
- 9 *Bazzigher G.:* Pilzkrankheiten in Aufforstungen. Eidg. Anst. f. d. Forstl. Vers. Wes. Kurzmittl., 12 (1956)
- 10 *Donaubauer E.:* Die *Phacidium-infestans*-Nadelkrankheit und deren Bedeutung für die Hochlagenaufforstung. Exkursionsführer «Forstschutz» vom XIII. YUFRO-Kongreß in Wien 1961, Druck Merkuria, 110–114.
- 11 *Forschungsstelle für Lawinenvorbeugung:* Ökologische Untersuchungen in der subalpinen Stufe, Teil I. Mttl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 59 (1961)
- 12 *Friedel H.:* Schneecandauer und Vegetationsverteilung im Gelände. Mttl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 59, 317–369 (1961)
- 13 — Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge. Wetter und Leben, 4, 73–86 (1952)
- 14 *Fromme G.:* Der Waldrückgang im Oberinntal (Tirol). Mittl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 54 (1957)
- 15 *Gams H.:* Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. Zeitschr. f. d. ges. Erdkunde zu Berlin, 321 (1931) und 52 (1932) sowie 178 (1932)
- 16 *Holzer K.:* Die winterlichen Veränderungen von Assimilationszellen von Zirbe (*Pinus Cembra L.*) und Fichte (*Picea excelsa Link.*) an der alpinen Waldgrenze. Österr. Bot. Zeitschr. 105, 324–346 (1958)
- 17 — Winterliche Schäden an Zirben nahe der alpinen Waldgrenze. Cbl. f. d. ges. Forstw., 76, 232–244 (1959)
- 18 *Hopf J. und S. Bernard:* Über die Bedeutung, Art und Verteilung windabhängiger Bauten in der Lawinenverbauung und -vorbeugung. Mttl. f. Bundesvers. Anst. Mariabrunn (im Druck).
- 19 *Hopf J.:* Über die Bedeutung, Art und Verteilung windabhängiger Bauten in der Lawinenverbauung und -vorbeugung. Allg. Forstzeit., 69, 47–52 (1958)
- 20 *In der Gand H. R. und F. Fischer:* Untersuchungen über den Einfluß der Schneedecke auf den An- und Aufwuchserfolg von Aufforstungen im Gebirge. Winterber. d. Eidg. Inst. f. Schnee- und Lawinenforschung Weißfluhjoch/Davos, Nr. 21 (1958)
- 21 *Jenik J. und Th. Lokvenc:* Die alpine Waldgrenze im Riesengebirge. Rozpr. Ceskoslovenske akademie ved. Rada matematickych a prirodnicich ved. 72 (Heft 1, 1962)
- 22 *Kerner F. v.:* Über die Schneegrenze im Gebiet des mittleren Inntales, Wien, 1887.
- 23 *Kreutz W. und W. Walter:* Der Strömungsverlauf sowie die Erosionsvorgänge und Schneeeablagerungen an künstlichen Windschirmen nach Untersuchungen im Windkanal. Ber. Deutsch. Wetterd., 4.
- 24 *Leibundgut H.:* Die pflanzensoziologischen Grundlagen der Aufforstung im Gebirge. Allg. Forstz., 65, 145–149 (1954)
- 25 *Michaelis P.:* Ökologische Studien an der alpinen Baumgrenze. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 50, 31–42 (1932)
- 26 *Moser M.:* Der Einfluß tiefer Temperaturen auf das Wachstum und die Lebenstätigkeit höherer Pilze mit spezieller Berücksichtigung von Mykorrhizipilzen. Sydowia. Annales Mycologici, Ser. II, 12, 386–399 (1958)

- 27 — Die künstliche Mykorrhizaimpfung an Forstpflanzen. III. Teil. Impfmethodik im Forstgarten. Forstw. Cbl., 78, 193—202 (1959)
- 28 *Myczkowski St.*: O formach pokrojowych swierka pospolitego (*Picea excelsa [Lam.] Link.*) w Tatrach Polskich. Rocznik Dendrologiczny, 9, 407—412 (1956)
- 29 *Neuwinger I. und A. Czell*: Standortsuntersuchungen in subalpinen Aufforstungsgebieten. I. Teil. Die Böden in den Tiroler Zentralalpen. Forstw. Cbl., 78, 327—372 (1959)
- 30 *Oswald H.*: Verteilung und Zuwachs der Zirbe (*Pinus Cembra L.*) der subalpinen Stufe an einem zentralalpinen Standort. Mittl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 60 (im Druck).
- 31 *Petrak F.*: Über *Phacidium infestans Karst.*, einen gefährlichen Parasiten der Zirbelkiefer und einige andere in seiner Gesellschaft wachsende Pilze. Sydowia Annales Mycologici. Ser. II, 9, 518—526 (1955)
- 32 *Prutzer E.*: Die Verdunstungsverhältnisse einiger subalpiner Standorte. Mittl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 59, 231—255 (1961)
- 33 *Rubner K. und F. Reinhold*: Das natürliche Waldbild Europas. Parey, Hamburg (1953)
- 34 *Schneider A., E. Baier und L. Hula*: Acker-, Grünland- und Almwirtschaft, Fromme, Wien (1957)
- 35 *Schroeter C.*: Das Pflanzenleben der Alpen. Raustein, Zürich (1926)
- 36 *Stauder S.*: Das Projekt Wildbach- und Lawinenvorbeugung «Vorderes Zillertal» und seine wirtschaftliche Bedeutung. Mittl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 60 (im Druck).
- 37 — Praktische Erfahrungen bei der Hochlagenauftorstung im «Vorderen Zillertal» / Nordtirol. Mittl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 60 (im Druck).
- 38 *Steinhauser F.*: Sonnenschein. Klimatographie von Österreich. Österreich. Akad. Wiss. Denkschr. d. Gesamtreihe, 3, 13—102
- 39 *Stern R.*: Untersuchungen über die Eignung der Zirbe für die Hochlagenauftorstung. Dissertation Hochschule für Bodenkultur in Wien (1956)
- 40 *Sukatschew N.*: Die Grundlagen der Waldtypen. Festschrift für E. Aichinger in Ange-wandte Pflanzensoziologie. II., 956—964 (1954)
- 41 *Tranquillini W.*: Beiträge zur Kausalanalyse des Wettbewerbes ökologisch verschie-dener Holzarten. Ber. Deutsch. Bot. Ges. (im Druck)
- 42 — Die Frosthärtete der Zirbe unter besonderer Berücksichtigung autochthoner und aus Pflanzgärten stammender Jungpflanzen. Forstw. Cbl., 77, 89—104 (1958)
- 43 — Die Stoffproduktion der Zirbe (*Pinus Cembra L.*) an der Waldgrenze während eines Jahres. I. Standortsklima und CO₂-Produktion. II. Zuwachs und CO₂-Bilanz. Planta, 54, 107—151 (1959)
- 44 — Standortsklima, Wasserbilanz und CO₂-Gaswechsel junger Zirben (*Pinus Cembra L.*) an der alpinen Waldgrenze. Planta, 49, 612—661 (1957)
- 45 *Tranquillini W. und H. Turner*: Untersuchungen über die Pflanzentemperaturen in der subalpinen Stufe mit besonderer Berücksichtigung der Nadeltemperaturen der Zirbe. Mittl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 59, 127—151 (1961)
- 46 *Tranquillini W. und K. Holzer*: Über das Gefrieren und Auftauen von Koniferen-nadeln. Ber. Deutsch. Bot. Ges., 71, 143—154 (1958)
- 47 *Tschermak L.*: Die Gliederung des Waldes Tirols, Vorarlbergs und der Alpen Bayerns in natürliche Wuchsbezirke. Zbl. f. ges. Forstw., 66, 106—119 (1940)
- 48 *Turner H.*: Maximaltemperaturen oberflächennaher Bodenschichten an der alpinen Waldgrenze. Wetter und Leben, 10, 1—12 (1958)
- 49 — Die Niederschlags- und Schneeverhältnisse. Mittl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Maria-brunn, 59, 265—315 (1961)
- 50 — Jahresgang und biologische Wirkungen der Sonnen- und Himmelsstrahlung an der Waldgrenze der Ötztaler Alpen. Wetter und Leben, 13, 93—113 (1961)
- 51 — Über das Licht- und Strahlungsklima einer Hanglage der Ötztaler Alpen bei Ober-gurgl und seine Auswirkungen auf das Mikroklima und die Vegetation. Arch. f. Met. u. Geophys. Biokl. B., 8, 273—325 (1958)
- 52 *Wopfner H.*: Über die Wirkungen von Kolktafeln auf die Schneedecke und deren Anwendung in der Lawinenvorbeugung. (Unveröffentlichter Bericht der Schneeforschungsstelle Wattener Lizum, 1956, gekürzte Fassung in Mittl. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 60 (im Druck).