

MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDES-VERSUCHSANSTALT
WIEN

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

129. Heft

1980

BEITRÄGE ZUR SUBALPINEN WALDFORSCHUNG

ODC 945.4:2:(23)

Contributions to subalpine Forest Research
Contributions à la recherche des forêts subalpines

Материалы к изучению субальпийских лесов

2. Folge

Herausgegeben
von der
Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 Wien

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

ISBN 3 7040 0675-0

Herstellung und Druck

Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 Wien

VORWORT

Im Oktober 1968 fand in Lienz die erste gemeinsame Arbeitstagung von Wissenschaftlern und Praktikern zum Thema Hochlagenforstwirtschaft und Wildbachverbauung statt. In zahlreichen Vorträgen wurden die von der Außenstelle für subalpine Waldforschung und der FBVA erarbeiteten Versuchsergebnisse den Praktikern der Wildbachverbauung und der Forstbehörden nähergebracht und die bei Hochlagenaufforstungen auftretenden Probleme diskutiert.

Auf Wunsch des ehemaligen Leiters der Sektion Forstwirtschaft Prof. Eckmüllner folgten dieser Tagung in verschiedenen Orten ähnliche Veranstaltungen, die dafür sorgten, daß die wachsenden Erkenntnisse der Wissenschaftler beim Praktiker ankamen und daß diese Gelegenheit hatten, die Probleme bei der Begründung und Pflege der Hochlagenaufforstung den Wissenschaftlern zu unterbreiten und gezielte Untersuchungen über aktuelle Fragen anzuregen.

Im Verlauf dieser Veranstaltungsreihe kam es im Oktober 1977 wieder in Lienz zu einem solchen Informationsaustausch zwischen Forschung und Praxis. Der thematische Schwerpunkt hatte sich indessen etwas verlagert: Die zahlreichen in Österreich erfolgreich angelegten Hochlagenaufforstungen sind inzwischen herangewachsen und es treten Fragen der Bestandespflege in den Vordergrund. Ganz unerwartet ist die Praxis mit Schwierigkeiten durch Pilzkalamitäten in Hochlagen konfrontiert. Auch Lawinen haben dem Hochgebirgswald bedeutenden Schaden zugefügt. Die Außenstelle hat sich dieser Entwicklung angepaßt. Das Forschungsprogramm wurde den dringenden Problemen entsprechend erweitert und die Tagung unter das Thema "Probleme der Entwicklung von Hochlagenaufforstungen" gestellt. Um den Problemkreis möglichst umfassend behandeln zu können, wurde der Kreis der Vortragenden durch Herren der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien abgerundet.

Die Teilnehmer an der von der ARGE für Hochlagenaufforstung und Schutzwaldhaltung gemeinsam mit der BFI Lienz vorbildlich organisierten Tagung erhielten schon bald darauf vom BMLF eine Kurzfassung der Vorträge mit den wichtigsten Resultaten. Weiters erschien im Informationsdienst der FBVA, 176. Folge, ein von Dr. Stern herausgegebener Bericht über die Vortragsreihe, der das Wesentliche des dort gebotenen Stoffes enthält.

Um den Wünschen nach einer ausführlicheren Darstellung der Ergebnisse zu entsprechen und diese einem breiteren Kreis in Praxis und Wissenschaft zugänglich zu machen, haben die Referenten ihre Vorträge ausgearbeitet und z. T. in erweiterter Form schriftlich niedergelegt.

Sie wurden in dem vorliegenden Band der Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt als "Beiträge zur subalpinen Waldforschung 2. Folge" zusammengefaßt. Wir haben darüber hinaus noch einige weitere Beiträge in den Band aufgenommen, um ein möglichst umfassendes Bild von der Tätigkeit der Wissenschaftler der Forstlichen Bundesversuchsanstalt auf dem Gebiet der Hochlagenforstwirtschaft zu vermitteln. Dem gleichen Ziel diene schon die 1. Folge der Beiträge zur subalpinen Waldforschung, die im Heft 66 der Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt im Jahre 1965 veröffentlicht wurde.

Die Redaktion des Bandes besorgte mit viel Umsicht Dr. Havranek. Wir hoffen, daß das vorliegende Werk vom Leser gut aufgenommen wird und daß die Praxis daraus brauchbare Informationen für die Arbeit in den heranwachsenden Hochlagenaufforstungen erhält.

Wien, im Juli 1979

H. Egger

INHALT

	Seite
Tranquillini, W., Lechner, F., Oberarzbacher, P., Holzer, K. und Unterholzner, L.: Über das Höhenwachstum von Fichtenklonen in verschiedener Seehöhe	7
Stern, R. und Zwerger, P.: Rumelische Kiefer (<i>Pinus peuce</i> Griseb.) und Zirbe (<i>Pinus cembra</i> L.). Ein Pflanzvergleich in der subalpinen Stufe Tirols	27
Göbl, F.: Mykorrhiza-Untersuchungen in einer Fichtenaufforstung im Sellraintal (Tirol)	41
Donaubauer, E.: Über Pilzkrankheiten in Hochlagenaufforstungen	51
Schiechtl, H.M. und Neuwinger, I.: Regeneration von Vegetation und Boden nach Einstellung der Beweidung und Bodenstreunutzung in einem zentralalpinen Hochlagen-Aufforstungsgebiet	63
Kronfuß, H.: Das Bestandesklima einer Hochlagenaufforstung auf einem Sonnhang	81
Plattner, J.: Meßgeräte und Meßmethoden für forstökologische Freilandmessungen in Haggen/Sellraintal	105
Neuwinger, I.: Erwärmung, Wasserrückhalt und Erosionsbereitschaft subalpiner Böden	113
Neuwinger, I. und Gunsch, J.: Über Jahresrhythmik im Nährstoffspiegel subalpiner Pflanzen und ihre Bedeutung beim Versetzen und Düngen von Jungzirben	145
Kronfellner-Kraus, G. und Merwald, I.: Lawinenschäden in Wäldern - Folgerungen für die Forstwirtschaft	171

CONTENTS

	Page
Tranquillini, W., Lechner, F., Oberarzbacher, P., Holzer, K. and Unterholzner, L.:	
Differences in Height Growth of Clones of Norway Spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.) at Various Altitudes	7
Stern, R. and Zwerger, P.:	
Comparative Growth Analysis of Young <i>Pinus cembra</i> (L.) and <i>P. peuce</i> (Griseb.) in the Subalpine Region of Tyrol	27
Göbl, F.:	
Investigations on Mycorrhizae in Afforestation with Norway Spruce (<i>Picea abies</i>) in the Sellrain Valley (Tyrol) ...	41
Donaubauer, E.:	
On Fungal Diseases in Subalpine Afforestations	51
Schiechtel, H.M. and Neuwinger, I.:	
Regeneration of Vegetation and Soil in a Central-Alpine Reafforestation Area upon Termination of Grazing and the Use of Ground Litter.....	63
Kronfuß, H.:	
Stand Climate of a Sunny Slope Afforestation at High Altitude	81
Plattner J.:	
Equipment and Methods for Ecological Measurements in the Forest Field Station Hagen/Sellrain Valley	105
Neuwinger, I.:	
Temperatures, Water Retention Capacity and Erosivity of Subalpine Soils	113
Neuwinger, I. and Gunsch, J.:	
Annual Cycle of Nutrient Contents in Subalpine Plants and Its Implications for Transplantation and Fertilisation of Young <i>Pinus cembra</i>	145
Kronfellner-Kraus, G. and Merwald, I.:	
Avalanche Damage in Forests - Conclusions for Forestry .	171

ÜBER DAS HÖHENWACHSTUM VON FICHTENKLONEN IN VERSCHIEDENER SEEHÖHE

Walter TRANQUILLINI, Franz LECHNER, Paul OBERARZBACHER, Leo UNTERHOLZNER und Kurt HOLZER

EINLEITUNG

Bei Aufforstungen in hohen Lagen ist die Herkunft des Pflanzenmaterials von großer Bedeutung. Provenienzen, die nicht optimal an die dort herrschenden Bedingungen angepaßt sind, erleiden Schäden, zeigen schlechtes Wachstum und können im Laufe der Zeit vollkommen ausfallen (ROHMEDER 1972). Es muß daher der richtigen Wahl des Pflanzgutes größte Sorgfalt gewidmet werden.

In den letzten hundert Jahren wurden zahlreiche Provenienzversuche mit der Holzart Fichte durchgeführt (neueste Zusammenfassung der Ergebnisse bei SCHMIDT-VOGT 1977). Trotzdem wissen wir immer noch zu wenig Gesichertes über das Verhalten verschiedener Herkünfte nach ihrer Ausbringung in Hochlagen. Das mag zum Teil darauf beruhen, daß die Reaktionen von Pflanzen einer Herkunft auf Standortseinflüsse eine große Streuung aufweisen, welche das Erkennen typischer Verhaltensweisen erschwert. Der Informationsmangel beruht aber auch darauf, daß die Reaktionen der Pflanzen allzu summarisch erhoben wurden. Man beschränkte sich meist auf die Angabe des Ausfallprozentes und des Höhenzuwachses, die eine Kausalanalyse der Schädigungen und der Wachstumsvorgänge nicht zulassen.

Um die Streuung zu verringern, haben wir bei unseren Versuchen Stecklinge von Fichtenklonen verwendet, die sich innerhalb des Klons in ihrem Austriebszeitpunkt sehr einheitlich verhalten. Es standen uns 50 Klone mit unterschiedlichem Austriebszeitpunkt und Wachstum zur Verfügung (näheres über das verwendete Pflanzenmaterial bei HOLZER 1972). Diese Pflanzen setzten wir im Wipptal (Tirol) auf 4 Versuchsflächen, die in verschiedenen Höhenlagen zwischen Talboden und Waldgrenze angelegt wurden.

Zur genauen Analyse des Höhenwachstums der Pflanzen bestimmten wir den Zeitpunkt der Knospenöffnung, des Beginns und Endes der Streckung der Höhentriebe und der Endknospenbildung (erste Ergebnisse bei LECHNER, HOLZER und TRANQUILLINI 1977). Weiters maßen wir während der Streckungsperiode den Höhenzuwachs in Wochenabständen, um den zeitlichen Verlauf des Wachstums kennen zu lernen.

Die detaillierten Wachstumsmessungen, die auf allen 4 Versuchsflächen durchgeführt wurden, sollten dazu beitragen, die Gesetzmäßigkeiten der Entwicklung der Fichtenklone in verschiedenen Höhenlagen klarer als bisher zu erkennen.

Um den Einfluß der Temperatur auf das Höhenwachstum der Fichten zu untersuchen, haben wir einige Klone in Klimakammern gebracht, wo sie verschiedenen Temperaturen ausgesetzt waren. Für eine genaue Analyse des Höhenzuwachses haben wir weiters den zeitlichen Verlauf der Bildung der Nadelanlagen in der Endknospe verfolgt.

Nachdem die Reifungsprozesse der Jahrestriebe, die im Laufe des Herbstes zu einer erhöhten Dürre- und Frostresistenz führen, mit dem jahresperiodischen Entwicklungsverlauf eng zusammenhängen, haben wir auch die winterliche Dürrerresistenz einiger Klone untersucht und Frosthärteexperimente berücksichtigt, die wir mit Fichtenjungpflanzen in den letzten Jahren durchgeführt haben (PÜMPEL, GÖBL und TRANQUILLINI 1975).

Im Vordergrund des Interesses stand die Frage, wie sich früh- und spätreibende Klone in verschiedenen Höhenlagen verhalten und welche Vor- und Nachteile sich bei Verwendung von Früh- und Spätreibern bei Hochlagenaufforstungen ergeben. Diese Frage hat große praktische Bedeutung, weil die Bereitschaft der Fichtenpflanzen zu frühem oder spätem Austreiben ver-

erbt wird (LECHNER, HOLZER und TRANQUILLINI 1977) und man Pflanzen im Pflanzgarten nach diesem Merkmal leicht auswählen kann.

VERSUCHSPFLANZEN UND ERHEBUNGSMETHODEN

Als Versuchspflanzen dienten Stecklinge von Fichtenbäumen, die im Jahre 1959 im Forstgarten Mariabrunn bei Wien aus Einzelbaumsaatgut aus verschiedener Seehöhe von den Seetaler Alpen (Steiermark) und dem Hölleengebirge (Oberösterreich) herangezogen wurden. Zwischen 1965 und 1975 wurden Austriebszeit und Höhenzuwachs dieser Bäume bestimmt. Von den für die Verklonung verwendeten 51 Bäumen stammten 14 von Samen aus Tieflagen (500 - 900 m), 17 aus Normallagen (800 - 1500 m) und 20 aus Hochlagen (1500 - 1600 m). Die aus Hochlagen stammenden Bäume zeigten im Durchschnitt ein geringeres Höhenwachstum als jene aus Tieflagen und trieben etwas später aus, doch ist die Variabilität dieser Eigenschaften innerhalb einer Höhenstufe groß, weil bewusst aus der Nachkommenschaft eines Samenbaumes Sämlinge mit möglichst verschiedenen Eigenschaften für die Stecklingsgewinnung ausgewählt wurden, um die ganze Variationsbreite zu erfassen (HOLZER 1966, 1967, 1972, 1974).

Von diesen Bäumen wurden 1970 und 1971 Stecklinge geschnitten, im Sprühbeet bewurzelt und einzeln in Torftöpfen weiter kultiviert. 1973 kamen sie nach Innsbruck und wurden im Juli, nachdem sie ihr Höhenwachstum abgeschlossen hatten, im Wipptal oberhalb von Pfons bei Matrei a. Br. (Tirol) in 4 Höhenstufen (850, 1250, 1600 und 1900 m) ausgepflanzt. Der Waldbestand des SW exponierten Hanges besteht im unteren, trockenen Teil überwiegend aus Kiefern (Versuchsfläche 1), über 1000 m aus einem geschlossenen Fichtenwald, in dem sich verschiedene Schlagflächen befinden, auf denen die Versuchsflächen 2 und 3 eingerichtet wurden. Über 1800 m löst sich der Fichtenwald infolge Beweidung in Horste auf, die bis 2000 m hinaufreichen. In dieser Auflösungszone des Waldes befindet sich die Versuchsfläche 4.

Die Auspflanzung der Stecklingspflanzen im Gelände erfolgte in Abständen von 80 cm. Durch Ballenpflanzung konnte der Versetzschock gering gehalten werden. Je Klon standen 4 - 5 Pflanzen zur Verfügung, die zufallsmäßig über die Fläche verteilt wurden.

In den Jahren 1974 - 1977 wurden folgende Erhebungen durchgeführt:

1. Anzahl der ausgefallenen Pflanzen (1974 - 1976).
2. Zeitpunkt des Austriebes (Sichtbarwerden der Nadelspitzen), des Streckungsbeginns, der Endknospenbildung (Sichtbarwerden der ersten Schuppen am terminalen Vegetationspunkt) und des Endes des Höhenzuwachses (Erreichen von 95 % des Gesamtzuwachses) (1974-1976).
3. Höhenzuwachs in wöchentlichem Abstand (1975 - 1976).
4. Gesamthöhenzuwachs der Leittriebe (1974 - 1977).

Alle Werte wurden klonweise gemittelt. Aus den phänologischen Terminen ließ sich die Streckungsdauer errechnen (Streckungsbeginn bis Streckungsende). Die mittlere Wachstumsintensität ergab sich aus dem Quotienten Höhenzuwachs : Streckungsdauer. Schließlich konnte aus den wöchentlichen Zuwachsraten der Höhenzuwachsverlauf rekonstruiert werden.

ERGEBNISSE

1. Ausfälle

Im ersten Jahr nach der Auspflanzung gab es relativ hohe Ausfälle (Tabelle 1). Sie waren überraschenderweise umso höher, je tiefer die Versuchsflächen lagen. Das spricht dafür, daß es sich um Dürreschäden handelt, die durch die Trockenheit nach dem Auspflanzen 1973 entstanden sind, die sich auf der untersten Fläche am stärksten ausgewirkt hat.

Die hohen Ausfälle im 2. Jahr auf den beiden obersten Flächen beruhen auf den abnormalen Witterungsbedingungen im Winter 1974/75. In diesem Winter schneite es die Pflanzen in ho-

hen Lagen sehr früh ein und sie aperten erst Ende Mai wieder aus. Unter der mächtigen, langanhaltenden Schneedecke konnte sich der Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) stark vermehren und einen großen Teil der Versuchspflanzen zum Absterben bringen (DONAUBAUER 1963).

Im Jahre 1976 ergaben sich wieder geringere Schäden. In optimaler Höhenlage (1250 m) und an der Waldgrenze fielen nur mehr wenige Pflanzen aus.

Tabelle 1

Ausfallprozent aller Fichtenpflanzen auf den verschieden hoch gelegenen Versuchsflächen im Wipptal oberhalb Pfnos in 3 der Anpflanzung folgenden Jahren.

Versuchsfläche Nr.	1	2	3	4
Höhenlage	850 m	1250 m	1600 m	1900 m
1974	21,8	9,4	7,9	3,7
1975	3,0	0,9	63,8	23,0
1976	11,8	0,4	2,7	1,4
Gesamt %	36,6	10,7	74,4	28,1

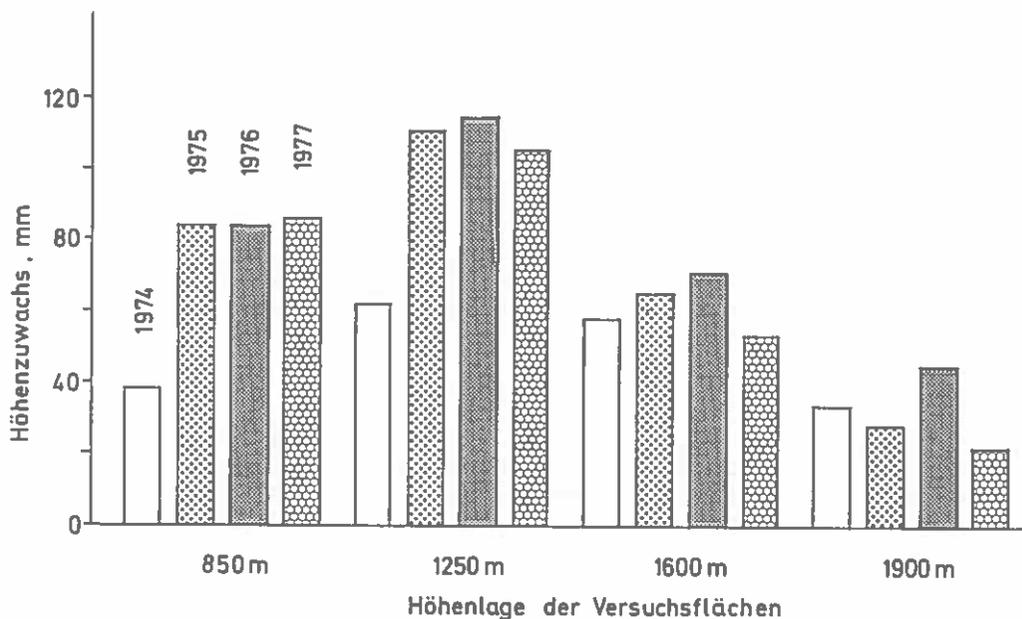


Abbildung 1: Mittlerer jährlicher Höhenzuwachs in mm von 51 Fichtenklonen in 4 aufeinanderfolgenden Jahren auf 4 verschieden hoch gelegenen Versuchsflächen oberhalb Pfnos im Wipptal (Tirol). Die Stecklingspflanzen wurden 1973 im Alter von 3 Jahren angepflanzt.

2. Höhenzuwachs auf den Versuchsf lächen in den Jahren 1974—1977

Wenn man die Höhenzuwächse aller Klone auf den einzelnen Flächen in den einzelnen Jahren mittelt, kann man verschiedene Gesetzmäßigkeiten klar erkennen (Abbildung 1). Auffallend gering war der Zuwachs im Jahr nach der Versetzung, vor allem auf den unteren Flächen. Das spricht dafür, daß das Wachstum durch den Versetzungsschock behindert war, der sich bei Sommerpflanzungen vor allem im darauffolgenden Jahr am stärksten auswirkt (HAVRANEK 1975). Für die Praxis ist von Interesse, daß man auch bei Ballenpflanzungen mit einer deutlichen Wuchshemmung rechnen muß, wenn der Verpflanzung trockenes Wetter folgt.

Im zweiten Jahr war der Versetzungsschock überwunden; die Zuwachswerte stiegen auf den beiden unteren Flächen auf den doppelten Betrag an. Nun kamen die standortsbedingten Zuwachsunterschiede auf den Flächen deutlich zum Ausdruck: Auf der tiefsten Fläche in 850 m Höhe blieb der Höhenzuwachs deutlich hinter dem in 1250 m erreichten Höchstwert zurück. Wahrscheinlich wurde das Wachstum hier durch die Trockenheit des Standortes und die zeitweise auftretenden hohen Temperaturen begrenzt. Über 1250 m ließ die Zuwachsleistung wegen des zunehmenden Wärmemangels rasch nach.

In den einzelnen Jahren ab 1975 unterschied sich der Zuwachs auf den beiden unteren Flächen nur sehr wenig voneinander. Klimaunterschiede in den einzelnen Jahren spielen hier keine Rolle. Anders in hohen Lagen. Hier fällt der überdurchschnittlich gute Zuwachs 1976 und der sehr geringe Zuwachs 1977 auf. Wie noch später gezeigt werden wird, lassen sich diese Unterschiede auf die Witterung des jeweiligen Vorjahres zurückführen, insbesondere auf die Temperaturbedingungen während der Knospenentwicklung zwischen Juli und September (POLLARD und LOGAN 1977, UNTERHOLZNER 1978). In dieser Zeit herrschte 1975 in hohen Lagen überdurchschnittlich warmes Wetter, das die Bildung einer großen Zahl von Nadelanlagen ermöglichte.

Im Jahre 1976 hingegen wurde das sommerliche Wetter bereits am 20. Juli durch eine Kältewelle unterbrochen. Es folgte sehr kühles, unbeständiges Wetter, das in höheren Lagen mehrmals Schneefälle mit sich brachte. Dadurch wurde die Entwicklung der Nadelanlagen in der Knospe gehemmt (vgl. HEIDE 1974).

3. Analyse des Höhenzuwachses

Der jährliche Höhenzuwachs ist ein Produkt der Streckungsdauer des Höhentriebes und der Wachstumsintensität während dieser Zeit. Wir wollen im folgenden untersuchen, wie sich diese beiden Faktoren des Höhenzuwachses im Mittel aller Klone auf den einzelnen Flächen im Jahre 1976 verhalten haben.

a) Streckungsdauer

Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, verzögerten sich die Zeitpunkte des Knospenöffnens und des Streckungsbeginns mit der Seehöhe sehr stark. Etwas weniger verschoben sich der Zeitpunkt der Endknospenbildung und das wenige Tage später eintretende Streckungsende. Die Streckungsdauer, das ist die Zeitspanne zwischen Streckungsbeginn und Streckungsende, nahm daher zwischen 850 m und 1900 m nur um 6,7 Tage, zwischen 1250 m und der Waldgrenze nur um 2,4 Tage ab.

b) Wachstumsintensität

Nachdem der Höhenzuwachsunterschied zwischen den Pflanzen auf Fläche 2 und 4 im Jahre 1976 69,9 mm betrug, d. s. 61 % des Wertes auf Fläche 2 (Abb. 1), muß er hauptsächlich auf der geringeren Wachstumsintensität der Pflanzen in 1900 m Seehöhe beruhen. Sie betrug im Jahre 1976 auf der Fläche 2 im Mittel der Streckungszeit 3,9 mm/Tag, auf der Fläche 4 nur 1,7 mm/Tag.

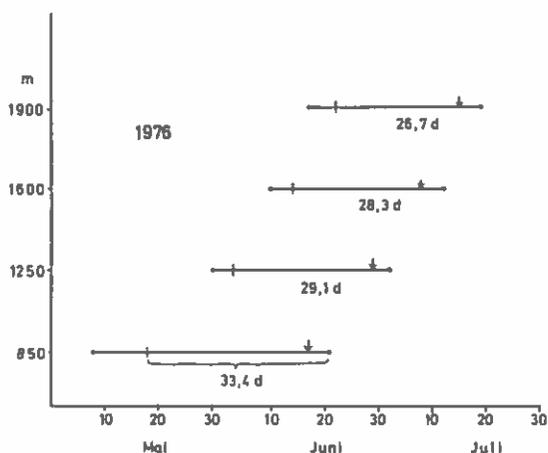


Abbildung 2: Mittlerer Zeitpunkt des Austreibens (◀—), des Streckungsbeginns (—|—), der Endknospenbildung (↓) und des Wachstumsabschlusses (—▶) der Endtriebe aller Fichtenklone auf den 4 verschieden hoch gelegenen Versuchsflächen im Jahre 1976. Die Zahlen geben die mittlere Streckungsdauer der Endtriebe in den einzelnen Höhenlagen an.

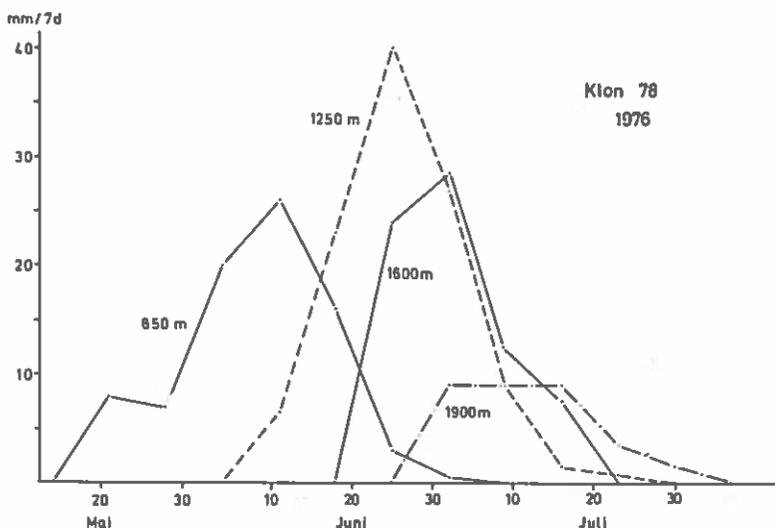


Abbildung 3: Verlauf des Höhenwachstums in mm/Woche von Pflanzen des Klons 78 in 4 verschiedenen Höhenlagen während der Vegetationsperiode 1976. Der aus Hochlagen stammende Klon treibt relativ spät aus und hat eine niedrige Wachstumsleistung. Einschränkungen der potentiellen Wachstumsleistung, die in der Niederung durch Trockenheit und in hohen Lagen durch Wärmemangel bedingt sind, entstehen weniger durch eine Verkürzung der Streckungsdauer als durch eine Abnahme der Wachstumsraten.

c) Wachstumsverlauf

Besseren Einblick in das Zuwachsgeschehen in verschiedenen Höhenlagen erhalten wir, wenn wir den zeitlichen Verlauf der wöchentlichen Zuwachsraten darstellen. Als Beispiel wählen wir den Klon 78 (Abb.3). Das Höhenwachstum nahm in allen Höhenlagen zunächst rasch zu, erreichte in der Mitte der Streckungsphase den Höchstwert und ließ dann langsam wieder nach. Die gesetzmäßige Periodizität des Wachstumsverlaufes kann durch besondere Wetterbedingungen gestört werden, wie etwa zwischen dem 20. und 30. Mai 1976, wo sehr kühles Wetter das Wachstum der Pflanzen auf der Fläche 1 vorübergehend hemmte.

Die in den verschiedenen Höhenlagen erreichten Maxima der Wachstumsintensität verhalten sich wie die Gesamtzuwachswerte. Die unter den gegebenen Bedingungen erreichbare Wachstumsintensität ist also für den Höhenzuwachs mitbestimmend.

Tabelle 2

Zeitpunkt und Dauer des Streckungswachstums, Wachstumsintensität und Höhenzuwachs von früh- und spätreibenden Fichten auf den verschieden hoch gelegenen Versuchsflächen im Jahre 1976. Mittelwerte der jeweils 10 auf den Flächen am frühesten (F) und am spätesten (S) austreibenden Klone. In der Tabelle sind ferner die Abweichungen der Mittelwerte der S-Klone von den F-Klonen angegeben (Δ).

Versuchsfläche Nr.	1	2	3	4
Höhenlage	850 m	1250 m	1600 m	1900 m
1. Zeitpunkt des Knospenöffnens in Tagen nach dem 1. April:				
F	9,7	26,7	41,2	52,5
S	23,1	47,5	52,4	61,6
Δ	+13,4	+20,8	+11,2	+9,0
2. Zeitpunkt der Endknospenbildung in Tagen nach dem 1. April:				
F	55,0	66,1	72,9	80,0
S	59,5	72,3	79,8	85,8
Δ	+ 4,5	+ 6,2	+ 6,9	+5,8
3. Streckungsdauer in Tagen:				
F	37,6	36,7	31,2	29,4
S	29,7	23,5	26,2	22,4
Δ	- 7,9	-13,2	- 5,0	-7,0
4. Mittlere Wachstumsintensität in mm/Tag:				
F	2,3	3,0	2,0	1,6
S	3,8	4,8	2,7	1,7
Δ	+ 1,5	+ 1,8	+ 0,7	+0.1
5. Höhenzuwachs in mm:				
F	82,2	111,1	63,8	47,0
S	111,7	112,4	70,2	38,0
Δ	+24,5	+ 1,3	+ 6,4	-9,0

4. Klonunterschiede: Früh- und Spättreiber

Wie nach dem verschiedenen Austriebszeitpunkt der Stecklingsausgangsbäume zu erwarten war, unterschieden sich auch die Stecklingspflanzen auf allen Versuchsflächen im Zeitpunkt ihres Austreibens deutlich voneinander. Auf Fläche 2 im Jahre 1976 zum Beispiel öffnete der früh-treibende Klon 12 bereits am 13.5. seine Knospen, während der spätreibende Klon 26 erst am 13.6., also genau 1 Monat später auszutreiben begann (Abb. 4). Zwischen diesen Extremen finden sich alle Übergänge. Wir können daher die Klone in Früh-, Mittel- und Spät-treiber einteilen.

Bedeutend weniger stark unterschied sich bei den Klonen der Zeitpunkt der Endknospenbildung und des kurz darauf eintretenden Wachstumsendes. Das bedeutet, daß die Spättreiber gegenüber den Frühtreibern eine verkürzte Streckungsdauer haben.

Die Veranlagung früh oder spät auszutreiben ist erblich (MÜNCH 1928, SAUER et al. 1973). Es konnte eine enge Korrelation zwischen dem Austriebszeitpunkt der Stecklingsausgangsbäume in Mariabrunn und der Stecklinge auf allen Versuchsflächen nachgewiesen werden (LECHNER, HOLZER und TRANQUILLINI 1977, OBERARZBACHER 1977). Nachdem der Austriebszeitpunkt leicht zu bestimmen ist und daher Pflanzen nach diesem Merkmal mühelos selektiert werden können, ist die Frage für die Praxis interessant, wie sich Früh- und Spättreiber in verschiedenen Höhenlagen entwickeln. Hierzu haben wir auf allen Flächen die jeweils 10 frühesten (F) und 10 spätesten (S) Klone herausgesucht, ihre Streckungsdauer, Wachstumsintensität und ihren Höhenzuwachs gemittelt und miteinander verglichen (Tabelle 2).

a) Streckungsdauer

Der Unterschied des Austriebszeitpunktes zwischen F- und S-Klonen betrug auf den Flächen 1 und 2 13,4 bzw. 20,8 Tage, auf der obersten Fläche jedoch nur mehr 9 Tage, nahm also in höheren Lagen deutlich ab. Die Streckungsdauer der F-Klone war auf allen Flächen bedeutend länger als jene der S-Klone. Der Unterschied erreichte auf der Fläche 2 13 Tage und betrug auf der obersten Fläche immerhin noch 7 Tage. Der Zeitunterschied der Endknospenbildung zwischen F- und S-Klonen betrug auf allen Flächen rund 6 Tage. Die etwas spätere Endknospenbildung der Spättreiber in Hochlagen dürfte den an sich schon kurzen Zeitraum für die Ausbildung der Nadelanlagen einengen.

b) Wachstumsintensität

In allen Höhenlagen zeigten die Spättreiber eine höhere mittlere Wachstumsintensität als die Frühtreiber, d.h. sie nützten die kürzere Streckungszeit intensiver, die Streckung vollzog sich schneller. Der Unterschied wurde aber in höheren Lagen geringer und glich sich an der Waldgrenze fast gänzlich aus, offenbar weil hier das Wachstum der S-Klone stärker nachließ als jenes der F-Klone. Wie wir noch sehen werden, beruhen diese Wachstumsunterschiede auf unterschiedlichen Wärmeansprüchen der F- und S-Klone.

c) Höhenzuwachs

Verschiedene Streckungsdauer und Wachstumsintensität wirkten sich dahingehend aus, daß auf der untersten Fläche die S-Klone bedeutend mehr Zuwachs erzielten, weil sie hier im warmen Klima eine höhere Wachstumsintensität erzielen konnten als die F-Klone. Zum selben Ergebnis kamen MÜNCH (1928) und MOULALIS (1971), wonach Spätfichten auch in nicht frostgefährdeten Lagen den Frühfichten im Wuchs deutlich überlegen waren. Auf der obersten Fläche hingegen waren die F-Klone im Zuwachs den S-Klonen überlegen, weil sie hier bei annähernd gleicher Wachstumsintensität eine längere Streckungszeit hatten.

Man kann daher bei Hochlagenaufforstungen durch Verwendung von frühtreibenden Fichten rascheres Wachstum der Kulturen erreichen.

5. Einfluß der Temperatur auf das Wachstum. Experimente in Klimakammern

Die bisherigen Versuchsergebnisse werfen einige Fragen auf:

1. Warum treiben die Pflanzen in hohen Lagen später aus?
2. Warum nimmt die Wachstumsintensität und damit der Zuwachs mit der Seehöhe ab?
3. Warum treiben die Klone in gleicher Seehöhe verschieden früh aus?
4. Warum unterscheiden sich Früh- und Spätreiber in ihrem Zuwachs?

Zur Klärung dieser Fragen haben wir Pflanzen einiger Klone in Klimakammern gebracht, in denen die Temperatur auf 6°, 12° bzw. 18°C konstant gehalten wurde. Die Kammern standen im Glashaus des Klimahauses am Patscherkofel und erhielten natürliches Tageslicht, jedoch keine Sonne (2 - 3 kLux). Die eingetopften Pflanzen wurden regelmäßig gegossen, die Luftfeuchtigkeit in den Kammern war durch die Wasserabgabe der Töpfe und Pflanzen stets sehr hoch. Alle 4 Tage wurde die Länge der Höhentriebe der Pflanzen gemessen und aus diesen Daten die Wachstumsraten (mm/4 Tage) berechnet.

Wie Abbildung 5 zeigt, trieben alle Klone in der wärmsten Kammer am frühesten, bei 12°C schon deutlich später und in der kältesten Kammer am spätesten aus. Das bestätigt den starken Einfluß der Wärme auf das Auftreiben der Fichtenknospen (MÜNCH 1923). Der im Freiland beobachtete Austriebsverzug in höheren Lagen beruht also in erster Linie auf der Temperaturabnahme mit der Seehöhe.

Einige Klone erreichten bei 18°C, andere bei 12°C die höchsten Wachstumsraten. Die mittlere Wachstumsintensität während der Streckungsphase war hingegen bei 18°C deutlich höher (im Mittel aller Klone 1,74 mm/d) als in 12°C (1,27 mm/d). Sie nahm bei 6°C stark ab und betrug nur mehr 0,51 mm/d. Diese Temperatur dürfte nur wenig über der Schwelle liegen, bei der das Wachstum einsetzt.

Ähnliche Temperaturoptima und -minima für das Wachstum junger Nadelhölzer werden auch in der Literatur angegeben. Nach AUSSENAC (1975) liegt die Temperaturschwelle für das Wachstum von Fichten bei 4,1°C. Nach BENECKE et al. (1978) setzt das Wachstum bei verschiedenen Coniferen über 5°C ein; für lebhaftes Wachstum muß die Temperatur mindestens 7 - 10°C betragen. Einjährige Fichtensämlinge hatten ein Temperaturoptimum des Höhenwachstums von 21°C, wobei das Wachstum zwischen 18 und 24°C nur wenig nachließ (HEIDE 1974). Sämlinge von *Pseudotsuga menziesii* und *Tsuga heterophylla* erzielten

Tabelle 3

Lufttemperatur (mittleres Tagesmittel) während der mittleren Streckungsperiode der Fichten entsprechend Abbildung 2 in 990 m (Meßstelle Matrei n.Br.) und 1950 m (Wetterstation Klimahaushaus Patscherkofel) in den Jahren 1975 und 1976 sowie mittlere Wachstumsintensität (mm/Tag) aller Klone während der Streckungszeit in vergleichbaren Höhenlagen (Versuchsfläche 1 in 850 m sowie 4 in 1900 m).

Versuchsfläche Nr.	1 850 m		4 1900 m	
	Höhenlage			
Versuchsjahr	1975	1976	1975	1976
Lufttemperatur während der Streckungszeit	13,5	14,5	10,7	13,8
Mittlere Wachstumsintensität mm/Tag	2,4	2,6	1,2	1,7

bei 18°C optimalen Zuwachs. Höhere (über 24°C) als auch niedrigere (unter 13°C) Temperaturen begrenzten bereits das Wachstum (BREX 1971).

Der geringe Höhenzuwachs in Hochlagen bzw. die niedrigen Wachstumsintensitäten (vgl. Abbildungen 1 und 3) beruhen also wenigstens zum Teil auf den dort tiefer liegenden Temperaturen. Dabei kommt es aber weniger auf die Temperaturen während der Streckungsphase an, die, wie Tabelle 3 zeigt, in Hoch- und Tieflagen überraschend ähnlich sind. Sie betragen im Jahre 1976 in 1900 m Seehöhe im Mittel nur um 0,7°C weniger als in 900 m, während der Höhenzuwachs nur etwas mehr als die Hälfte ausmachte. Der Hauptgrund liegt in der kurzen Zeit zur Bildung bzw. Ausreifung der Knospen.

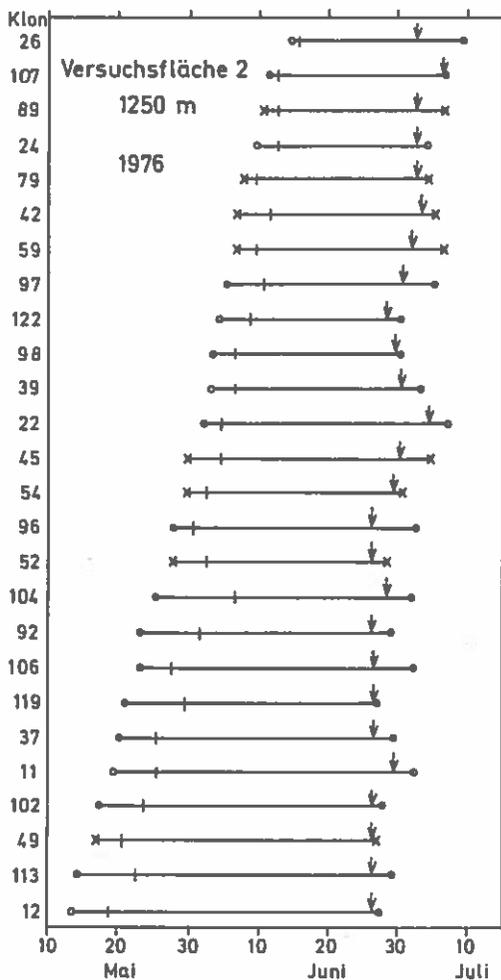


Abbildung 4: Zeitpunkt des Austreibens (←—), des Streckungsbeginns (—|—), der Endknospenbildung (↓) und des Wachstumsabschlusses (—→) der Endtriebe der einzelnen Fichtenklone auf der Versuchsfläche 2 in 1250 m Seehöhe im Jahre 1976. Die Klone sind nach ihrem Austriebstermin geordnet. (O) Tief-, (•) Normal-, (X) Hochlagenherkunft.

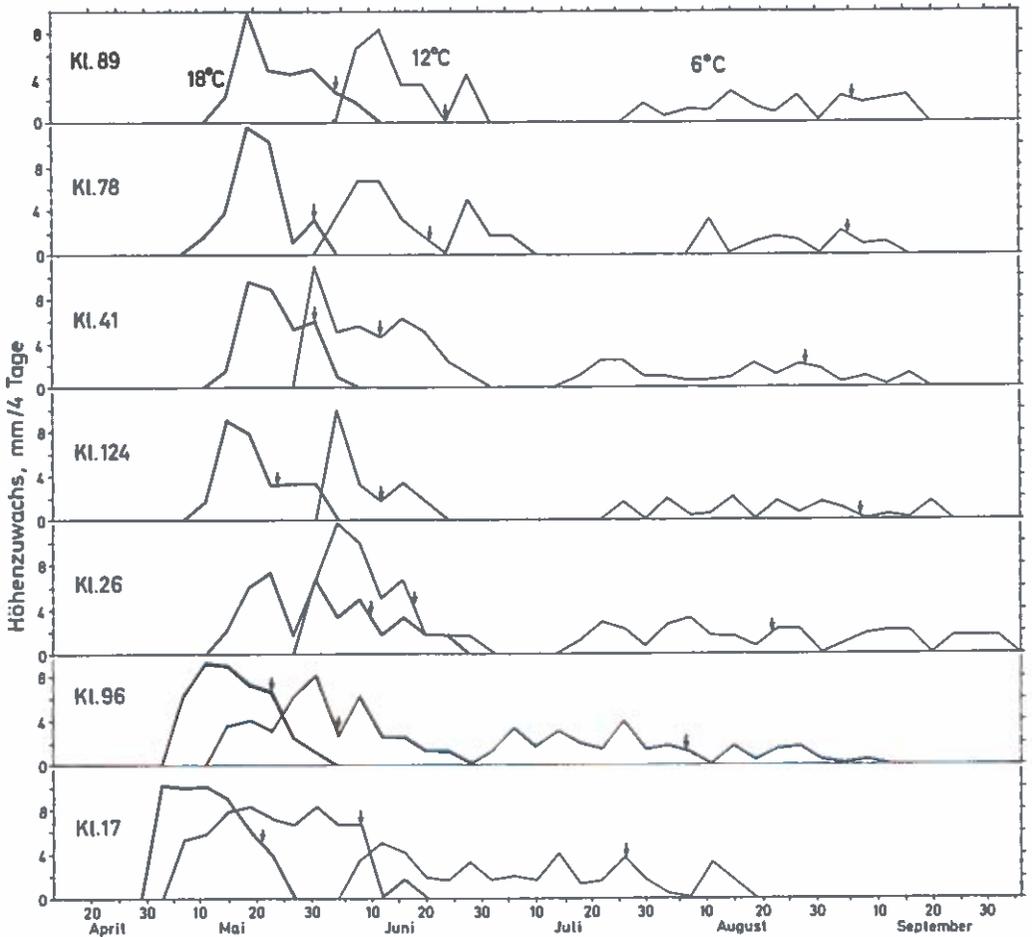


Abbildung 5: Verlauf des Höhenwachstums in mm/4 Tage von eingetopften Fichtenstecklingen einiger ausgewählter Klone in Klimakammern bei konstanter Temperatur von 18°, 12° bzw. 6°C und natürlichem diffusen Tageslicht. Alle Pflanzen hatten ihre Endknospen unter gleichen äußeren Bedingungen in 700 m entwickelt. Sie wurden vor dem Versuch kühl gehalten und kamen am 15.4.1976 in die Klimakammern. Der Zeitpunkt der Endknospenbildung ist durch einen Pfeil (↓) angegeben.

Aus Abbildung 5 geht weiter hervor, daß auch in den Klimakammern die einzelnen Klone verschieden rasch austrieben. Am frühesten begann der Klon 17, dessen Ausgangsbaum sich auch in Mariabrunn als extremer Frühtrieber erwies; am spätesten trieb der Klon 89 aus, der auch in Mariabrunn ein Spättreiber war. Frühtrieber benötigen also weniger Wärme, um zum Austreiben zu kommen als Spättreiber. Die unterschiedlichen Wärmeansprüche treten umso deutlicher in Erscheinung, je tiefer die Temperatur war, die auf die Pflanzen einwirkte. Die Verzögerung des Austreibens von den Früh- zu den Spättreibern nahm mit abnehmender Kammertemperatur immer mehr zu.

Die verschiedenen Wärmeansprüche der Klone (vgl. MOULALIS 1971) erklären demnach die höhere Wachstumsintensität der Frühtrieber in den kühlen Hochlagen und die höhere Wachstumsintensität der Spättreiber in den wärmeren Tieflagen.

6. Bedeutung der Knospenentwicklung für den Höhenzuwachs

Unter den in den Klimakammern gegebenen Bedingungen wurde das Höhenwachstum bei 6°C auffallend lange fortgesetzt (Abbildung 5), so daß der Höhenzuwachs bei einigen Klonen nur wenig hinter den bei höheren Temperaturen erzielten Werten zurückblieb. Das steht im Gegensatz zum Verhalten der Pflanzen in Hochlagen, wo nicht nur die Wachstumsintensität herabgesetzt, sondern auch die Streckungszeit verkürzt ist (vgl. Abschnitt 3). Für die Verkürzung der Streckungszeit in Hochlagen sind weniger frühzeitig einsetzende Fröste und ein früher Wintereinbruch maßgebend, sondern die geringe Größe der Sproßanlage in der vorjährigen Endknospe.

Mit dem Sichtbarwerden der Endknospe und kurze Zeit vor dem endgültigen Abschluß des Höhenwachstums beginnen sich nämlich in den Endknospen am Vegetationskegel die ersten Nadelanlagen für den nächstjährigen Trieb zu entwickeln (OWENS et al. 1977). Die Zahl dieser Anlagen, die man nach Freilegung des Vegetationskegels unter dem Stereomikroskop gut erkennen kann, nimmt dann rasch zu und erreicht am Ende der Vegetationszeit ihren höchsten Wert (UNTERHOLZNER 1978).

Wie eine Untersuchung von 3-jährigen Fichten einheitlicher Herkunft (Kitzbüchel 1200 m), die wir im Herbst 1975 in Tallage und an der Waldgrenze aufgestellt hatten, ergab, vollzog sich das Höhenwachstum 1976 an der Waldgrenze wie erwartet später als in Tallage. Zeitraum und Verlauf der Knospenentwicklung unterschieden sich in verschiedener Seehöhe sehr deutlich voneinander (Abbildung 6). In 700 m begann die Knospenentwicklung bereits Anfang Juli. Die Entwicklungsrate war sehr hoch und bereits Anfang September wurde der Höchstwert von durchschnittlich 116 Nadelanlagen je Knospe erreicht. In 1950 m begann die Knospenentwicklung erst Mitte August. Die Entwicklungsrate war bedeutend niedriger, die Zahl der Anlagen nahm jedoch bis zum Einsetzen von Frostwetter und Schneefällen Ende Oktober zu. Diese Gruppe erreichte im Mittel nur 44 Anlagen je Knospe.

Entsprechend den verschiedenen Anlagezahlen zeigten die am Talboden aufgestellten Pflanzen 1977 einen starken Höhenzuwachs von 129 mm, jene an der Waldgrenze nur einen von 14 mm.

Im Jahre 1976 war der Höhenzuwachs beider Gruppen hingegen annähernd gleich groß, weil sich bei beiden Gruppen 1975 die Knospenanlagen unter denselben günstigen Bedingungen der Tallage entwickelt hatten.

Diese Versuche zeigen, daß für den Höhenzuwachs die Bedingungen während der Streckungsperiode weniger maßgebend sind als die Bedingungen während der Knospenentwicklung in der zweiten Hälfte der vorübergehenden Vegetationsperiode. In Hochlagen ist die Situation für den Höhenzuwachs sehr ungünstig, weil die Knospenentwicklungsphase erst spät beginnt, dann wegen Wärmemangel nur langsam abläuft und in Jahren mit frühem Wintereinbruch auch klimabedingt frühzeitig zum Ende kommt.

Die für das Zustandekommen des Höhenzuwachses in verschiedener Seehöhe maßgebenden Zusammenhänge zwischen den Wärmeverhältnissen und den Entwicklungsvorgängen lassen sich folgendermaßen darstellen: In Tieflagen bilden sich in der Regel viele Nadelanlagen, weil die

Zeit während der Knospenentwicklung meist warm ist und ihre Länge vom Klima nicht begrenzt wird. Die Sproßanlage wächst im folgenden Jahr zum neuen Höhentrieb aus. Herrscht während der Streckungszeit warmes Wetter, kommt es zu einer hohen Wachstumsgeschwindigkeit und der Trieb ist in kurzer Zeit ausgewachsen. Herrscht kühles Wetter, ist die Wachstumsrate niedriger und es dauert länger, bis sich der Trieb entsprechend den Anlagen gestreckt hat. Dieser Fall war bei den Pflanzen in der Klimakammer mit 6°C gegeben.

In Hochlagen bilden sich nur wenige Anlagen, weil die Zeit während der Knospenentwicklung meist kühl und ihre Länge begrenzt ist. Die wenigen Anlagen sind während der Streckung in allen Fällen rasch ausgewachsen und ergeben einen nur kurzen Höhentrieb, insbesondere wenn es während der Streckungsperiode kalt ist.

Ungeklärt ist noch die Frage, ob sich Früh- und Spätreiber bzw. Hoch- und Tieflagenherkünfte in der Geschwindigkeit der Nadelanlagenbildung und in den Temperatursprüchen für die Knospenentwicklung unterscheiden (WORALL 1975). Nach POLLARD (1973, 1974) beendeten schwachwüchsige Provenienzen von *Picea glauca* die Bildung von Blattanlagen unter gleichen äußeren, günstigen Bedingungen früher als raschwüchsige Herkünfte. Jedenfalls bedeutet in Hochlagen ein verspäteter Abschluß des Streckungswachstums, wie er für Spätreiber typisch ist (vgl. Abschnitt 4a), einen Nachteil, weil die Zeit für die Bildung der Nadelanlagen dadurch weiter verkürzt wird.

7. Spätfrostgefährdung von Früh- und Spätreibern in Tief- und Hochlagen und oberhalb der Baumgrenze

Wie die forstliche Praxis zeigt, sind die neuen Triebe von Fichten in manchen Lagen durch Spätfröste gefährdet (MÜNCH 1923). Diese praktische Erfahrung wurde durch Frosthärteexperimente näher analysiert. Hierzu kamen Endtriebe von jungen Fichten zu verschiedenen Zeitpunkten in Tiefkühltruhen, in denen sie auf verschieden tiefe Temperaturen abgekühlt wurden. Anschließend wurden sie wieder vorsichtig aufgetaut und festgestellt, ob und in welchem Ausmaß sie durch den Frost geschädigt waren (PÜMPEL 1973).

Wie Abbildung 7 zeigt, erlitten ausgereifte Nadeln selbst in der sensibelsten Phase Ende April unter -5°C erste, unter -7°C ernsthaftere Schäden und starben bei -10°C ab. Demgegenüber erwiesen sich die neugebildeten, noch weichen Endtriebe als wesentlich empfindlicher; bei ihnen begannen die Schäden schon bei -2°C, bei -4°C war die Hälfte, bei -6°C das ganze Gewebe abgestorben.

Die Temperaturschwelle für eine merkliche Frostschädigung liegt also für die Neutriebe bei etwa -3°C. Ob ein Spätfrostschaden auftritt, hängt davon ab, ob im Gebiet während des Austreibens Fröste von unter -3°C auftreten. Wir können also das Frostrisiko von früh- und spätreibenden Fichtenklonen in Tief- und Hochlagen abschätzen, wenn wir ihre Streckungsperiode mit der Häufigkeit des Auftretens von Lufttemperaturen von unter -3°C vergleichen (Abb. 8).

Am Talboden in 900 m Höhe kommen Fröste unter -3°C bis in den Mai hinein vor. Frühreiber hatten zu dieser Zeit bereits ausgetrieben; sie sind also sehr gefährdet. Spätreiber streckten sich hingegen erst dann, wenn in dieser Höhenlage keine Fröste mehr auftreten (vgl. MÜNCH 1923).

An der Waldgrenze in 2045 m kommen Fröste unter -3°C bis Anfang Juni vor. In dieser Höhe trieben aber auch extrem frühreibende Klone so spät aus, daß sie wohl nur äußerst selten von diesen Frösten geschädigt werden. In hohen Lagen sind also Frühreiber weniger gefährdet als in tiefen Lagen. Man kann sie daher bei Aufforstungen an der Waldgrenze durchaus verwenden.

Nur 200 m höher, also unmittelbar ober der lokalen Baumgrenze am Patscherkofel gibt es überhaupt keinen längeren zusammenhängenden Zeitraum, in dem die Pflanzen vor Frösten unter -3°C sicher wären. Hier würden angepflanzte Fichten häufig Frostschäden während des Austriebes erleiden und daher schon aus diesem Grund nur kümmerlichen Wuchs erreichen.

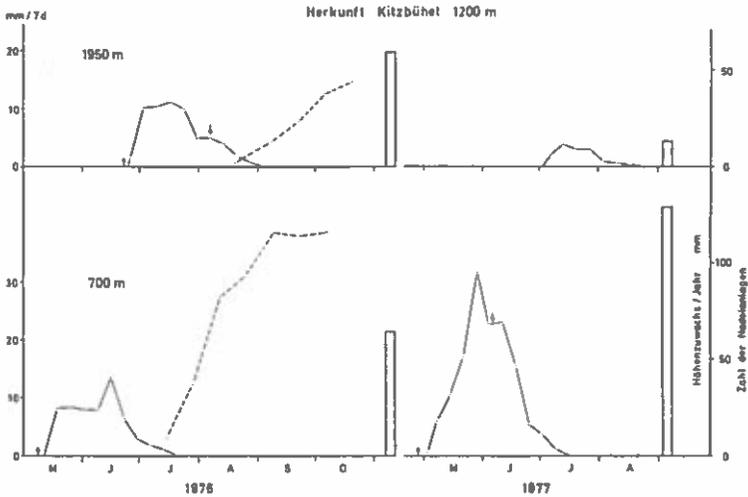


Abbildung 6: Verlauf und Summe des Höhenzuwachses von 3-jährigen Fichten einheitlicher Herkunft (Kitzbühel/Tirol 1200 m) in den Jahren 1976 und 1977 am Talboden (700 m) und an der Waldgrenze (1950 m) sowie Zunahme der Zahl der in der Endknospe angelegten Nadelanlagen im Jahre 1976. Die Pflanzen wurden im Frühjahr 1976 auf die Versuchsflächen gebracht, vorher standen sie unter gleichen Bedingungen; daher unterscheidet sich der Höhenzuwachs im Jahre 1976 nur wenig.

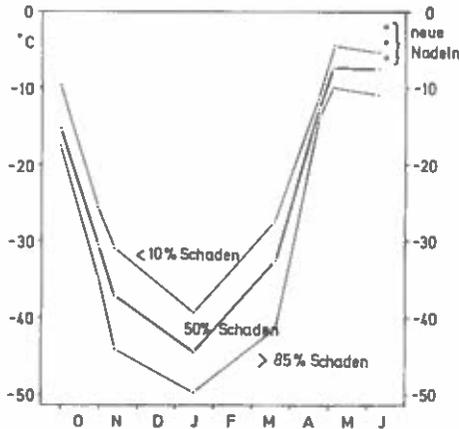


Abbildung 7: Frostresistenz der letztjährigen Nadeln von 4-jährigen Fichtensämlingen im Winter 1970/71 und der neuen Nadeln nach dem Austreiben im Jahre 1971. Bestimmt wurde die Temperatur, bei der die Nadeln erste Frostschäden zeigten (< 10 % Schaden), zur Hälfte erfroren waren (Resistenzwert, 50 % Schaden) und fast gänzlich abstarben (> 85 % Schaden). Die Pflanzen überwinterten in der Nähe von Innsbruck im Freien. Aus PÜMPSEL, GÖBL und TRANQUILLINI (1975).

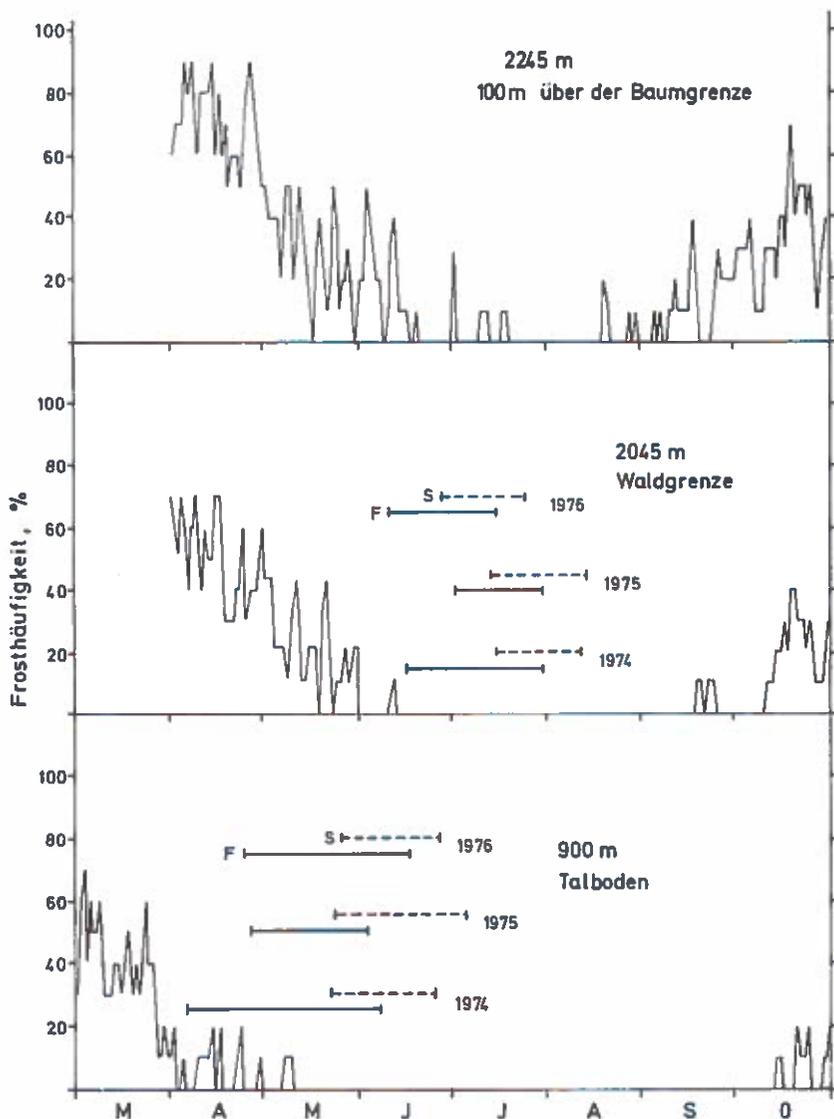


Abbildung 8: Häufigkeit des Auftretens von Temperaturen $< -30^{\circ}\text{C}$ an den einzelnen Tagen während der Vegetationszeit im Durchschnitt von 10 Jahren nach Daten der Wetterstation Rinn (900 m), Patscherkofel Klimahaus (2045 m) und Patscherkofel Gipfel (2245 m). Vergleichsweise dazu ist die Zeitspanne eingetragen, in der sich die Endtriebe von Fichtenstecklingen von extrem früh (F) und spät (S) austreibenden Klonen in den entsprechenden Höhenlagen in den Jahren 1974 - 1976 streckten und daher besonders frostempfindlich sind (vgl. Abbildung 7). In 2245 m Seehöhe kommen keine autochthonen Fichten mehr vor; angepflanzte Fichten würden in dieser Höhe während des Austreibens regelmäßige Frostschäden erleiden.

8. Cuticulärer Verdunstungsschutz von verschiedenen Klonen

Wie man heute weiß, benötigen Nadeln und Triebe von Bäumen einen hinreichenden Verdunstungsschutz, um die kritische Zeit im Spätwinter schadlos zu überstehen, in der die Organe mehr Wasser verlieren, als sie aus dem Boden aufnehmen und in den Achsen nachleiten können. Die Ausbildung eines solchen Verdunstungsschutzes erfolgt durch die Cutinisierung der Nadel- und Sproßaußenhaut, die dadurch gegenüber Wasserdampf undurchlässiger wird. Dieser Prozess erfordert eine gewisse Zeit und läuft bei kühler Witterung langsamer ab als bei warmem Wetter. Nachdem die Temperatur mit der Seehöhe abnimmt und die Zeit zwischen dem Ende der Streckungsperiode und dem Wintereinbruch, die für die Ausbildung der Cuticularschichten in Frage kommt, ebenfalls rasch abnimmt, nimmt auch der Diffusionswiderstand der Cuticularschichten mit der Seehöhe ab und die cuticuläre Transpiration zu. Ab einer gewissen Seehöhe wird die Durchlässigkeit der Außenhaut so groß, daß es im Spätwinter, wenn die Verdunstungsansprüche maximal sind, regelmäßig zu irreversiblen Austrocknungsschäden an den benadelten und unbenadelten Endtrieben der Bäume kommt, welche eine normale Weiterentwicklung der Bäume schließlich unmöglich machen (TRANQUILLINI 1976).

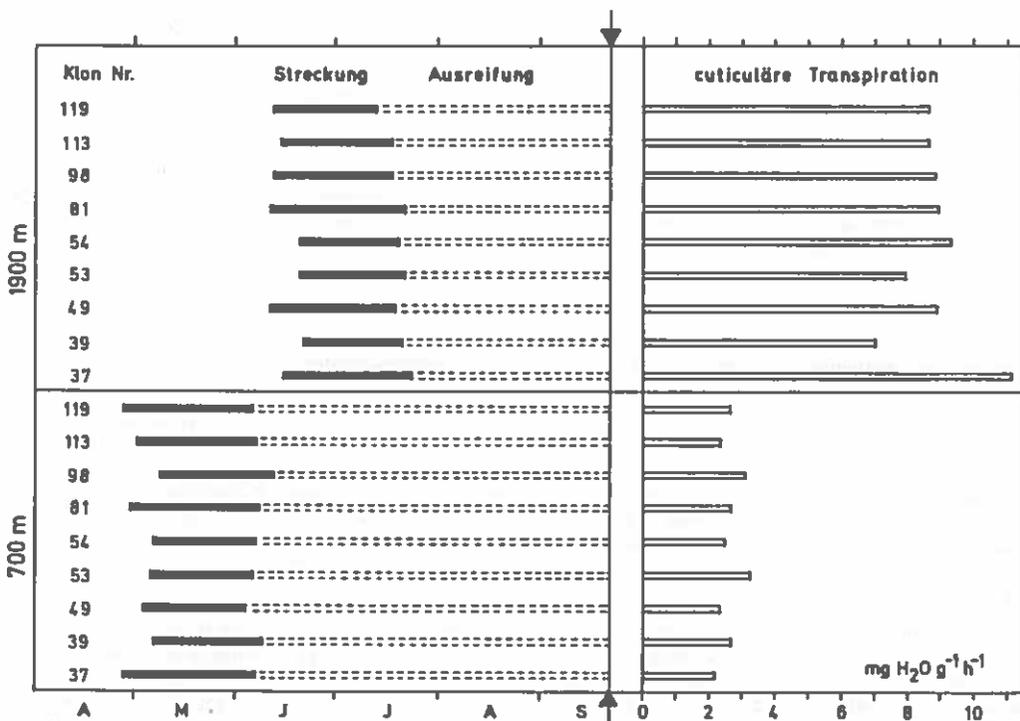


Abbildung 9: Zeitraum der Streckung der Höhentriebe einiger ausgewählter Fichtenklone in 700 m und 1900 m Seehöhe im Jahre 1976 und Zeitspanne, die ihnen vom Ende des Höhenwachstums bis zum 21. September zur Ausreifung der neuen Triebe und Nadeln zur Verfügung stand. An diesem Tag (↓) wurden die Endtriebe abgeschnitten und in einer Klimakammer ihre cuticuläre Transpiration ($\text{mg g}^{-1} \text{h}^{-1}$) bei standardisierten Bedingungen gemessen. Zwischen der Länge der Ausreifungszeit und der Wasserdurchlässigkeit der Nadeloberfläche besteht ein enger Zusammenhang. Innerhalb der Klonreihe gibt es jedoch Abweichungen von dieser Regel.

Für die Praxis der Hochlagenaufforstung ist nun die Frage wichtig, ob sich verschiedene, z.B. besonders früh oder spät treibende Klone unter denselben Standortbedingungen in der Durchlässigkeit ihrer Cutinschichten voneinander unterscheiden. Zur Beurteilung dieser Frage haben wir das cuticuläre Transpirationsvermögen einiger Klone bei Standardbedingungen in einer Klimakammer getestet. Es kamen jeweils Pflanzen zur Untersuchung, denen in 700 m und 1950 m Seehöhe verschieden lange Zeit zur Entwicklung des Abschlußgewebes der Endtriebe zur Verfügung gestanden hatte (OBERARZBACHER 1977).

Wie Abbildung 9 zeigt, schlossen die in 700 m aufgestellten Pflanzen ihren Höhentrieb in der ersten Junihälfte ab, in 1950 m hingegen erst in der zweiten Julihälfte. Die Zeitspanne für die Ausreifung der neuen Triebe, d.i. vom Ende des Streckungswachstums bis zum Beginn des Experimentes am 21. September, betrug daher je nach Klon in Tieflage 102 - 110 Tage, in Hochlage nur 60 - 71 Tage. Entsprechend der verkürzten Ausreifungszeit verloren die Pflanzen in Hochlagen durch die Cuticula rund dreimal so viel Wasser als jene in Tieflagen. Sie trockneten also bei gleichen Verdunstungsbedingungen auch etwa dreimal so schnell aus.

Demgegenüber unterschieden sich sowohl Ausreifungszeit als auch cuticuläre Transpiration der einzelnen Klone in gleicher Höhenlage bedeutend weniger stark voneinander. Es dürfte jedoch kein Zufall sein, daß gerade der Klon 37, der in 1950 m die Streckungsphase am spätesten abschloß und daher am wenigsten Zeit hatte, die Cuticularschichten der Nadeln auszubilden (60 Tage) die höchste cuticuläre Transpiration aufwies.

Daß für die Dichtheit der Cuticula aber nicht nur die Ausreifungszeit eine Rolle spielt, sondern vielleicht auch klonspezifische Stoffwechselfvorgänge, zeigt die geringe cuticuläre Wasserabgabe des Klons 39, der zur Cutinisierung der Epidermis nur 3 Tage mehr Zeit hatte als der stark transpirierende Geschwisterklon 37. Die Verwendung von Frühtreibern bei Hochlagenaufforstungen dürfte also nicht ausnahmslos einen besseren Verdunstungsschutz garantieren. Man muß allerdings berücksichtigen, daß bei diesen Experimenten gerade extrem früh- und spätreibende Klone wegen Pflanzenmangel nicht verwendet werden konnten.

SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE PRAXIS DER HOCHLAGENAUFFORSTUNG

Bei Aufforstungen mit Fichten in hohen Lagen muß man mit einer erheblichen Einschränkung des Höhenwachstums der jungen Pflanzen rechnen, auch wenn man unterhalb der klimatischen Ausbreitungsgrenze dieser Holzart bleibt. Diese Abnahme des Höhenzuwachses in hohen Lagen beruht weniger auf einer Verkürzung der Streckungsdauer der Endtriebe - sie treiben zwar viel später aus als in tiefen Lagen, doch ist die Streckungszeit bei der Fichte im allgemeinen so kurz, daß sie auch in höchsten Lagen kaum vom Einsetzen der kalten Herbstwitterung dauernd begrenzt wird - als vielmehr darauf, daß diese Endtriebe langsamer wachsen.

Das langsame Wachstum der Fichten in Hochlagen und damit der geringe Höhenzuwachs läßt sich auf zwei Faktoren zurückführen: Einmal begrenzt die niedrige Temperatur während der Streckungszeit die Wachstumsintensität unmittelbar. Wie unsere Experimente in Klimakammern zeigen, nimmt die Wachstumsintensität schon zwischen 18 und 12°C deutlich ab und liegt bei 6°C nur wenig über der Temperaturschwelle des Wachstums. Zum anderen hängt der Höhenzuwachs auch stark von der Zahl der in der vorjährigen Endknospe gebildeten Nadelanlagen ab. Diese Zahl verringert sich mit der Zeitspanne, die für die Knospenentwicklung zur Verfügung steht: sie ist in Hochlagen bedeutend kürzer, weil dort das Höhenwachstum später abläuft und außerdem der Winter früher einsetzt und damit diese Entwicklung zum Stillstand bringt.

Bei unseren Versuchen über das Höhenwachstum junger Fichten in verschiedener Seehöhe haben wir eine größere Zahl von verschiedenen Klonen österreichischer Herkunft (Höllengebirge, Seetaler Alpen) verwendet, die sich überraschend stark in ihren Eigenschaften voneinander unterscheiden. Besonders auffallend waren die Unterschiede im Austriebstermin, die im Erb-

gefüge der Klone fest verankert sind. Weil dieses Merkmal leicht zu erkennen ist und man auch Pflanzen darnach auswählen kann, haben wir unser Augenmerk besonders auf die Untersuchung der Wachstumsunterschiede von früh- und spätreibenden Klonen gerichtet.

Frühtreiber benötigen eine geringere Wärmesumme, um im Frühjahr auszutreiben. Sie wachsen bei niedrigen Temperaturen in Hochlagen auch besser als die wärmebedürftigen Spätreiber. Sie haben eine längere Streckungsdauer, schließen das Wachstum aber doch etwas früher ab als die Spätreiber. Schon ROHMEDEK (1952) hat gefunden, daß Frühtreiber ihr Höhenwachstum um 10 Tage früher beenden als Spätreiber. Sie haben daher eine längere Zeit für die Knospenentwicklung und für die Ausreifung der Neutriebe zur Verfügung. Ersteres fördert den Höhenzuwachs, zweites erhöht den cuticularen Verdunstungsschutz und damit die Frosttrockenresistenz im Winter. Frühtreiber sind außerdem in Hochlagen gegenüber Spätfrösten weniger stark gefährdet als in Tiefelagen, weil sie in Hochlagen erst dann austreiben, wenn die für die Neutriebe gefährlichen Fröste von unter -3°C im wesentlichen vorüber sind.

Die genannten Eigenschaften lassen die Frühtreiber für Hochlagenaufforstungen besonders gut geeignet erscheinen. Ihre Verwendung ist daher mindestens in Höhenlagen über 1600 m zu empfehlen.

Es wird noch zu prüfen sein, ob bei reinen Hochlagenprovenienzen der Fichte Frühtreiber vorherrschen; sie müßten sich aufgrund ihrer besseren Eignung in hohen Lagen im Laufe der Zeit durch Auslese angereichert haben (RUBNER 1960, S.132, MÜNCH 1923, NÄGELI 1931). Eine diesbezügliche Untersuchung mit verschiedenen österreichischen Hoch- und Tieflagenherkünften der Fichte ist bei uns gerade im Gange.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Jahre 1973 wurden 3-jährige Stecklingspflanzen von 51 Fichtenklonen im Wipptal (Tirol) in 4 verschiedenen Höhenlagen (850, 1250, 1600 und 1900 m) ausgepflanzt. Der Höhenzuwachs in den folgenden Jahren (1974 - 1977) war in 1250 m Seehöhe am größten. An der Waldgrenze in 1900 m betrug er nur 1/5 des Höchstwertes. Die Abnahme des Zuwachses mit der Seehöhe beruhte weniger auf einer Verkürzung der Streckungsdauer als vielmehr auf einer Verringerung der Wachstumsraten der Höhentriebe.

Die Klone unterschieden sich auffallend im Zeitpunkt ihres Austreibens. Wie Versuche in Klimakammern bei konstanten Temperaturen von 6° , 12° und 18°C zeigten, beruht der verschiedene Austriebszeitpunkt der Klone auf ihren unterschiedlichen Wärmeansprüchen, die genetisch festgelegt sind.

Die Zuwachsleistung der Pflanzen in Hochlagen wird durch Wärmemangel begrenzt. Bei niedrigen Temperaturen können sich während der Knospenentwicklung nur wenige Nadelanlagen ausbilden, die dann einen sehr kurzen Höhentrieb ergeben. Frühtreibende Klone hatten an der Waldgrenze infolge ihrer geringeren Wärmeansprüche einen besseren Zuwachs als spätreibende Klone. Sie sind durch Spätfröste kaum gefährdet, weil in Hochlagen Frühtreiber erst dann austreiben, wenn gefährliche Fröste von unter -3°C nur mehr sehr selten auftreten.

Frühtreiber schließen ihr Höhenwachstum auch früher ab als Spätreiber; sie haben daher für die Ausreifung der neuen Triebe mehr Zeit zur Verfügung und können einen wirksameren cuticulären Verdunstungsschutz ausbilden.

Bei Aufforstungen in Lagen über 1600 m ist daher die Verwendung von frühtreibenden Fichten oder Provenienzen, in denen Frühtreiber dominieren, zu empfehlen.

Schlüsselwörter: Früh-, Spätreiber, Wachstumstemperaturen, Knospenentwicklung, Hochlagenaufforstung.

SUMMARY

Differences in Height Growth of Clones of Norway Spruce (*Picea abies* (L. Karst.) at Various Altitudes

In 1973 three-year-old cuttings from 51 clones of spruce were planted at four different altitudes (850, 1250, 1600 and 1900 m) in the Wipp valley (Tyrol). In the following years (1974-1977) height growth was greatest at 1250 m above sea-level, while the value at the timber-line at 1900 m was only 1/5 of the maximum. The reduction in growth with increasing altitude depended not so much on a curtailment of the period of extension growth as on a drop in the growth rates of the leaders. There were striking differences in the flushing times of the various clones. As experiments in growth cabinets at constant temperatures of 6°, 12° and 18°C indicated, the differences in the clones flushing times are related to their different heat requirements, which are genetically fixed. The growth rates of plants at high altitudes are restricted by the lack of warmth. At low temperatures during bud formation only few needle primordia can develop, and this results in short leaders. The superior growth performance of early-flushing clones on the timber-line in comparison with late-flushing clones is explained by the lower heat requirements of the former. Nor are they threatened significantly by late frosts, since early flushers at high altitudes only start their growth period when dangerous frosts of -3°C and lower rarely occur.

Early-flushing plants also complete their height growth before late-flushing plants. They therefore have more time for the new growth to mature and can develop more effective cuticular protection against transpiration.

For afforestation at altitudes above 1000 m, the use of early-flushing spruce or provenances in which early flushers dominate is therefore to be recommended.

Keywords: Flushing time, growth temperatures, bud formation, reafforestation at high altitude.

LITERATUR

- AUSSENAC G., 1975: Etude de la croissance en hauteur chez quelques résineux. Effet de la température. Ann.Sci.forest. 32, 1 - 6.
- BENECKE U., BAKER G., McCracken I.J., 1978: Tree growth in the Craigieburn range. In: Revegetation in the rehabilitation of mountain lands, New Zealand Forest Service Publication, F.R.I. Symposium Nr.16, 77 - 98.
- BRIX H., 1971: Growth response of western hemlock and Douglas-fir seedlings to temperature regime during day and night. Can.J. Bot. 49, 289 - 294.
- DONAUBAUER E., 1963: Über die Schneeschütte (*Phacidium infestans* Karst.)-Krankheit der Zirbe (*Pinus cembra* L.) und einige Begleitpilze. Mitt.Forstl.Bundesvers.Anst. Mariabrunn 60, 575 - 600.
- HAVRANEK W., 1975: Wasserhaushalt und Zuwachs von Fichten nach Versetzung zu verschiedenen Jahreszeiten. Cbl.f.d.ges.Forstwesen 92, 9 - 25.
- HEIDE O.M., 1974: Growth and dormancy in Norway Spruce ecotypes (*Picea abies*). I. Interaction of photoperiod and temperature. Physiol.Plant. 30, 1 - 12.
- HOLZER K., 1966: Die Vererbung von physiologischen und morphologischen Eigenschaften der Fichte. I. Sämlingsuntersuchungen. Mitt.Forstl.Bundesvers.Anst.Mariabrunn 71, 186 p.
- HOLZER K., 1967: Das Wachstum des Baumes in seiner Anpassung an zunehmende Seehöhe. Mitt.Forstl.Bundesvers.Anst.Mariabrunn 75, 427 - 456.
- HOLZER K., 1972: Pflanzgutbeschaffung von Fichte (*Picea abies*) für Hochlagen durch Stecklingsvermehrung. Mitt.Forstl.Bundesvers.Anst. Wien 96, 61 - 73.
- HOLZER K., 1974: The use of cuttings of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in phenological research. N.Z.J.For.Sci. 4, 433 - 439.

- LECHNER F., HOLZER K., TRANQUILLINI W., 1977: Über Austrieb und Zuwachs von Fichtenklonen in verschiedener Seehöhe. *Silv.Gen.* 26, 33 - 41.
- MOULALIS D., 1971: Untersuchungen über das Austriebsverhalten der Baumart Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) in Bayern und die Züchtung auf Spätfrost-Resistenz. Dissertation Univ. München, 149 p.
- MÜNCH E., 1923: Die Knospenentfaltung der Fichte und die Spätfrostgefahr. *Allg. Forst- u. Jagdztg.* 99, 241 - 265.
- MÜNCH E., 1928: Weitere Untersuchungen über Früh- und Spätfichten. *Z. Forst- u. Jagdwes.* 9, 129 - 177.
- NÄGELI W., 1931: Einfluß der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. IV. Die Fichte. *Mitt. Schweiz. Centralanst. Forstl. Versuchswesen* 17, 150-237.
- OBERARZBACHER P., 1977: Beiträge zur physiologischen Analyse des Höhenzuwachses von verschiedenen Fichtenklonen entlang eines Höhenprofils im Wipptal (Tirol) und in Klimakammern. Dissertation Univ. Innsbruck, 165 p.
- OWENS J. N., MOLDER M., LANGER H., 1977: Bud development in *Picea glauca*. I. Annual growth cycle of vegetative buds and shoot elongation as they relate to date and temperature sums. *Can. J. Bot.* 55, 2728 - 2745.
- POLLARD D. F. W., 1973: Provenance variation in phenology of needle initiation in White Spruce. *Can. J. For. Res.* 3, 589 - 593.
- POLLARD D. F. W., 1974: Bud morphogenesis of white spruce *Picea glauca* seedlings in a uniform environment. *Can. J. Bot.* 52, 1569 - 1571.
- POLLARD D. F. W., LOGAN K. T., 1977: The effects of light intensity, photoperiod, soil moisture potential and temperature on bud morphogenesis in *Picea* species. *Can. J. For. Res.* 7, 415 - 421.
- PÜMPEL B., 1973: Über die Auswirkungen von Düngung und Mykorrhiza-Impfung auf Wachstum, Entwicklung, Mykorrhizabildung und Frostresistenz junger Fichten und Zirben. Dissertation Univ. Innsbruck, 158 p.
- PÜMPEL B., GÖBL F., TRANQUILLINI W., 1975: Wachstum, Mykorrhiza und Frostresistenz von Fichtenjungpflanzen bei Düngung mit verschiedenen Stickstoffgaben. *Europ. J. For. Path.* 5, 83 - 97.
- ROHMEDER E., 1952: Der jahreszeitliche Verlauf des Höhenwachstums früh- und spätreifender Fichten. *Forstwiss. Cbl.* 71, 369 - 372.
- ROHMEDER E., 1972: Das Saatgut in der Forstwirtschaft. Parey-Verlag, Hamburg - Berlin, 273 p.
- RUBNER K., 1960: Die pflanzengeographischen Grundlagen des Waldbaues. 5. Aufl. Neumann Verlag, Radebeul - Berlin, 620 p.
- SAUER A., KLEINSCHMIT J., LUNDERSTÄDT J., 1973: Charakterisierung von Fichtenklonen (*Picea abies* (L.) Karst.) mit Hilfe morphologischer, physiologischer und biochemischer Methoden. *Silv. Gen.* 22, 173 - 182.
- SCHMIDT - VOGT H., 1977: Die Fichte. I. Taxonomie, Verbreitung, Morphologie, Ökologie, Waldgesellschaften. Parey Verlag, Hamburg - Berlin, 647 p.
- TRANQUILLINI W., 1976: Water relations and alpine timberline. In: Water and plant life. *Ecol. Studies* 19. Lange, O. L., Kappen L., Schulze E. D. (Hsg.). Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 473 - 491.
- UNTERHOLZNER L., 1978: Höhenzuwachs und Knospenentwicklung bei verschiedenen österreichischen Fichtenherkünften mit besonderer Berücksichtigung der Ausreifungsvorgänge. Dissertation Univ. Innsbruck (im Druck).
- WORALL J., 1975: Provenance and clonal variation in phenology and wood properties of Norway Spruce. *Silv. Gen.* 24, 2 - 5.

RUMELISCHE KIEFER (*Pinus peuce* Griseb.) UND ZIRBE (*Pinus cembra* L.)

Ein Pflanzvergleich in der subalpinen Stufe Tirols

Roland STERN und Peter ZWARGER

EINLEITUNG

Die Außenstelle für subalpine Waldforschung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt hat auch Untersuchungen über die Eignung von Baumarten für Aufforstungen in der subalpinen Stufe durchzuführen. Ein Teil solcher Versuche wird empirisch mit Hilfe von Vergleichspflanzungen im Freiland verfolgt. Dabei soll auch versucht werden, die Zahl von Baumarten, welche für Hochlagenaufforstungen verwendet werden könnten zu erhöhen. Bei fremdländischen Hölzern ist die Einschränkung auf europäische Gebirgsbaumarten zunächst notwendig und sinnvoll. Eine Empfehlung zur Verwendung in der Praxis darf erst dann verabschiedet werden, wenn Eigenschaften nachgewiesen werden können, die dem ortsständigen, autochthonen Material genügend ähnlich sind.

Die Anlage des Vergleichsversuches erfolgte im Rahmen eines Projektes für Hochlagenaufforstung der BFI Steinach/Br., welche die Ausführung in praxi besorgte. Dafür sei dem Leiter der BFI, Herrn Dipl. Ing. Hubert Rieder herzlich gedankt. Dank gilt auch unserem Mitarbeiter an der Außenstelle, Herrn Ing. J. Plattner, der die notwendige statistische Berechnung durchführte.

ÜBERSICHT

In den Alpen werden die Obergrenzen aufrechten Baumwuchses (= Wald- und Baumgrenze); unter regionalen und lokalen Unterschieden von Artenmischung oder Einschränkung auf nur eine Baumart (SCHIECHTL, 1967); im wesentlichen von drei Koniferen gebildet. Es sind dies Fichte (*Picea abies*), Lärche (*Larix decidua*) und Zirbe (*Pinus cembra*). Dazu kommt noch, bei steigender Bedeutung von den westlichen Ostalpen (Schweizer Nationalpark/Ofenpaßgebiet) über die Westalpen (z. B. Briançonne bis in die Pyrenäen; die Spirke (*Pinus uncinata*), welche früher in den gesamten Ostalpen sicher weiter verbreitet war.

In den südöstlichen Balkangebirgen finden wir als höchststeigende Baumarten, abgesehen von den in Griechenland heimischen Tannenarten, zwei Nadelhölzer. Dies sind die Panzerkiefer (*Pinus leucodermis* Ant.) und die Rumelische Kiefer (*Pinus peuce* Griseb.), wobei die letztgenannte ein streng balkanischer Endemit ist (FUKAREK, 1975). Als Endemiten bezeichnen MEUSEL et al., 1965, solche Arten, deren Verbreitung auf eine Florenprovinz oder auf benachbarte Teile einiger Florenprovinzen beschränkt bleibt.

Pinus peuce (Rumelische Strobe, Rumelische Kiefer, Molikaföhre oder Muraföhre) ist die einzige in Europa beheimatete Art aus der *Pinus*-Sektion *Strobi*, die noch im Tertiär über die Nordhemisphäre hinweg verbreitet war. Durch Klimaverschlechterung während der Perioden pleistozäner Vereisung erloschen auch in Südosteuropa viele tertiäre Waldgebiete oder wurden bis auf Reliktvorkommen verkleinert. Sämtliche Gebirge, in denen heute *Pinus peuce* siedelt (= Region der albanisch-montenegrisch-mazedonisch-griechischen Berge; Rhodopen, Rila- und Pirinengebirge in Bulgarien), trugen pleistozäne Eismassen (WOLDSTEDT, 1958), die Schneegrenzen lagen um rund 1.000 m tiefer. Im Postglazial erfolgte die Wiedereroberung des Areal von lokalklimatisch begünstigten Refugien her, aus welchen *Pinus peuce* von konkurrenzkräftigeren Arten wie Fichte, Tanne, Buche in die hochmontanen und subalpinen Lagen wieder verdrängt wurde. *Pinus peuce* ist somit ein Tertiärrelikt (HORVAT et al., 1974:554). Heute besiedelt *Pinus peuce* ein relativ enges Areal ausschließlich in Gebirgen der Balkanhalbinsel und liegt sowohl vom Verbreitungsgebiet der phylogenetisch nahverwandten *Pinus strobus*

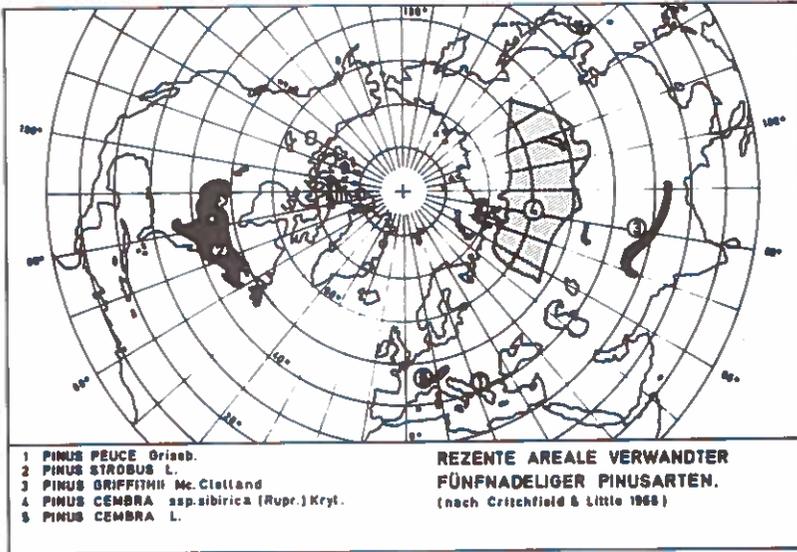


Abb.1: Rezente Areale verwandter fünfnadeliger Pinusarten.

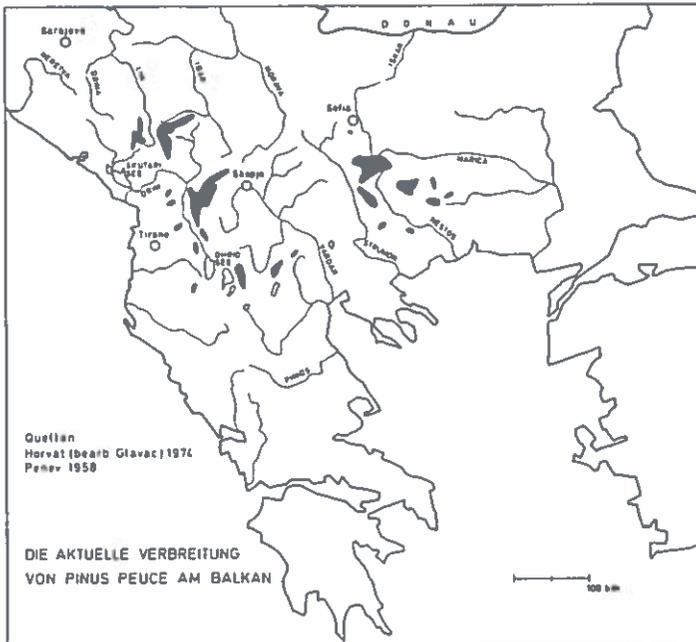


Abb.2: Aktuelle Verbreitung von *Pinus peuce* am Balkan.

(Weymouthskiefer) im Osten von Nordamerika, als auch von jenem der morphologisch sehr ähnlichen *Pinus griffithii* im Himalaja sehr weit entfernt (Abb. 1 und 2); alle drei Baumarten sind fünfnadelig.

Ebenso wie *Pinus peuce* am Balkan hat wohl auch *Pinus cembra* die während der Eiszeit in den Alpen und Karpaten verlorenen Areale von überdauernden ökologischen Nischen aus, bzw. vom damals tundraähnlichen Vorland südlich des alpino-karpatischen Bogens her wiedererobert.

Wie die Zirbe stockt auch die Rumelische Kiefer überwiegend auf eher schwach sauren Böden aus silikatischen Kristallingesteinen. Die hygri-sche Kontinentalität (= tg° des Quotienten aus Seehöhe in m : Jahresniederschlag in mm) in den Verbreitungsgebieten der Rumelischen Kiefer liegt zwischen $50^\circ - 62^\circ$, also unter den Werten von 60° bis über 70° aus den Hauptsiedlungsgebieten der Zirbe in den Alpen (GAMS, 1932:190). Die Regionalklimate im Areal von *Pinus peuce* sind also feuchter als jene mit *Pinus cembra* in den Alpen. Schneemengen und Schneedeckenandauer können mit den inneralpinen Verhältnissen im Zirbenwuchsgebiet verglichen werden.

Das natürliche, der Konkurrenz-kraft der Baumarten entsprechende, Höhenstufenschema führt von Bu-Ta, bzw. Ta-Bu-Wald über Tannen-Fichtenwald und Fichten-Molikaföhrenwald oder Tannen-Molikaföhrenwald zum reinen Molikaföhrenwald. Darüber folgt meist noch Legföhrenkrummholz (*Pinetum mugii*). Die Untergrenze der Molikaföhre (*Pinus peuce*) liegt durchschnittlich bei 1600 m Seehöhe, die Obergrenzen verlaufen zwischen 2000 - 2200 m Seehöhe. EM, 1970, berichtet über die spontane Eroberung von entwaldetem Gelände durch *Pinus peuce* aus den Pelister Bergen östlich des Ochridsees sogar bis hinab in die Eichenstufe gegen 1200 m Seehöhe.

Den alpinen Rhododendren entsprechende, hochwüchsige Zwergsträucher sind selten oder fehlen in Südosteuropa. Neben *Vaccinien*, *Juniperus* und *Calluna* findet dort in den Gebirgen die niedere, der Besenheide ähnliche *Bruckenthalia spiculifolia* weite Verbreitung. Häufig bis überwiegend bilden geschlossene Rasen und Grasheiden die Vegetation sowohl unter offenen Baumbeständen als auch im waldfreien Gelände in und über der Molikaföhren-Stufe. Geschlossene Bestände von Molikaföhre sind, wie häufig auch dichte Zirbenwälder Nudumtypen (SCHIECHTL und STERN, 1975) mit glatter Nadelstreu-Bodendecke.

Das Tausendkorngewicht bei der Molikaföhre liegt um 35 ± 4 g (60 % Gewichtsanteil davon in der Samenschale!) und ist am ehesten mit dem von Schwarzkiefer (*Pinus nigra* Arnold) zu vergleichen. Die Zirbennüsse sind im Vergleich dazu 7 - 8fach schwerer. Die natürliche Verjüngung durch schwere, jedoch flugfähige Samen verläuft bei Molikaföhre auf allen Standorten vom Schrofengelände bis zu dichten Rasen sehr progressiv. Die Ausfälle durch tierische oder pflanzliche Schädlinge scheinen gering zu sein. So wurden z. B. Pilzschäden, die mit den von allen Gebirgsforstleuten gefürchteten *Phacidium infestans* Epidemien verglichen werden könnten, bei den Bereisungen von R. Stern nicht beobachtet, ebensowenig wurde von den örtlichen Forstdiensten über ähnliche Probleme berichtet. Zirbe und Molikaföhre zeigen, sowohl im Jugendstadium als auch bei Altbäumen, einander sehr ähnlichen Habitus. Besonders bei Jungbäumen ist gut zu beobachten, daß die einjährigen Triebe von Molikaföhre kahl sind und intensiv hellgrün glänzen. Dieses Merkmal unterscheidet sie deutlich von der Zirbe mit ihren filzigen Jungtrieben. Außerdem besitzen die Nadelrücken bei Zirbe keine Stomalinien, während die Nadeln von der Molikaföhre beiderseits Stomalinien aufweisen (KRÜSSMANN, 1972: 248-249). Jungbäume bilden spitz-schmalkegelige, lichte Kronen aus, in geschlossenen Beständen zeigt das Altholz der Molikaföhre eher walzenförmige bis schmalkegelige Kronenformen; freistehende Bäume der Molikaföhre behalten die Kegelform eher bei als die Zirbe, welche häufig Kugelkronen bildet.

Die Molikaföhre ist wie die Zirbe fähig bis zur Waldgrenze geschlossene Bestände aufzubauen, solche von Molikaföhre sind jedoch massereicher. So konnten im Piringebirge in den Forstbezirken Bansko und Razlog autochthone Reservatsbestände (z. B. Malka Djindjeritsa) bis an die Waldgrenze bei 2100 m Seehöhe durch R. Stern studiert werden. Die 250 Jahre alten Wälder mit Baumhöhen von 30 - 40 m enthalten bis zu 1.800 fm Derbholzmasse/ha, die Baum-schäfte sind durchwegs gerade und vollholzig, der Astholzanteil ist dementsprechend gering.

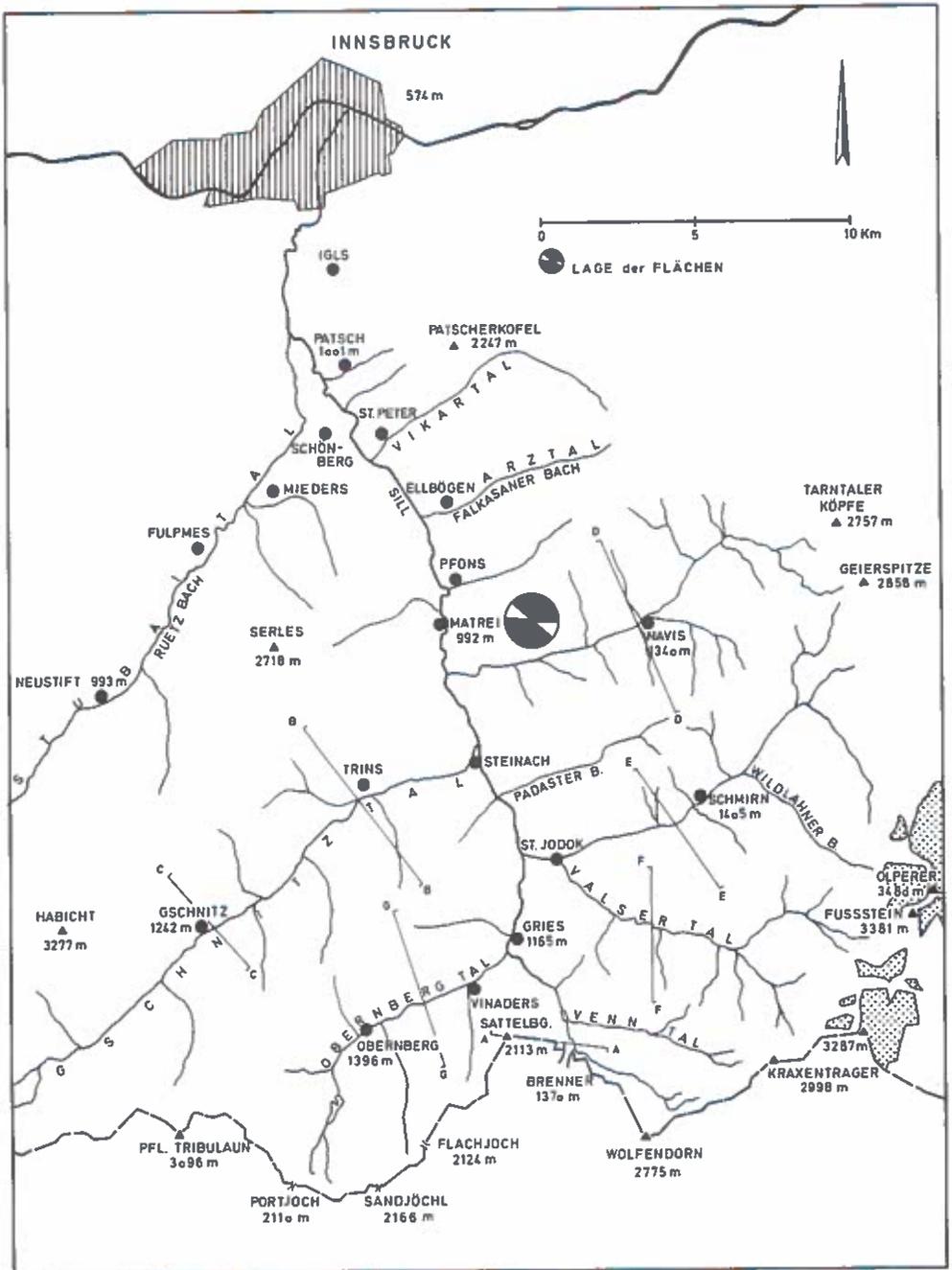


Abb. 3: Übersichtskarte zur Lage der Versuchsflächen.

MATERIAL UND METHODIK

Von *Pinus peuce* (Molikaföhre) standen zwei Provenienzen, die aus zwei eng benachbarten Gebieten am Nordabfall des Piringebirges in Bulgarien stammten, zur Verfügung. Von *Pinus cembra* (Zirbe) kam eine Provenienz aus den österreichischen Alpen (Seetaler Alpen) zur Anpflanzung.

Pinus peuce I: Bulgarien, Piringebirge.
Forstverwaltung Bansko, Abt. 53 G.
Seehöhe 1950, Ernte Oktober 1966.

Pinus peuce II: Bulgarien, Piringebirge.
Forstverwaltung Razlog, Abt. 100 O und 100 P.
Seehöhe 1600 m, Ernte Oktober 1966.

Pinus cembra: Österreich, Steiermark, Zirbitzkogel.
Seehöhe 1800 m, Ernte Oktober 1966.

Sämtliche Herkünfte wurden im Forstgarten Mariabrunn der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien angezogen und als fünfjährige, einmal verschulte Pflanzen mittels in der Praxis üblichem Lochpflanzverfahren im Pflanzverband 1 x 1 m händisch gesetzt und zwar am 24.5. 1973. Diese Vergleichspflanzung in nach Provenienzen getrennten Blöcken liegt westlich der Miesel Alm auf dem südexponierten Hang des vorderen Navistales, einem rechtsufrigen (östl.) Seitental des Silltales (= Wipptales) südlich von Innsbruck (Abb.3). Die Fläche befindet sich in 2000 - 2050 m Seehöhe oberhalb der aktuellen Waldgrenze mit Fichte und Lärche, der Hangteil ist 20 - 25° steil und wird dominant von Callunetum auf podsoliger Braunerde über Quarzphyllit bewachsen. Mittlerer Jahresniederschlag um 1000 m, hygrische Kontinentalität 50 - 60°.

ERGEBNISSE

Im Jahre 1975 erfolgt nach Ausscheidung der abgestorbenen Pflanzen (ca. 30 %) eine Festlegung der intakten Grundeinheiten für die weiteren Messungen; jede Pflanze wurde mit einer Nummer versehen. Die Pflanzen waren zu diesem Zeitpunkt 8 Jahre alt und standen 2 Jahre davon im Freigelände.

Bei allen drei Einheiten wiesen die Baumhöhen innerhalb der Kollektive im Jahre 1975 deutliche Normalverteilung auf (Abb. 4 - 6). Das Schaubild der Kurve zeigt bei *Pinus cembra* und *Pinus peuce* II leichte Links-Asymmetrie, bei *Pinus peuce* I die Andeutung eines Doppelgipfels. In den Baumhöhen zwischen 11 - 26 cm ist die Hauptmenge der gesamten Pflanzen/Einheit verteilt. Es liegen in diesem Höhenband bei *Pinus cembra* 72 % aller Pflanzen, bei den beiden *Pinus peuce* Provenienzen jeweils 78 % (Abb. 4 - 6).

Nach weiteren zwei Jahren konnte eine starke Veränderung des Höhenspektrums festgestellt werden. Die Verschiebung in durchschnittlich größere Höhenklassen erfolgte generell in der Form, daß eine deutliche Häufung in jeweils vier Bereichen mit mehr als 5 % Anteil der Pflanzenmenge auftrat.

Tabelle 1

Anteil in % der Gesamtpflanzenmenge von vier dominanten Höhenklassen, vergleiche Abb. 4-6.

Pinus cembra		Pinus peuce I		Pinus peuce II	
cm	%	cm	%	cm	%
21	8,0	20	13,0	24	6,5
25	13,0	24	8,0	27	12,5
29	7,5	28	16,0	32	6,0
33	8,5	31	11,0	34	6,5
	37,0		48,0		31,5

PINUS CEMBRA / Höhenverteilung

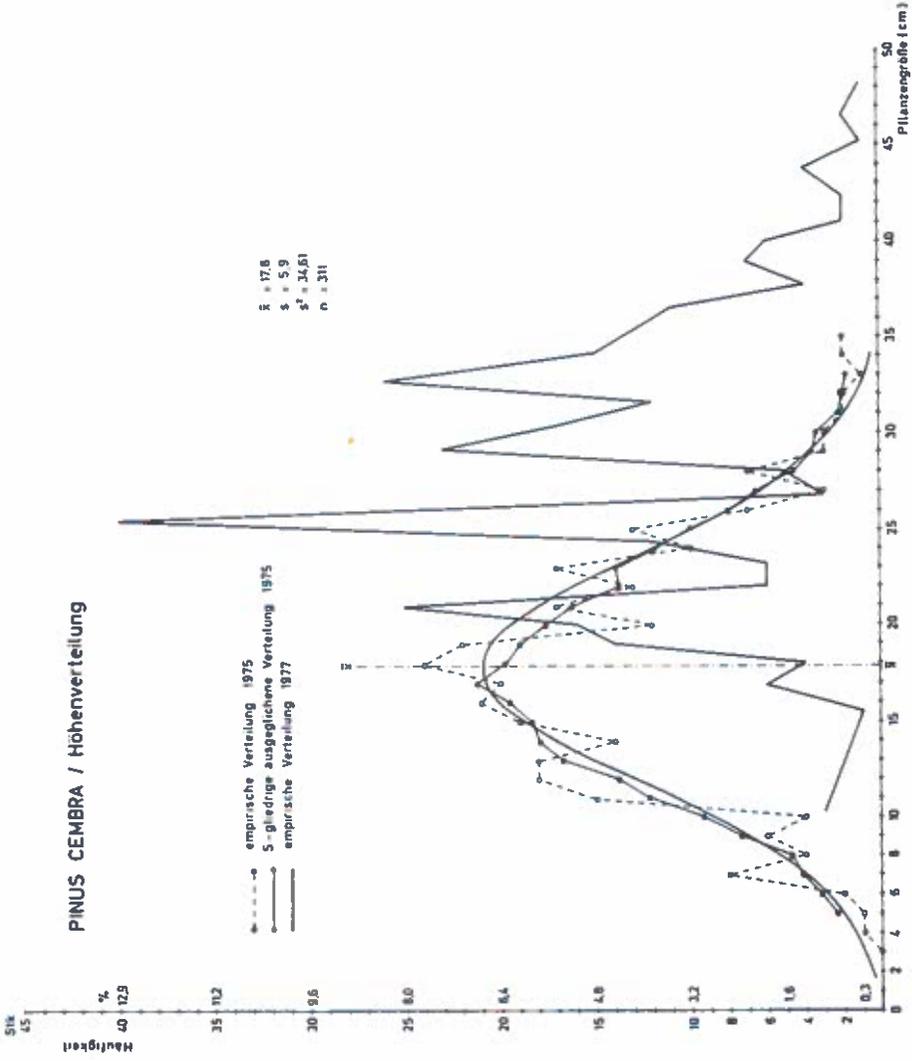


Abb. 4: Baumhöhenverteilung von Pinus cembra.

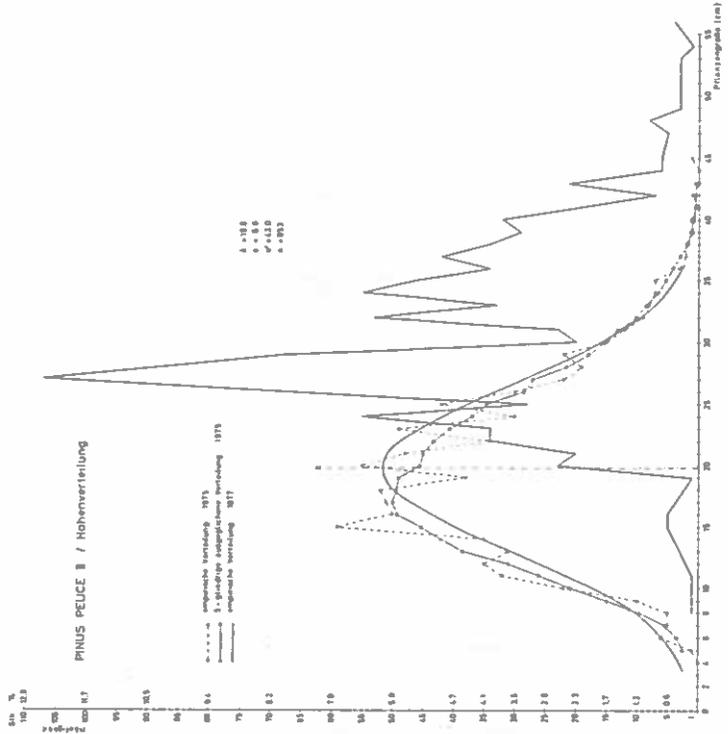


Abb. 6: Baumhöhenverteilung von Pinus peuce II.

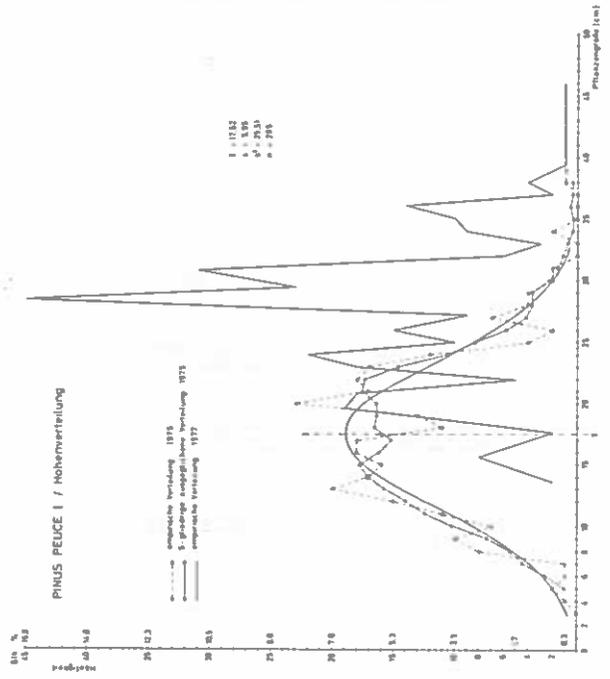


Abb. 5: Baumhöhenverteilung von Pinus peuce I.

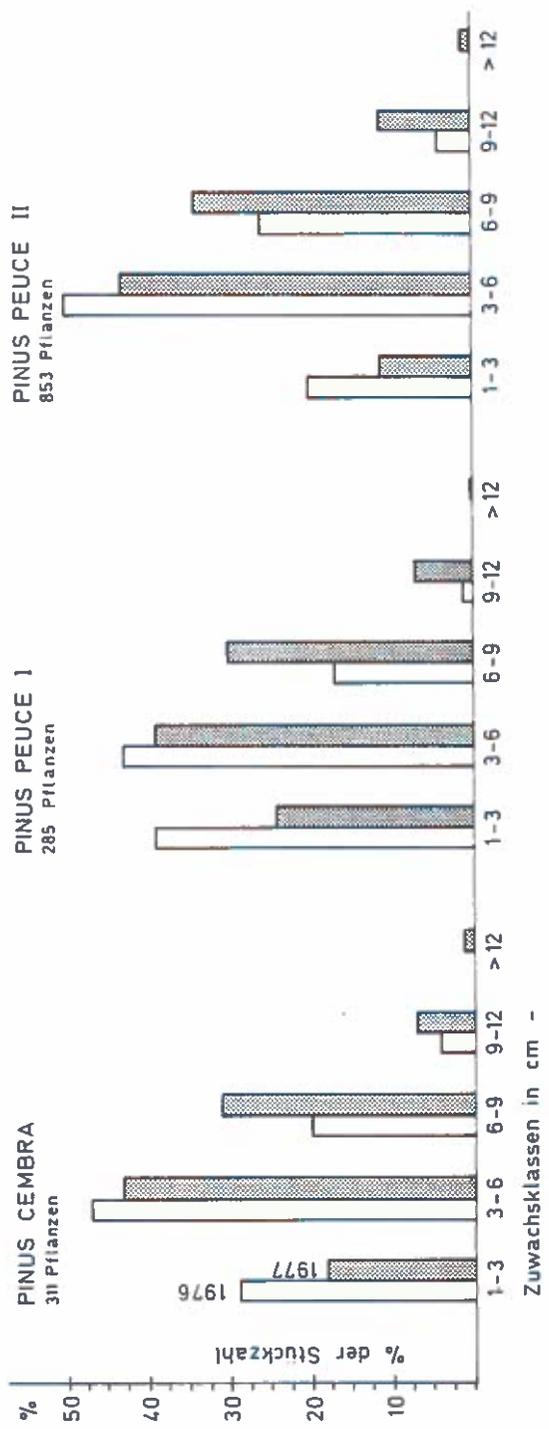


Abb. 7: Verteilung der Höhenzuwächse in den Jahre 1976 und 1977. Angaben in % der Pflanzenstückzahl.

Im übrigen zeigten die Liniendiagramme der empirischen Baumhöhenwerte aus dem Jahre 1977 (Abb. 4 - 6) einen sehr unsteten Verlauf, der kaum einen Trend zur Normalverteilung erkennen läßt. Die Hauptursache für die Ausbildung dieser sehr heterogenen Höhenklassierung nach nur weiteren zwei Vegetationsperioden wird wohl auf nicht näher definierbare oder gar klassifizierbare Standortseinflüsse zurückzuführen sein. Dies obschon die Versuchsflächen den Beobachtungen nach als gleichförmig bezeichnet werden können.

Es ist anzunehmen, daß sich mit steigendem Alter der Bäume wieder eine mehr ausgeglichene Verteilung der Höhenklassen einstellen wird, weil die Jungbäume den bodennahen Luftschichten mit extremem Kleinklima entwachsen sein werden. Die Hypothese kann in Zukunft für jedes Versuchskollektiv weiterverfolgt und mit Sicherheit überprüft werden.

Tabelle 2

Mittelwerte in cm über die Gesamtkollektive der drei Provenienzen. Baumlängen 1975 gleich 100 % gesetzt. Vergleiche dazu auch die Abbildungen 4 - 6.

Baumart	Pinus cembra	Pinus peuce I	Pinus peuce II
Individuenzahl n	311	285	853
Baumlänge 1975	17,8 cm (s=33 %)	17,5 cm (s=34 %)	19,8 cm (s=33 %)
Höhenzuwachs 1976	5,0 cm	4,4 cm	5,4 cm
Höhenzuwachs 1977	6,0 cm	5,6 cm	6,3 cm
Baumlänge 1977	28,8 cm (+62 %)	27,5 cm (+57 %)	31,5 cm (+59 %)

Wenn wir die Mittelwerte von Baumlängen und Höhenzuwächsen der drei Provenienzen gegenüberstellen (Tab. 2), so fällt die starke Ähnlichkeit in der Größenordnung auf. Die Höhenzuwächse im Jahre 1977 (= 10. Lebensjahr; 4. Jahr nach der Auspflanzung) lagen zwischen 16 % und 27 % über jenen des Jahres 1976. Damit sinken in den Klassen der Höhenzuwachsrate 1 - 6 cm die Pflanzenzahlen (= %-Anteile) für das Jahr 1977 ab, wohingegen sie in den Klassen 6-12 cm stark (+ 18 %, + 19 %, + 15 %) steigen (Tab. 3, Abb. 7).

Tabelle 3

Verteilung der Höhenzuwächse in den Jahren 1976 und 1977. Angaben in % der Pflanzen-Stückzahl.

Höhenzuwachsrate	Pinus cembra		Pinus peuce I		Pinus peuce II	
	1976	1977	1976	1977	1976	1977
1 - 3 cm	29 %	18 %	39 %	24 %	20 %	11 %
3,5 - 6 cm	47	43	43	39	50	43
6,5 - 9 cm	20	31	17	30	26	34
9,5 - 12 cm	4	7	1	7	4	11
12 cm	-	1	-	-	-	1 %

Das heißt, daß die Häufigkeit von jährlichen Höhenzuwächsen über 6,0 cm deutlich zunahm. Eine Begründung dafür kann nicht gegeben werden, jedoch sei hier dazu soviel gesagt, daß in der sonnseitigen Aufforstung in Haggen/Sellrain auf 1800 m Seehöhe bei 15-jährigen Zirben für das Jahr 1977 ebenfalls um durchschnittlich 20 % höhere Zuwachsrate als für 1976 gemessen wurden. Man kann annehmen, daß die Witterung für diese Veränderlichkeit eine ausschlaggebende Rolle spielt. Die Höhenzuwächse während der beiden Jahre 1976 - 1977 betragen zwischen 57 % und 62 % der Gesamthöhe (= 100 %) nach Abschluß der Streckung im Jahre 1975 (Tabelle 2).

Bemerkenswert ist bei den Baumhöhen 1975 der weite Streurahmen von über 30 % (Tab. 2). Die periodischen Höhenzuwächse innerhalb der kleineren Einheiten von Höhenklassen 1 zu 1 cm zeigen noch größere Abweichungen (s) von den Mittelwerten, nämlich bis zu 67 % (Tab. 4 - 6). Dies überrascht nicht sonderlich, wenn wir Untersuchungen (OSWALD und STERN, 1955 - 1960 unveröff.) über das Höhenspektrum der Zirbe in Pflanzgartenbeeten in Erinnerung rufen. Unter Berücksichtigung gleicher Provenienz, gleichen Alters und gleicher Anzuchtmethode lagen die Streurahmen der Abweichung vom Mittelwert der Höhen von durchschnittlich tausend gemessenen Pflanzen zwischen 40 - 60 %. Eine Abschwächung dieser großen Standardabweichung mit steigendem Alter (bis 5 Jahre) im Versuchsbeet konnte nicht gesichert nachgewiesen werden. Über ähnliche Beobachtungen berichteten bei Lärche SCHREIBER, 1961, und bei Fichte KRAL, 1961.

Dafür verantwortlich sind nach den genannten Autoren weniger die Erbanlagen, als vielmehr das für die Entwicklung der Pflanzen besonders in den ersten Lebensjahren ausschlaggebende Gewicht des Samenkorns, und zwar dessen Inhalt. Auf diese entscheidende Bedeutung eines hohen Reservestoffballastes (= Wuchsenenergie) im Samenkorn wies ausführlich schon ROHMEDEER, 1939, hin.

Davon ausgehend könnte man ganz allgemein aus stark verschieden großen Pflanzen gleicher Herkunft und gleichen Alters auf eine ebenso starke Verschiedenheit deren Samengewichte schließen, was ebenso auch umgekehrt Gültigkeit besäße. Unser Versuch bestätigt dies im wesentlichen auch für die beiden Pinus-Arten, die selbst noch im achten Lebensjahr ein sehr heterogenes Höhenspektrum innerhalb der gleichartigen Kollektive aufweisen. Der Wachstumsvorsprung sogenannter Großkornpflanzen erlischt hingegen bei Fichte zwischen dem zweiten und vierten Jahr (CIESLAR, 1895), für das weitere Wachstum sind Erbanlage und Umwelt ausschlaggebend. SCHREIBER, 1961, konnte eine direkte Abhängigkeit der Wachstumsleistung bei Lärchenjungpflanzen vom Korngewicht nicht feststellen.

Um nachzuweisen, ob nun größere (= höhere) Pflanzen auch größere jährliche Höhentriebe bilden oder nicht, wurden die für das neunte und zehnte Lebensjahr gemessenen Werte den Ausgangshöhen 1975 (= 8. Lebensjahr) korreliert.

Die Graphika in Abb. 8 über die Zuordnung der mittleren Jahres-Höhenzuwächse auf die steigend gereihten Ausgangshöhen, lassen optisch eine Interpretation von Abhängigkeiten zwischen Pflanzengröße und Zuwachsleistung nicht zu. Wir können aus den Kurvenbildern lediglich ablesen, daß sich die Form der Höhenzuwachslinien der Jahre 1976 und 1977 jeweils sehr ähneln und daß generell die Zuwächse 1977 größer sind (vergl. auch Tabelle 2).

Pflanzen mit langem Sproß verdanken ihre starke Höhenentwicklung, verglichen mit gleichalten Individuen derselben Herkunft und Vorbehandlung, dem guten Höhenwachstum in den vergangenen Jahren. Dies bedarf keiner weiteren Erläuterung. Mit Sicherheit falsch ist jedoch der einfache Zirkelschluß, daß derartige Langsproß-Pflanzen auch weiterhin größere Höhenzuwächse bilden werden, die deutlich über jenen von kürzeren, nach Provenienz, Alter und Vorbehandlung vergleichbaren Pflanzen liegen müßten.

Um darüber eine Aussage treffen zu können, war es notwendig, sowohl die Höhenzuwächse 1976 und 1977 für sämtliche Höhenklassen der Ausgangshöhen 1975 zu messen, als auch diese Parameter zu korrelieren. In den Tabellen 4 - 6 sind die Mittel der Höhenzuwächse 1976, Standardabweichung s, Variabilitätskoeffizient C (z. B. C = 0,40 heißt, daß s = 40 % von \bar{x}) und Fehler der Mittel geordnet. Erwünschte Informationen können daraus direkt vergleichend gezogen werden. Die Prüfung der Korrelation 1975 gegen Höhentrieb 1976 und 1977 brachte das in Tab. 7 vorgelegte Ergebnis.

Die biologische Beurteilung des Korrelationskoeffizienten nach ORPHAL-RÖMER zeigt, daß lediglich bei Pinus peuce II für das Jahr 1976 eine deutliche Korrelation ($P = 0,001$) besteht, im darauffolgenden Jahr hingegen eine solche nur mehr angedeutet erscheint. Bei Pinus peuce I fehlt für das Jahr 1977 jegliche Korrelation, in allen übrigen Fällen ist sie nur angedeutet.

Die unmittelbare Beziehung zwischen Pflanzengröße und folgenden Höhenzuwächsen konnte keinen Beweis dafür bringen, daß größere (= längere) Pflanzen auch größere Jahrestriebe bilden.

Tabelle 4

Pinus cembra, N = 311, Zuwächse 1976

Tabelle 5

Pinus peuce I, N = 285, Zuwächse 1976

Tabelle 6

Pinus peuce II, N = 853, Zuwächse 1976

Höhenklassen 1975		Mittel der Zuwächse		Standardabweichung		Variabilitätskoeff.		Fehler des Mittels		Stückzahl		Höhenklassen 1975		Mittel der Zuwächse		Standardabweichung		Variabilitätskoeff.		Fehler des Mittels		Stückzahl	
Kl	x	s	C	s \bar{x}	n	Kl	x	s	C	s \bar{x}	n	Kl	x	s	C	s \bar{x}	n	Kl	x	s	C	s \bar{x}	n
6	3,17	1,26	0,40	0,72	3	7	3,93	1,90	0,48	0,71	7	6	4,60	3,05	0,66	1,36	5	7	4,60	3,05	0,66	1,36	5
7	4,38	2,68	0,61	0,94	8	8	2,83	1,76	0,62	1,01	3	7	4,00	2,28	0,57	0,93	6	7	4,00	2,28	0,57	0,93	6
8	3,83	1,89	0,49	0,76	6	9	4,50	1,55	0,34	0,46	11	8	5,29	2,51	0,48	0,95	7	8	5,29	2,51	0,48	0,95	7
9	3,38	1,49	0,44	0,74	4	10	4,69	1,41	0,30	0,49	8	9	5,85	2,47	0,42	0,68	13	9	5,85	2,47	0,42	0,68	13
10	3,00	0,71	0,24	0,20	6	11	3,79	1,50	0,40	0,42	12	10	4,52	1,98	0,44	0,38	26	10	4,52	1,98	0,44	0,38	26
11	3,97	1,59	0,40	0,36	18	12	4,00	2,04	0,51	0,50	16	11	4,82	1,78	0,37	0,30	34	11	4,82	1,78	0,37	0,30	34
12	3,89	1,51	0,39	0,39	14	13	4,56	1,85	0,41	0,42	18	12	4,88	1,96	0,40	0,33	34	12	4,88	1,96	0,40	0,33	34
13	3,22	1,49	0,46	0,34	18	14	4,58	1,98	0,43	0,43	20	13	4,70	1,67	0,36	0,27	38	13	4,70	1,67	0,36	0,27	38
14	4,25	2,06	0,48	0,50	16	15	4,41	2,34	0,52	0,55	17	14	5,23	3,38	0,65	0,49	45	14	5,23	3,38	0,65	0,49	45
15	4,56	1,67	0,27	0,38	18	16	3,41	1,68	0,48	0,37	19	15	5,43	2,34	0,43	0,31	53	15	5,43	2,34	0,43	0,31	53
16	4,12	2,26	0,48	0,45	23	17	5,08	1,77	0,35	0,48	13	16	5,17	2,32	0,45	0,31	54	16	5,17	2,32	0,45	0,31	54
17	4,84	2,15	0,57	0,57	22	18	4,63	1,89	0,41	0,48	15	17	5,22	2,26	0,43	0,33	45	17	5,22	2,26	0,43	0,33	45
18	4,70	2,29	0,49	0,44	25	19	4,79	2,71	0,57	0,71	14	18	4,88	2,47	0,51	0,36	44	18	4,88	2,47	0,51	0,36	44
19	5,75	2,12	0,37	0,48	18	20	4,11	2,23	0,54	0,45	23	19	5,38	2,22	0,41	0,31	49	19	5,38	2,22	0,41	0,31	49
20	5,82	2,43	0,42	0,63	14	21	3,97	2,07	0,52	0,50	16	20	5,89	2,19	0,37	0,29	54	20	5,89	2,19	0,37	0,29	54
21	5,34	1,76	0,37	0,47	16	22	4,34	2,12	0,49	0,47	19	21	5,47	2,44	0,45	0,36	43	21	5,47	2,44	0,45	0,36	43
22	6,15	2,33	0,38	0,55	17	23	5,93	2,19	0,37	0,57	14	22	5,65	2,73	0,39	0,33	44	22	5,65	2,73	0,39	0,33	44
23	5,50	2,05	0,37	0,53	14	24	4,07	2,28	0,56	0,85	7	23	6,94	2,78	0,40	0,48	32	23	6,94	2,78	0,40	0,48	32
24	5,50	1,60	0,29	0,53	9	25	4,00	1,41	0,35	0,70	4	24	5,00	1,55	0,31	0,27	32	24	5,00	1,55	0,31	0,27	32
25	6,30	2,54	0,40	0,79	10	26	3,67	1,04	0,28	0,65	8	25	5,82	2,14	0,37	0,30	48	25	5,82	2,14	0,37	0,30	48
26	6,14	2,56	0,43	0,99	7	27	4,88	2,15	0,44	0,75	3	26	4,92	2,13	0,43	0,43	44	26	4,92	2,13	0,43	0,43	44
27	8,40	4,72	0,56	2,09	5	28	6,67	3,33	0,50	1,91	3	27	5,53	2,71	0,49	0,60	20	27	5,53	2,71	0,49	0,60	20
28	5,10	2,22	0,44	0,21	5	29	3,17	0,29	0,09	0,17	3	28	5,66	2,60	0,36	0,46	19	28	5,66	2,60	0,36	0,46	19
29	3,83	2,75	0,72	1,58	3	30	2,33	0,58	0,25	0,33	3	29	5,40	2,60	0,48	0,58	20	29	5,40	2,60	0,48	0,58	20
30	4,00	1,41	0,35	1,00	2							30	6,13	2,29	0,37	0,66	12	30	6,13	2,29	0,37	0,66	12

JAHRES - HÖHENZUWÄCHSE
1976 und 1977

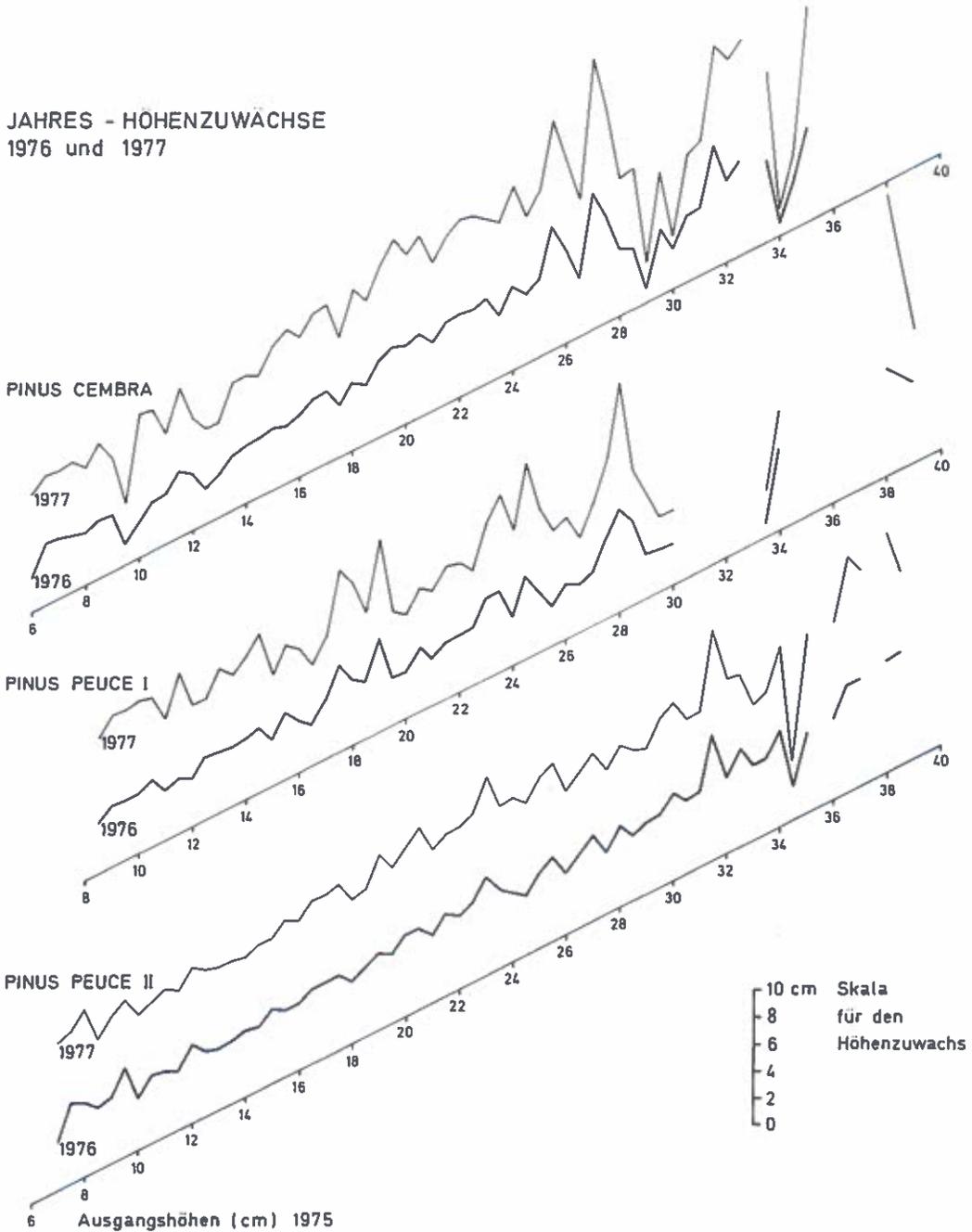


Abb. 8: Jahres-Höhenzuwächse von *Pinus cembra* und *Pinus peuce*.

Tabelle 7

Korrelation Pflanzengröße 1975: Jahreshöhenzuwächse 1976, 1977

		Pinus cembra	Pinus peuce I	Pinus peuce II
1976	Korrelationskoeffizient r	0,45754	0,23382	0,55238
	Korrelation K	angedeutet	schwach angedeutet	deutlich
	Regressionskoeffizient m	0,09311	0,03831	0,07356
	Bestimmtheitsmaß B	21 %	5,5 %	30,5 %
1977	r	0,16245	-0,04785	0,39687
	K	schwach anged.	fehlt	angedeutet
	m	0,03026	-0,01009	0,04780
	B	2,6 %	0,2 %	15,7 %

ZUSAMMENFASSUNG

Es wird über einen Vergleichspflanzungsversuch mit *Pinus peuce* Griseb. und *Pinus cembra* L. berichtet. Das heutige Areal von *Pinus peuce* liegt ausschließlich in südosteuropäischen Gebirgen, jenes von *Pinus cembra* L. in den Alpen und Karpaten. Beide Baumarten bilden örtlich die obere Wald- und Baumgrenze.

Der Versuch wurde mit fünfjährigen Pflanzen in 2000 m Seehöhe angelegt. Die Beobachtungen führten zu folgenden Befunden:

Zwei Jahre nach der Auspflanzung bestand noch eine deutliche Normalverteilung der Baumhöhen innerhalb der Kollektive; das Gros der Pflanzen lag in den Höhenklassen 11 - 25 cm.

Zwei Jahre später war eine starke Veränderung des Höhenspektrums durch Verschiebung in größere Höhenklassen und ein Erlöschen der Normalverteilung eingetreten.

Die Größen Baumlänge und Höhenwachstum waren bei allen drei Kollektiven bzw. Provenienzen sehr ähnlich. Ebenso gemeinsam war allen Provenienzen der weite Streurahmen von über 30 % Abweichung von den Mittelhöhen. Die Häufigkeit von größeren Zuwächsen stieg im vierten Jahr nach der Anpflanzung stark an. Weder bei *Pinus cembra*, noch bei *Pinus peuce* bestand eine deutliche Korrelation zwischen der Ausgangshöhe und den zwei nachfolgenden Höhenzuwächsen in der Art, daß Pflanzen mit langem Sproß auch größere Jahrestriebe bilden als ursprünglich kürzere Pflanzen. Die Untersuchungen über das Höhenwachstum in den ersten zehn Lebensjahren und die daraus resultierenden Ähnlichkeiten im Verhalten von *Pinus cembra* und *Pinus peuce* können als Hinweis über deren ökologische Verwandtschaft aufgenommen werden.

Schlüsselwörter: *Pinus cembra*, *Pinus peuce*, Höhenzuwachs, Eignungstest für Hochlagen.

SUMMARY

Comparative Growth Analysis of Young *Pinus cembra* (L.) and *P. peuce* (Griseb.) in the Subalpine Region of Tyrol

The paper presents a comparative growth analysis of *Pinus peuce* (Griseb.) and *Pinus cembra* (L.). The present dispersal area of *Pinus peuce* is to be found exclusively in the mountainous regions of south-east Europe and that of *Pinus cembra* in the Alps and Carpathian Mountains. Both species form the upper tree and forest line locally.

The experiment was carried out with five-year-old plants at 2000 m above sea-level. The following observations and findings were made:

Two years after planting tree heights within the collective clearly showed a Poisson distribution, the majority of the plants being in height-classes 11 and 25 cm. Two years later,

when the trees reached higher height-classes, there was a marked change in tree-height distribution.

In all three collectives or provenances, tree heights and height growth were similar. Equally, all three had a wide range of deviation from mean heights of over 30 %. The number of cases of higher growth rates increases greatly in the fourth year after planting. With neither species was there a clear correlation between original height and the two subsequent growth performances to the effect that plants with long shoots produce longer current years leaders than the originally smaller plants.

The study of the height growth in the first ten years of life and the detected similarities in the behaviour of *Pinus cembra* and *Pinus peuce* can be considered to reflect their ecological relationship.

Keywords: *Pinus cembra*, *Pinus peuce*, height growth, performance at high altitude.

LITERATUR

- CIESLAR A., 1895: Über die Erbllichkeit des Zuwachsvermögens bei den Waldbäumen. Cbl. f.d.ges.Forstwesen 21, 7 - 29, Wien.
- CRITCHFIELD W.B. und LITTLE E.L., 1966: Geographic distribution of the Pines of the World. U.S. Department of Agriculture - Forest Service, Misc.Publ.991, 97 pag. Washington.
- EM H., 1970: Höhengürtel in der Vegetation von Hochgebirgen Mazedoniens. Mitt.Ostalp.-din.Ges.f.Vegetkde. 11, 33 - 44, Innsbruck.
- FUKAREK P., 1975: Unterschiede in der Dendroflora der westlichen und östlichen Gebiete der Balkanhalbinsel. In: Problems of Balkan Flora and Vegetation. Bulgar.Acad. Science, 145 - 161, Sofia.
- GAMS H., 1932: Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygrischen Kontinentalität in den Alpen. Zeitschr.Ges.f.Erdkunde, 5/6, 178 - 298, Berlin.
- HORVAT I., et al., 1974: Vegetation Südosteuropas. Verlag G.Fischer, Stuttgart.
- KRAL F., 1961: Untersuchungen über den Nährstoffhaushalt von auf gleichem Standort erwachsenen Jungpflanzen in Abhängigkeit von ihrer Wuchsenergie und Herkunft. Cbl.f.d.ges.Forstwesen, 78, 1, 18 - 38, Wien.
- KRÜSSMANN G., 1972: Handbuch der Nadelgehölze. Verlag Parey, Berlin - Hamburg.
- MEUSEL H., et.al, 1965: Vergleichende Chorologie der zentraluropäischen Flora. Verlag Fischer, Jena.
- PENEV N. und GEORGIEV A., 1958: Die Peuce-(Rumelische) Kiefer im Zentralbalkangebirge. Izv.Bot.Inst. BAN 6, 215 - 282, Sofia.
- ROHMEDER E., 1939: Wachstumsleistung der aus Samen verschiedener Größenordnung entstandenen Pflanzen. Forstwiss.Cbl.61, 42 - 49.
- SCHIECHTL H.M., 1967: Die Physiognomie der potentiellen natürlichen Waldgrenze und Folgerungen für die Praxis der Aufforstung in der subalpinen Stufe. Mitt.Forstl.Bundesvers.Anst.75, 5 - 55, Wien.
- SCHIECHTL H.M. und STERN R., 1975: Die Zirbe in den Ostalpen I. Teil. Angew.Pflanzensoz.22, 3 - 83, Wien.
- SCHREIBER M., 1961: Zur physiologischen Reaktionsweise von Provenienzen der Europäischen Lärche, der Japanlärche und der Sibirischen Lärche auf gleiche Umweltsbedingungen. Cbl.f.d.ges.Forstwes.78, 1, 1 - 17.
- WOLDSTEDT P., 1958: Europa, Vorderasien und Nordafrika im Eiszeitalter. Verlag Enke, Stuttgart.

MYKORRHIZA-UNTERSUCHUNGEN IN EINER FICHTEAUFFORSTUNG IM SELLRAINTAL (TIROL)

Friederike GÖBL

EINLEITUNG

Das Wachstum junger Fichten ist häufig in den ersten Jahren nach der Aufforstung sowohl in Hochlagen als auch im Bereich subalpiner Wälder nicht befriedigend.

Autochthone, gleichaltrige Jungfichten, die in solchen Flächen gefunden werden, sind in der Regel besser entwickelt. Es lag die Vermutung nahe, daß neben Herkunftsunterschieden, edaphischen und klimatischen Faktoren auch eine ungenügende Mykorrhiza-Ausbildung die Ursache der Wachstumsverzögerung sein könnte.

Im Folgenden wird über Ergebnisse aus einer dieser Mykorrhiza-Untersuchungen berichtet.

1. Die Untersuchungsflächen

Oberhalb des Weilers Paida im Sellraintal ist der vorhandene Waldgürtel durch Lawenstriche zergliedert und besonders an der oberen Grenze stark aufgelockert.

1963 wurde unter anderen einer dieser Lawenstriche (Südexposition, Hangneigung ca. 45°) mit 4-jährigen Fichten aufgeforstet und zwar von der oberen Grenze der Talweide (1620 m) bis etwas über die Kante der Verebnung (1840 m). Durch einen Zaun wurde gleichzeitig auch die Beweidung ausgeschaltet.

Entsprechend der Geländeformung und der durch Neigung und Exposition beeinflussten Bodenbildung wechseln die Pflanzengesellschaften.

Es wurden 3 Probeflächen von etwa 30 m² mit charakteristischer Vegetation ausgeschieden. Durch den dichten Pflanzverband und durch die homogene Ausgangsverpilzung der Wurzeln des Pflanzenmaterials standen vergleichbare Pflanzen für die Mykorrhiza-Untersuchung in ausreichender Zahl zur Verfügung.

Die Untersuchung wurde vorwiegend in den Jahren 1967 und 1977 durchgeführt.

Fläche I:

Kraut- und gräserreiches Callunetum, 1840 m, SSO, 20 - 35°, wurde vermutlich vor Einzäunung gemäht. Fläche im Winter zeitweise abgeblasen, Schneehöhe maximal 20 cm, Schneebedeckung 60 bis 70 Tage.

Carex sempervirens 1 - 2, *Juncus trifidus* 1, *Luzula nemorosa* 1, *Luzula campestris* +, *Festuca violacea* 1 - 2, *Deschampsia flexuosa* 1, *Anthoxanthum alpinum* 1, *Avenastrum versicolor* +, *Briza media* +, *Agrostis rupestris* +, *Molinia coerulea* +, *Nardus stricta* +, *Cetraria islandica* 2, *Cladonia silvatica* 2, *Calluna vulgaris* (zum Teil abgestorben) 3 - 4, *Vaccinium vitis idaea* 1 - 2, *Antennaria carpatica* 2, *Hypochoeris uniflora* 1, *Leontodon hispidus* 1, *Arnica montana* 1, *Pulsatilla sulphurea* 1, *Potentilla erecta* + - 1, *Lotus corniculatus* + - 1, *Campanula Scheuchzeri* + - 1, *Campanula barbata* +, *Gentiana Kochiana* +, *Phyteuma hemisphaericum* +, *Thymus serpyllum* +, *Pedicularis tuberosa* +, *Achillea millefolium* +, *Carlina acaulis* +, *Nigritella nigra* +, *Gymnadenia albida* +, *Gymnadenia subalpina* +, *Gallium antisophyllum* +, *Pinguicula vulgaris* +, *Ranunculus montanus* +, *Polygala chamaebuxus* +, *Thesium alpinum* +, *Pulsatilla vernalis* +.

Fläche II:

Callunetum, mit hohem Deckungswert, 1760 m, S, 40 - 45°, Dauer der Schneebedeckung maximal 120 Tage, Schneehöhe 40 bis 50 cm.

Juncus trifidus +, *Luzula nemorosa* 1, *Luzula campestris* +, *Festuca spec.* +, *Deschampsia flexuosa* 2, *Anthoxanthum alpinum* 1, *Briza media* +, *Molinia coerulea* +, *Nardus stricta* +, *Cetraria islandica* 2, *Cladonia silvatica* 2, *Cladonia pyxidata* 1, *Calluna vulgaris* 4 - 5, *Vaccinium vitis idaea* 2, *Vaccinium myrtillus* 1, *Antennaria carpatica* 1 - 2, *Hypochoeris uniflora* +, *Arnica montana* +, *Pulsatilla sulphurea* +, *Potentilla erecta* 1 - 2, *Lotus corniculatus* 1, *Campanula Scheuchzeri* +, *Campanula barbata* + - 1, *Gentiana Kochiana* +, *Phyteuma betonicifolium* 1, *Thymus serpyllum* 1 - 2, *Pedicularis tuberosa* +, *Carlina acaulis* 1, *Nigritella nigra* +, *Gymnadenia albida* +, *Gymnadenia subalpina* +, *Rhinanthus spec.* 1 - 2, *Pulsatilla vernalis* 1, *Ajuga pyramidalis* 1, *Leontodon hispidus* +, *Melampyrum silvaticum* +, *Polygala vulgaris* +, *Rhytidium rugosum* 2, *Polytrichum spec.* 2.

Fläche III:

Deschampsia-Rasen, 1715 m, S, 30°, vermutlich zur Zeit der Beweidung *Nardetum*, im Verlauf der Sukzession von Hochgräsern und Kräutern durchsetzt. Schneebedeckung 80 bis 90 Tage, Schneehöhe 30 bis 40 cm; dauernder Abtrag durch Schneerutsch.

Carex sempervirens +, *Luzula nemorosa* 2, *Luzula campestris* +, *Festuca spec.* 1 - 2, *Deschampsia flexuosa* 3, *Anthoxanthum alpinum* 2, *Briza media* +, *Calluna vulgaris* 1, *Vaccinium vitis idaea* 2, *Arnica montana* +, *Pulsatilla sulphurea* +, *Potentilla erecta* 1 - 2, *Lotus corniculatus* 1, *Campanula Scheuchzeri* +, *Campanula barbata* 1 - 2, *Gentiana Kochiana* +, *Phyteuma betonicifolium* + - 1, *Thymus serpyllum* +, *Pedicularis tuberosa* +, *Achillea millefolium* +, *Carlina acaulis* +, *Nigritella nigra* +, *Galium spec.* +, *Hanunculus montanus* 1, *Rhinanthus lanceolatus* 2 - 3, *Thesium alpinum* +, *Trifolium pratense* 1, *Hieracium murorum* +, *Silene vulgaris* +, *Leontodon helveticus* +, *Polygonum viviparum*, *Euphrasia minima* +, *Euphrasia Roskoviana* +, *Viola biflora* + - 1, *Veronica officinalis* +.

(Schätzung der Abundanz und Deckung nach BRAUN-BLANQUET, Angaben über Schneebedeckung nach mündlicher Mitteilung von J. BERNARD).

Durch Bodenanalysen (A. CZELL, 1967) wird ein weiterer Standortsunterschied deutlich. Der Boden von Fläche I hat einen wesentlich niedrigeren Phosphorgehalt als die Böden der Flächen II und III

	Mg	Mn	PO ₄	K
Fläche I	73	43	28	35
Fläche II	93	20	216	50
Fläche III	87	58	216	38

Die Mykorrhizen wurden entsprechend ihrer morphologischen und anatomischen Ausbildung als Mykorrhiza-Typen unterschieden (GÖBL 1967) und unabhängig von den Fruchtkörpern der Mykorrhizapilze behandelt.

In Österreich wird die Forstpflanzenanzucht in der Regel in kleineren Forstgärten betrieben, die über verschiedene Wuchsgebiete und Höhenlagen verteilt sind und sich sowohl durch Bodenbeschaffenheit als auch durch andere ökologische Eigenheiten unterscheiden.

Tabelle 1: Verteilung der Mykorrhiza-Typen von je 10 Pflanzen in den Probeflächen (Umrandung kennzeichnet dominierende Typen).

Mykorrhiza-Typen	Fläche I		Fläche II		Fläche III	
	1967	1977	1967	1977	1967	1977
1 dünne, dunkelbraune Kurz- wurzeln ohne Verpilzung	+	+				
2 dünne braune My	+	+				
3 graubraune My mit Stacheln	+					
4 gelbbraune My mit matter Oberfläche		+				
5 My mit loseem, weißem Mycel		+				
6 My mit brüchigem, weißen PM		+				
7 zyklamfarbene My mit mat- ter Ofl. und kurzen Borsten		+	+	+		
8 weiße My mit mattem PM			+	+		
9 dunkelbraune My, metallisch glänzend		+		+	+	+
10 graue My mit zartem, spinnwebartigem Mycel			+	+		
11 weiße bis hellbraune My, PM mit Cystiden (Russula foetens)			+	+		
12 mittelbraune My, glatter PM			+	+	+	+
13 My mit loseem, gelbem Mycel			+	+	+	+
14 My mit wolligem, weißem Mycel			+			
15 mittelbraune My mit locker geflochtenem PM				+		
16 weiß glänzende, unregel- mäßig verzweigte My					+	+
17 schwarze My (Cenococcum graniforme)			+		+	+
18 gelbbraune My mit glattem PM					+	+
19 orangebraune My					+	+
20 graubraune My mit loseem Mycel					+	+
21 rosa My mit glänzendem PM					+	
22 dunkelbraune My, matte Ofl., mit Stacheln						+

Anhang zu Tabelle 1

Charakteristik der Mykorrhiza-Typen nach den wichtigsten Merkmalen:

- 1 PM und HN fehlen, nur vereinzelt Hyphen zwischen stark verkorkten Rindenzellen.
- 2 PM wenig- bis mehrschichtig (20μ), zart, M $5 - 8\mu$, Ofl. glatt.
- 3 PM wenigsschichtig (10μ), dicht, kleinlumig, M $2 - 3\mu$, mit $30 - 40\mu$ langen, farblosen Stacheln besetzt.
- 4 PM gelb bis gelbbraun, $30 - 40\mu$, M $3 - 5,5\mu$, Ofl. unregelmäßig.
- 5 PM mehrschichtig, locker geflochten, mit reichlich abstrahlenden farblosen Hyphen ($3,5\mu$, verzweigt, mit Schnallen), die Bodenteilchen festhalten.
- 6 PM farblos, brüchig, $30 - 35\mu$, M $3,5 - 5,5\mu$, Hyphen dickwandig.
- 7 PM je nach Alter weißlich - zyklamfarben - bräunlich, 60μ , von innen nach außen dunkler werdend, M $3,5 - 8\mu$, Ofl. mit dicken, septierten Hyphen besetzt ($17 - 20\mu$), die Bodenteilchen festhalten.
- 8 PM farblos, $25 - 35\mu$, Ofl. mit kurzen, unregelmäßig geformten Hyphen (Cystiden) besetzt.
- 9 PM dunkelbraun, metallisch glänzend, 35μ , M $3,5 - 5,5\mu$, Hyphen dickwandig, vereinzelt abstrahlend.
- 10 PM wenigsschichtig, graubraun, mit abstrahlenden, hellgraubraunen Hyphen, H 2μ .
- 11 PM weiß bis hellbraun, $25 - 30\mu$, Ofl. dicht mit $17 - 25\mu$ langen, gestielten Cystiden besetzt. Dieser Typ wurde regelmäßig an *Russula foetens* Standorten gefunden.
- 12 PM farblos, $5 - 10\mu$, M $2 - 5\mu$, HN kräftig, Rindenzellen meist stark verkorkt.
- 13 PM wenigsschichtig, mit reichlich abstrahlenden gelblichen Hyphen ($1,5\mu$, verzweigt, septiert, mit Schnallen) und gelben Mycelsträngen.
- 14 PM weiß, 20μ , kleinlumig, M $1 - 3\mu$, reichlich abstrahlende, zarte glatte Hyphen (M 1μ) bilden dichtes, wolliges Mycel.
- 15 PM farblos, wenigsschichtig, auffallend locker geflochten, mit abstrahlenden, kurzen Hyphen besetzt (H $3,5\mu$).
- 16 PM weiß, glänzend, unregelmäßig, $10 - 15$, mit unregelmäßig abstrahlenden Mycelsträngen (H 2μ).
- 17 PM schwarz, $15 - 20\mu$, derb, mit abstrahlenden, derben Hyphen. Im Boden häufig Sklerotien (*Cenococcum graniforme*).
- 18 PM gelb bis gelbbraun, $15 - 20\mu$, zart, gleichmäßig, M $2 - 3$, Ofl. glatt.
- 19 PM orangebraun, 40μ , zart, M $3 - 5\mu$, Ofl. glatt, Pigment wasserlöslich.
- 20 PM grau, $40 - 50\mu$, locker geflochten, reichlich abstrahlende, graue Hyphen ($2 - 3\mu$).
- 21 PM rosa, brüchig, $30 - 50\mu$, zart, gleichmäßig (M $3 - 3,5\mu$), Ofl. unregelmäßig.
- 22 PM hellbraun, $10 - 20\mu$, derb, M $2 - 3,5\mu$, dicht mit braunen Stacheln besetzt (bis 100μ).
- 23 Pflanzgarten-Mykorrhiza-Typ:
Einfache oder einfach verzweigte, mittel- bis dunkelbraune My, PM wenigsschichtig, mit abstrahlenden, farblosen, schnallenbesetzten Hyphen; HN kräftig.

Abkürzungen: My - Mykorrhiza, PM - Pilzmantel, HN - Hartig'sches Netz, Ofl. Oberfläche, M - Maschendurchmesser (Hyphenquerschnitte des Pilzmantels), H - Hyphen.

Für die Forstpflanzen der meisten dieser Gärten sind - entsprechend der vorhandenen Pilzpopulation - bestimmte Mykorrhiza-Typen charakteristisch; fallweise kann die Herkunft von Pflanzen aus einem bestimmten Garten allein durch die Art der Wurzelverpilzung ermittelt werden. Diese Pflanzgarten - Mykorrhiza-Typen unterscheiden sich häufig von Mykorrhiza-Typen angrenzender Wälder. Sobald sie nach der Pflanzung durch solche, meist reicher verzweigte Verpilzungstypen ersetzt werden, hat sich das Wurzelsystem dem neuen Standort angepaßt.

Tabelle 1 zeigt die Verteilung der Mykorrhiza-Typen in den beschriebenen Untersuchungsflächen. Der ursprüngliche Pflanzgarten-Mykorrhiza-Typ (vergleiche Anhang zu Tabelle 1, Nr. 23) war 1967 nicht mehr vorhanden und in den Flächen II und III durch eine größere Anzahl von anderen, gut ausgebildeten und gut verzweigten Typen ersetzt (Abb. 2).

Die Pflanzen am extremen Standort der Fläche I hingegen wiesen eine ausgesprochen schwache Verpilzung und vorwiegend dünne, unverpilzte und stark verkorkte Kurzwurzeln auf (Abb. 1).

Demnach war der Pflanzgarten-Mykorrhiza-Typ für alle 3 Standorte nicht geeignet. An den Standorten II und III hat eine Sukzession der Mykorrhiza bildenden Symbionten stattgefunden und zwar in jeder Fläche durch eine unterschiedliche Pilzpopulation.

Die Mykorrhiza-Ausbildung ist also sehr stark vom Kleinstandort - vom Boden beziehungsweise der Vegetation - abhängig.

Die Verteilung der Mykorrhiza-Typen an verschiedenen Pflanzen ist in Tabelle 2 am Beispiel der Fläche III dargestellt. Die dominierenden Typen waren nahezu an jeder Pflanze zu finden.

Tabelle 3 veranschaulicht die Wurzel- und Sproßausbildung in den Probeflächen.

Der Mykorrhiza-Besatz der Pflanzen in Fläche II und III hatte sich 1977 im Vergleich zu 1967 qualitativ kaum verändert. Bei den meisten Typen war die Verzweigung üppiger als beim ersten Untersuchungstermin.

Tabelle 2: Verteilung der Mykorrhiza-Typen an den Wurzeln von 10 Pflanzen.
Deschampsia-Rasen, 1967.
(Reihung nach der Häufigkeit)

Mykorrhiza-Typen	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
weiß glänzende, unreinmäßig verzweigte My (16)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
schwarze My (17)		+	+	+	+		+	+	+	+
mittelbraune My, glatter PM (12)	+	+	+	+					+	
dunkelbraune My, metallisch glänzend (9)	+				+	+	+			
My mit losem, gelbem Mycel (13)	+	+			+					
rosa My mit glänzendem PM (21)	+	+	+							
gelbbraune My mit glattem PM (18)	+		+							
orangebraune My (19)				+						+
graubraune My mit losem Mycel (20)						+				

Tabelle 3: Wurzel- und Sproßausbildung von je 10 Pflanzen in den Probeflächen.

		I	II	III
Verzweigung der Wurzeln	1967	schwach	gut	gut
	1977	gut	gut	gut
Mykorrhiza-Besatz	1967	schlecht	gut	gut
	1977	gut	sehr gut	sehr gut
Verzweigung der Mykorrhizen	1967	nicht verzweigt	gut	gut
	1977	gut	sehr gut	sehr gut
Anzahl der Mykorrhiza-Typen	1967	2	7	9
	1977	8	7	8
Sproßlänge (cm)	1967	28,1	29,3	34,3
	1977	29,5	40,8	56,4
Sproßdurchmesser (mm)	1967	3,7	5,7	6,7
	1977	8,2	11,8	23,3

Am Standort I waren zunächst keine Ersatz-Symbionten für die Pflanzgartenpilze vorhanden und es fand innerhalb von 4 Jahren eine Regression der Mykorrhiza-Bildung statt und auch die Wurzelverzweigung war dementsprechend schlecht. Dies, obwohl in wenigen Metern Entfernung eine Gruppe älterer Fichten stand, deren Wurzeln - mit Mykorrhiza-Besatz - in einigen Fällen nur wenige Zentimeter unter den Wurzeln der gepflanzten Fichten festgestellt wurden! (Vergleiche Vorkommen von *Rozites caperata* und *Russula adusta*, Abschnitt Pilze).

1977 war der Mykorrhiza-Besatz durch das Auftreten von 6 neuen Typen stark verändert. Die Mykorrhiza-Bildung hat sich an diesem Standort erst nach jahrelanger Verzögerung eingestellt. Die Pflanzen hatten - auch dem Standort entsprechend - nach 10 Jahren nur einen geringen Höhenzuwachs aufzuweisen, allerdings kräftigere Stämmchen; sie waren breit verzweigt, buschiger, weniger chlorotisch, also vitaler als zum ersten Untersuchungstermin, was auf das funktionsfähigere Wurzelsystem zurückzuführen sein dürfte.

Eine schlechte Ausbildung von Wurzeln und Mykorrhizen wurde durch Stichprobenuntersuchungen an schwachwüchsigen jungen Fichten an verschiedenen ähnlichen, zum Teil wesentlich weniger extremen Standorten im Bereich subalpiner Fichtenwälder und noch einige Jahre nach der Pflanzung festgestellt.

Autochthone Jungfichten in unmittelbarer Nachbarschaft wiesen in der Regel gut entwickelte und verzweigte Mykorrhizen auf.

Die Wachstumsverzögerung, die durch eine Degeneration der Pflanzgarten-Mykorrhizen verursacht wird, ist nicht beeinflusst durch die Herkunft des Pflanzenmaterials.



Abb. 1: dünne, nahezu unverzigte Kurzurzeln (1, 2),
Fläche I, 1967.



Abb. 2: gut ausgebildete Mykorrhizen (8),
Fläche II, 1967.



3. Die Pilze

Die Aufnahmen der Pilze und Pilzaspekte (Tabelle 4) beschränkt sich auf Mykorrhizapilze der Probestellen sowie der vergleichbaren Pflanzengesellschaften der Aufforstung. Sie wurden 1967 und 1977 während der Vegetationsperiode (VI - IX) in Abständen von etwa 8 Tagen durchgeführt, in den dazwischen liegenden Jahren als Stichproben.

Einer Artenzahl von 5 im Callunetum und 8 im Deschampsia-Rasen im Jahre 1967 stehen 10 bzw. 21 Arten im Jahre 1977 gegenüber. Am extremen Standort I wurden 1967 keine Fruchtkörper gefunden, während 1977 erstmals 2 Arten aufgetreten sind, die 10 Jahre vorher schon in den anderen Flächen zu finden waren.

Es zeichnet sich bei den Pilzfruchtkörpern, ähnlich wie bei den Mykorrhiza-Typen eine deutliche Sukzession ab.

Die angeführten Arten kommen auch in den angrenzenden Wäldern vor, es war aber ein auffallender Unterschied in der Häufigkeit des Auftretens festzustellen.

Bereits 1967, also 4 Jahre nach der Aufforstung konnte ein Massenaufreten von *Boletus edulis* (Herrenpilz), *Leccinum vulpinum* fm. *piceinum* (Fuchsröhrling), *Amanita muscaria* (Fliegenpilz) und *Lactarius bresadolianus* beobachtet werden; die Aspekte wechselten in der genannten Reihenfolge. Die Fruchtkörper treten häufig im Wurzelbereich, also in engem Kontakt mit den Jungpflanzen auf (Abb. 3). Diese Arten erreichten in der bearbeiteten Aufforstungsfläche auch die höchsten und extremsten Standorte.

Leccinum war vorwiegend auf das Callunetum beschränkt, während *Amanita* in grasigen Flächen dominiert.

Boletus edulis, *Leccinum vulpinum* fm. *piceinum* und *Lactarius bresadolianus*, waren sowohl 1967 als auch 1977 innerhalb der Flächen ihres Vorkommens mehr oder weniger regelmäßig verteilt, während *Amanita muscaria* zu beiden Terminen an ganz bestimmten Standorten gefunden wurde.

Auch *Russula foetens* scheint bestimmte Areale im Callunetum über längere Zeiträume zu behaupten.

Interessant erscheint die Pilzflora autochthoner Fichtenhorste. *Albatrellus confluens*, der Schafporling war zum Beispiel nur im Wurzelbereich solcher jüngerer Pflanzen im Callunetum zu finden, nicht aber bei benachbarten, aufgeforsteten Fichten, deren Begleiter ausschließlich Fuchsröhrlinge waren.

Russula adusta oder *Rozites caperata* fruchteten neben älteren Fichten im oberen Bereich des Lawenstriches, während die schlechtwüchsigen Jungpflanzen der benachbarten Fläche I erst im Laufe mehrerer Jahre in *Boletus edulis* und *Lactarius bresadolianus* passende Pilzpartner finden konnten.

Für den angrenzenden Wald wurde keine vollständige Artenliste erstellt. Häufige Arten wie *Tricholoma virgatum*, *Cortinarius allutus*, *C. claricolor* *C. pseudocrassus*, *Sarcodon imbricatum*, wurden bis 1977 nicht in der Aufforstungsfläche gefunden.

Es gibt also im Bereich subalpiner Fichtenwälder spezifische Mykorrhizapilze für Jungpflanzen.

Boletus edulis, *Leccinum vulpinum* fm. *piceinum* und *Amanita muscaria*, *Lactarius bresadolianus* sowie *Dermocybe cinnamomeolutea* und *Chroogomphus helveticus* wurden in anderen Fichtenaufforstungen bis in Höhen von 2100 m gefunden (Taschach, Gurgl); die Pflanzen waren jedoch bereits 20-jährig und primäre Mykorrhizapilze konnten von den später angesiedelten Arten nicht mehr so deutlich unterschieden werden.

Es ist derzeit nicht möglich, sämtlichen Pilzen die entsprechenden Mykorrhiza-Typen zuzuordnen.

Fruchtkörper werden erst ausgebildet, wenn das Wurzelsystem eine gute Verpilzung aufweist.

Pflanzen, in deren Wurzelbereich Fruchtkörper von Mykorrhiza-Pilzen auftreten, sind vital und es wurden keine Ausfälle beobachtet.

Tabelle 4: Vorkommen von Fruchtkörpern von Mykorrhizapilzen im Callunetum, im Deschampsia-Rasen und im flechtenreichen Callunetum.

Mykorrhizapilze	Callunetum		Deschampsia-Rasen		flechtenreiches Callunetum		höchstes Vorkommen in der Aufnahme-fläche
	1967	1977	1967	1977	1967	1977	
<i>Boletus edulis</i>	[++]	[++]	++	++		+	1835 1720
<i>Boletus erythropus</i>		[++]	++	++			1680
<i>Boletus calopus</i>		[++]	++	++			1795
<i>Leccinum vulpinum</i> fm. <i>piceinum</i>	[++]	[++]		+			1800
<i>Xerocomus subtomentosus</i>							1770
<i>Albatrellus confluens</i> *		+	[+++]	[+++]			1800
<i>Amanita muscaria</i>	[++]	[++]	+				1750
<i>Amanita rubescens</i>				+			1745
<i>Amanita pantherina</i> var. <i>abietinum</i>		++		+++			1740
<i>Chroogomphus helveticus</i>				+			1720
<i>Tricholoma imbricatum</i>				+			1640
<i>Tricholoma vaccinum</i>				+++			1750
<i>Laccaria bicolor</i>			+++	+			1740
<i>Cantharellus cibarius</i>			+	+			1740
<i>Macrolepiota procera</i>				+			1740
<i>Lactarius deterrimus</i>				+++			1830
<i>Lactarius bresadolianus</i>	[++]	[++]		+		+	1750
<i>Lactarius picinus</i>				+			1740
<i>Lactarius mitissimus</i> *				+			1750
<i>Russula foetens</i>	[+]	[+]					1790
<i>Russula queletii</i>		+					1720
<i>Dermocybe cinnamomeolutea</i>				+			1740
<i>Dermocybe crocea</i>							1760
<i>Cortinarius duracinus</i> var. <i>raphanicus</i>		+					1720
<i>Lycoperdon gemmatum</i>				++			

Nomenklatur nach MOSER 1978

+ vereinzelt

++ reichlich

+++ sehr häufig

* Umrandung kennzeichnet aspektbildende Arten
nur neben autochthonen, älteren Bäumchen

In der Untersuchungsfläche dominieren bereits 4 Jahre nach der Aufforstung die Röhrlinge mit 4 Arten. Röhrlinge zählen im Bereich subalpiner Wälder und besonders an der Waldgrenze zu den wichtigsten Mykorrhizabildnern für Zirbe mit *Suillus plorans*, *S. placidus*, *S. sibiricus*, Lärche mit *Suillus grevillei*, *S. nubeschii*, *S. tridentinus* und offensichtlich auch der Fichte mit *Boletus edulis* und *Leccinum vulpinum* fm. *piceinum*.

Diese bisherigen Ergebnisse erlauben die Annahme, daß bei Fichtenaufforstungen in Hochlagen eine Starthilfe durch geeignete Mykorrhiza-Symbionten die Adaptionschwierigkeiten der Pflanzen verringern kann. Es sollte dabei berücksichtigt werden, daß sowohl die Mykorrhiza-Ausbildung als auch die Verteilung der Pilzsymbionten eine starke Abhängigkeit von Boden und Vegetation zeigen.

Frl. E. Stremitzer und Herrn M. Schuchter möchte ich für die Mitarbeit danken.

ZUSAMMENFASSUNG

Untersuchungen über die Mykorrhiza-Ausbildung sowie das Auftreten von Mykorrhiza-Pilzen wurden in 3 verschiedenen Pflanzengesellschaften eines südexponierten Lawenstriches in einer Höhe von 1700 bis 1840 m durchgeführt und zwar 4 bzw. 14 Jahre nach der Aufforstung mit 4-jährigen Fichten.

Der Mykorrhiza-Typ, den die Pflanzen an ihren Wurzeln aus dem Pflanzgarten mitbrachten, war für alle 3 Standorte nicht geeignet. Im Callunetum und Deschampsia-Rasen war er nach 4 Jahren durch verschiedene Mykorrhiza-Typen ersetzt, während am relativ extremen Standort in 1840 m Höhe zunächst keine Ersatz-Symbionten vorhanden waren. Das schlechte Wachstum von jungen Fichten in Hochlagen kann - unabhängig von der Herkunft - auf eine Degeneration der ursprünglichen Mykorrhizen zurückzuführen sein.

In der Aufforstungsfläche traten eine Reihe von Mykorrhiza-Pilzen in auffallend engem Kontakt mit den Jungpflanzen auf. *Leccinum vulpinum* fm. *piceinum*, *Boletus edulis*, *Amanita muscaria* und *Lactarius bresadolianus* dominierten. Verschiedene andere Pilzarten wurden dagegen nur im Wurzelbereich älterer autochthoner Fichten gefunden.

Eine Impfung mit spezifischen Mykorrhizapilzen von Jungpflanzen könnte Anpassungsschwierigkeiten von Fichtenpflanzen an Aufforstungsstandorten in Hochlagen verringern.

Schlüsselwörter: Mykorrhiza-Anpassung an Hochlagenstandorte, Pilzsymbionten von Jungfichten.

SUMMARY

Investigations on Mycorrhizae in Afforestation with Norway Spruce (*Picea abies*) in the Sellrain Valley (Tyrol)

Investigations into the development of mycorrhizae and the incidence of mycorrhiza fungi were conducted in three different communities of a south-facing avalanche slope at an altitude of 1700 - 1840 m four years, and again fourteen years after reafforestation with four-year-old spruce.

The type of mycorrhiza found on the roots of the plants from the nursery was unsuited to all three sites. After four years it had been replaced by various types of mycorrhiza in a Callunetum and a Deschampsia meadow, while no replacement symbionts were found in the relatively extreme site at 1840 m. Regardless of provenance, the poor growth of young spruce at high altitudes may be due to the degeneration of the original mycorrhizae.

In the reforestation area a number of mycorrhiza fungi were found in remarkably close contact with the young plants. *Leccinum vulpinum* fm. *piceinum*, *Boletus edulis*, *Amanita muscaria* and *Lactarius bresadolianus* were predominant. Various other fungi were only found on the roots of older autochthonic spruce.

Inoculation with the specific mycorrhiza fungi of young spruce could reduce the adaptive difficulties of young plants in high-altitude reforestation.

Keywords: Adaption of mycorrhizae to high altitude sites.

LITERATUR

GÖBL F., 1967: Mykorrhiza-Untersuchungen in subalpinen Wäldern. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 75, 335 - 356.

MOSER M., 1978: Die Röhrlinge und Blätterpilze. Gustav Fischer-Verlag Stuttgart, New York.

ÜBER PILZKRANKHEITEN IN HOCHLAGENAUFFORSTUNGEN

Edwin DONAUBAUER

EINLEITUNG

Schon bald nachdem man in Österreich Anfang der 50er Jahre die Aufforstung ehemals bewaldeter, subalpiner Hänge in Praxis und Forschung zu einem Schwerpunktprogramm erklärt hatte, zeigte sich sehr eindringlich, daß Pilzkrankheiten unter den herrschenden ökologischen Verhältnissen den Erfolg der Bemühungen in Frage stellen, bzw. zunichte machen können. Zuerst zogen die Schneeschüttepilze - unter diesen besonders *Phacidium infestans* Karst., der weiße Schneeschimmel der Zirbe - die Aufmerksamkeit auf sich, weil schneereiche Winter zu besonders augenfälligen Schadensbildern in Naturverjüngungen und Aufforstungen geführt hatten (DONAUBAUER 1963). Erst 1968 wurde an mehreren Orten gleichzeitig das stärkere Auftreten eines Triebsterbens an Zirbe und Lärche registriert und seither in die Untersuchungen einbezogen; als Erreger stehen hier *Scleroderris lagerbergii* Grem. an Zirbe und *Encoeliopsis laricina* Ettl. an Lärche im Vordergrund.

Diese Entwicklung sollte eigentlich nicht überraschen, da man schon vor einigen Dezennien in der Schweiz mit denselben Schaderregern in subalpinen Aufforstungen gleiche Erfahrungen gemacht hatte (vgl. TERRIER 1942; ETTLINGER 1945).

Der Problembereich Pilzkrankheiten in Hochlagenaufforstungen wird vom Institut für Forstschutz seit 1957 bearbeitet; angesichts der zunehmenden Schäden wurde das Programm vor einigen Jahren intensiviert. Die in Frage stehenden Pilzkrankheiten besitzen nicht nur in Österreich eine große Bedeutung, sodaß sich viele Phytopathologen Europas, Nordamerikas und Japans damit auseinandersetzen. Dies bietet die Möglichkeit, eigene Erfahrungen und Ergebnisse in das Mosaik anderer Untersuchungsergebnisse einzufügen. In diesem Bericht möchte ich jene Ergebnisse zusammenfassen, die besonders für die Praxis zur Erkennung der Krankheiten und zur Mitwirkung an der Minderung der Schäden wesentlich erscheinen.

1. SCHNEESCHÜTTE — KRANKHEITEN

In den Hochlagenaufforstungen muß man mit dem Auftreten von drei Schneeschütte-Krankheiten rechnen, die in enger Beziehung zu den kleinklimatischen Verhältnissen unter der Schneedecke stehen; die Stärke des Schadaufretens korreliert daher sehr auffällig mit der Mächtigkeit und Dauer der Schneedecke im jeweiligen Jahr und auf dem besonderen Kleinstandort.

1.1. *Phacidium infestans* Karst.:

Dieser Pilz ist als bedeutender Krankheitserreger in Kiefernkulturen (*Pinus silvestris* L.) Nordeuropas bekannt. In den Alpen tritt er nur als Feind der Zirbe (*Pinus cembra* L.) in Erscheinung, weil andere Kiefernkulturen in der adäquaten Höhenlage bzw. auf vergleichbaren Standorten fehlen.

Eine entsprechende Schneebedeckung gewährleistet an der Bodenoberfläche und in den Hohlräumen um Zweige die notwendige Wasserdampfsättigung, wie den Schutz vor Strahlung (UV) und bietet durch die isolierende Wirkung Temperaturbedingungen, die zwar für den Pilz nicht optimal sind, aber sein Gedeihen noch ausreichend ermöglichen.

Unter solchen Bedingungen wächst das Mycel aus den im Vorjahr befallenen Teilen aus, breitet sich schimmelartig, oberflächlich aus, umwuchert gesunde Nadeln, dringt in diese ein und

bringt sie schließlich zum Absterben. Das weißlich-graue Luftmycel ist nur knapp nach dem Ausapern sichtbar. Die erkrankten Nadeln verfärben sich dann rasch, werden zuerst hellbraun und bleichen im Laufe der Monate Juli/August aus; da die Nadeln nicht abfallen, ergibt sich daraus ein auffallendes Befallsbild. Während des Sommers - häufig erst im Herbst - entwickeln sich die Fruchtkörper des Pilzes (Apothezien), die dann durch die mehr- oder weniger sternförmig aufreißende Epidermis hervorbrechen.

Die Infektion gesunder Pflanzen oder Zweige erfolgt bevorzugt und mit besonders starker Wirkung durch das Luftmycel, das aus benachbarten, in der Vorsaison infizierten Nadeln auswächst. Dies läßt sich sehr einfach dadurch demonstrieren, daß man infizierte Zweige zu gesunden Pflanzen legt. Die Ferninfektion findet durch Sporen, die bei feuchtem Wetter (peitschendem Regen!) abgegeben werden, oder durch das Vertragen infizierter Nadeln durch Sturm statt.

Durch die Markierung und jahrelange Beobachtung zahlreicher Pflanzen konnte belegt werden, daß in nahezu 100 % der Fälle ein kleiner Infektionsherd (z.B. kleiner Seitenzweig) ausreicht, um eine Pflanze im Laufe mehrerer Jahre allmählich ganz zu befallen und zu töten. Die Chance der Pflanze besteht darin, daß es ihr gelingt, während einiger schneeärmerer Jahre aus der gefährdeten Zone unter Schnee zu entwachsen.

Die Zirbenpflanzen sind etwa ab einer Höhenlage von 1700 m gefährdet, wobei aber die meist durch das Relief oder durch Bäume bedingte Schneeablagerung und Ausaperungszeit die wesentlichste Rolle spielt. Hieraus leitet sich für die Praxis der Hochlagenaufforstung die wirksamste Vorbeugung ab:

- Alle Lagen, in denen mit den gefährdenden Schneeablagerungen zu rechnen ist, sollen von der Aufforstung ausgenommen werden.
- Die frühzeitige Entfernung (nach Ausapern) erkrankter Pflanzen und Pflanzenteile verringert die Ansteckungsgefahr beträchtlich und soll, wo immer dies möglich ist, durchgeführt werden.
- Das Setzen von Pflanzen in der Nachbarschaft infizierter Bäume hat wenig Erfolgsaussichten und soll daher unterbleiben.

1.2. *Herpotrichia juniperi* (Duby) Petrak und *Herpotrichia Coulteri* (Peck) Bose:

Diese beiden Erreger des Schwarzen Schneeschimmels stellen lediglich für die Fichte eine wirtschaftlich bedeutende Bedrohung dar. *H. juniperi* tritt schon in Höhenlagen ab etwa 800 - 1000 m ü. NN in Baumschulen und Kulturen in Erscheinung. In den höheren Lagen - etwa ab 1000 m ü. NN - tritt *H. Coulteri* mehr an seine Stelle (BAZZIGHER 1976a; 1976b). Im makroskopischen Erscheinungsbild gleichen sich beide Krankheitserreger vollkommen. Der Schwarze Schneeschimmel stellt an die ökologischen, besonders an die kleinklimatischen Verhältnisse dieselben Bedingungen, wie dies bereits bei *Phacidium infestans* kurz angedeutet worden war. Die Ansprüche an die Umwelt wurden bereits von GÄUMANN, ROTH und ANLIKER, 1934, ausführlich behandelt und geklärt.

2. TRIEBSTERBEN VON ZIRBE UND LÄRCHEN

2.1. *Scleroderris lagerbergii* Gremmen:

Dieser seit fast hundert Jahren bekannte Erreger eines Triebsterbens an Pinus-Arten (kommt aber auch an *Picea* spp. und in Japan sogar auf *Abies sachalinensis* vor; vgl. DONAUBAUER 1972) war letztlich Ende des vorigen Jahrhunderts und im ersten Drittel dieses Jahrhunderts dafür verantwortlich, daß zahlreiche *Pinus nigra*-Bestände in Skandinavien, Schottland, Nordwest- und Osteuropa zugrunde gingen. Die größte Bedeutung genießt der Pilz gegenwärtig in Nordamerika, wo man im Nordosten der USA und in Canada (bes. in den Provinzen Ontario, Quebec) durch den großflächigen Anbau von *Pinus resinosa* Ait., *P. banksiana* Lamb. und

zum Teil auch *P. sylvestris* L. offenbar die nötigen Voraussetzungen für das epidemische Auftreten des Pilzes geschaffen hatte (SKILLING 1977).

Es scheint sich mehr und mehr abzuzeichnen, daß der Pilz vor allem dort verheerende Schäden verursachen kann, wo man eine bestimmte Wirtsbaumart oder deren Herkunft zu weit nördlich ihres autochthonen Verbreitungsgebietes anbaut. Inkongruenz von Umweltbedingungen und genetisch fixierte physiologische Gegebenheiten auf Seite der Wirtspflanze bedingen offenbar eine erhöhte Anfälligkeit.

Die systematische Stellung des Pilzes ist in seiner Nebenfruktifikation seit langem nicht mehr umstritten, sodaß der Name *Brunchorstia pinea* (Karst.) v. Höhn. Auch in der Praxis geläufiger ist als jener der Hauptfruchtform: *Scleroderris lagerbergii* Gremmen, (ältere Synonyma vgl. DONAUBAUER 1974) wird durch Schweizer Autoren (SCHLÄPFER-BERNHARD 1969; BAZ-ZIGHER 1971) *Ascocalyx abietina* (Lgbg.) genannt, während sich ansonsten nach dem Vorschlag MORELETs (1969) die Bezeichnung *GREMMENIELLA abietina* (Lgb.) MORELET eingebürgert.

Über das weit verbreitete Vorkommen des Pilzes in Österreich habe ich früher berichtet (DONAUBAUER 1974), von wirklich großer Bedeutung ist dieser Krankheitserreger aber nur an *Pinus cembra* in Hochlagenaufforstungen.

Die Krankheitserscheinungen an jungen Zirbenpflanzen werden oft nicht mit einer Pilzinfektion in Zusammenhang gebracht und mitunter für Frost- bzw. Frostrocknisschäden gehalten. Der Krankheitsverlauf und die auftretenden Symptome lassen aber in den meisten Fällen eine klare Diagnose zu.

Folgende Fälle findet man häufig: An einem oder wenigen Trieben einer Pflanze sind die Terminalknospen abgestorben; meist ist auch der anschließende Triebteil auf kurzer Strecke (ein- bis mehrere Zentimeter) tot; dies erkennt man daran, daß sich die Nadel-Faszikel an ihrer Basis zu bräunen beginnen und diese Verfärbung allmählich auch die distalen Nadelpartien erreicht. Am häufigsten kann man dieses Symptom im Frühjahr und Frühsommer finden, doch kommt es gelegentlich auch im Herbst vor. Sehr häufig ist der Leittrieb befallen; doch auch durch das Einwachsen des Pilzes vom Seitentrieb her, kann der Leittrieb zum Absterben gebracht werden. Auf diese Weise werden nicht selten mehrjährige Triebe getötet, wobei sich an der Insertionsstelle zuerst ovale Nekrosen bilden, diese werden häufig von einem Kallus abgegrenzt, doch vermag der Pilz in der Zeit der Wachstumsruhe über diese Abgrenzung hinauszudringen; so entstehen oft mehrjährige Rindennekrosen (canker), bis schließlich eine Ringelung des Triebes erreicht ist und der darüber liegende Teil abstirbt.

Die Pyknidienfruktifikation ist an den toten Knospen, auf den basalen Teilen der Nadeln und auf der Rinde der toten Triebteile zu beobachten. Pyknidien und Apothezien treten oft in großer Zahl auf den mehrjährigen Rindennekrosen auf. Apothezien entwickeln sich auf den toten Trieben meist erst einige Monate oder sogar ein Jahr nach dem Erscheinen der Nebenfruchtform.

Das *Scleroderris*-Triebsterben kann zwar an Zirben jeden Alters gefunden werden, doch ist es nach den bisherigen Beobachtungen nur an jungen, etwa bis 20-jährigen Pflanzen von lebensbedrohender Bedeutung. Das Alter des Baumes selbst dürfte weniger Rolle spielen, als die Nähe anfälliger Triebe zur Bodenoberfläche, da hauptsächlich Pflanzen und Pflanzenteile bis etwa ein- bis eineinhalb Meter Höhe gefährdet erscheinen. Ferner tritt die Krankheit in den geringeren Höhen (etwa 1700 - 1800 m ü. NN) kaum epidemisch auf und die Schäden nehmen mit der Höhenlage deutlich zu. Dies läßt vielleicht an den Schnee (Schneedeckendauer, Mächtigkeit) als bedeutendsten, prädisponierenden Einfluß denken, wie dies bei den Schneeschütten der Fall ist. Dagegen sprechen aber folgende Erhebungsergebnisse: Die Krankheit zeigt weder am Kleinstandort noch in seiner geographischen Verbreitung eine engere Beziehung zu den Schneeverhältnissen; d.h., daß sich auf den betroffenen Schadensflächen keine kleinstandörtlichen Beziehungen (Ökogramm) herstellen lassen und daß es zwar von den Aufforstungsflächen im östlichsten natürlichen Zirbengebiet (Zirbitzkogel/Stmk.) über die obersteirischen und Salzburger Aufforstungen bis in die Tiroler Hochlagen epidemische Auftreten in unterschiedlichster Flächenausdehnung (bis zu mehreren 100 Hektaren) gibt, doch dazwischen auch Gebiete vorkommen, die eine erstaunliche Gesundheit - in bezug auf diese Krankheit - zeigen: Dies ist mir z. B. aus den Aufforstungen am Mur-Ursprung (Gebiet Strickler-

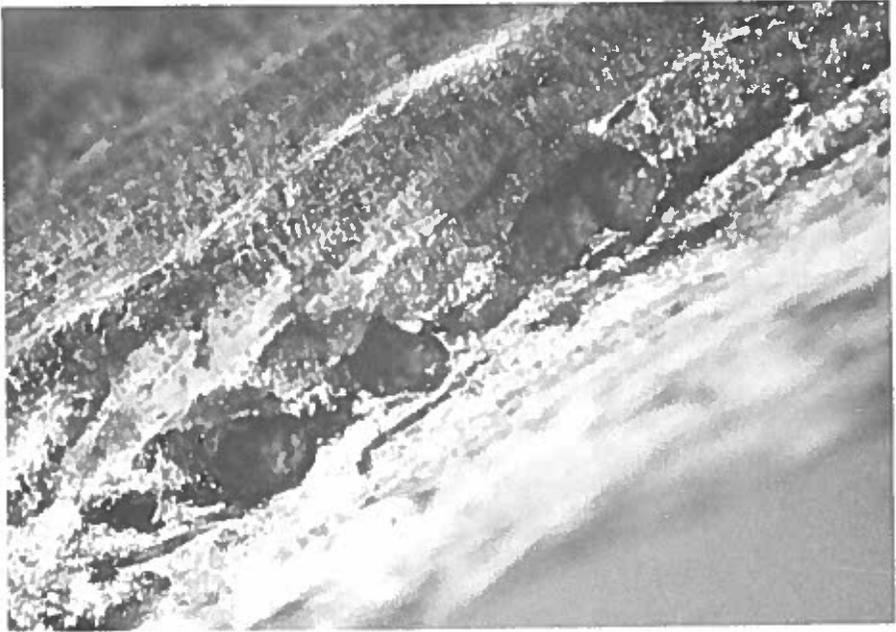


Abb. 1: Pyknidienfruktifikation von *Encoeliopsis laricina* aus der Rinde eines Lärchentriebes hervorbrechend.

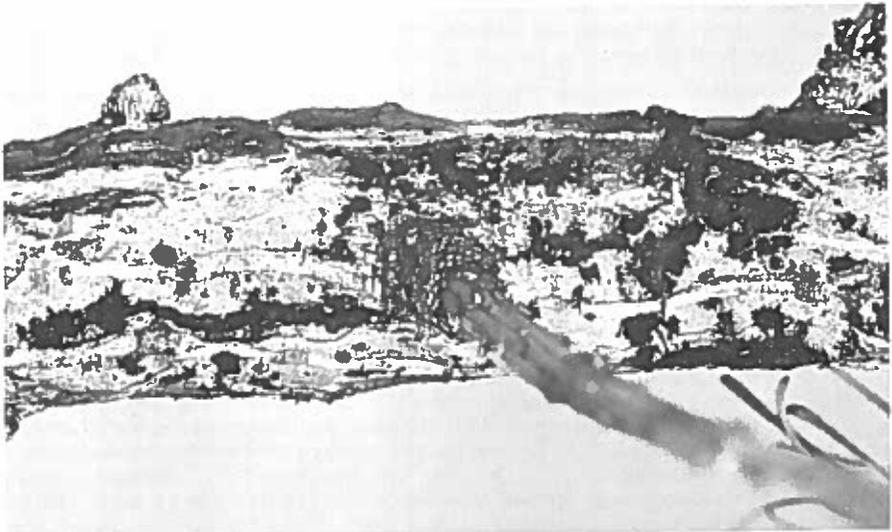


Abb. 2: Rindennekrose durch *E. laricina* mit zahlreichen Fruchtkörpern (Pyknidien und Apothecien); im Zentrum der Nekrose infizierter Langtrieb.

hütte Lungau/Sbg.) und aus dem inneren Ötztal bekannt. In diesen beiden Gebieten konnte bisher trotz mehrmaliger eifriger Suche kein Nachweis für das Vorkommen des Pilzes gebracht werden. Eine Erklärung für dieses Phänomen kann ich nicht anbieten, doch fällt auf, daß es sich in beiden Fällen um Gebiete mit einem stark inneralpin-kontinentalen Klima handelt.

Stellen wir uns die Frage nach den Ursachen der zunehmenden Schäden, so können wir folgende Faktoren in Betracht ziehen: Der pathogene Pilz war zwar immer schon endemisch an Zirbe in Hochlagen vorhanden, doch hatte man durch die Aufforstungstätigkeit eine große Anzahl von Wirtspflanzen angeboten, die sich durch Gleichaltrigkeit ebenso auszeichneten, wie durch die zwangsläufig gegebene Tatsache, daß sie nicht autochthon waren und sogar meist aus tiefer gelegenen Herkünften entstammten; sie waren somit generell in den neuen Standortsbedingungen besonderen Belastungen ausgesetzt; das verstärkte Angebot an Wirtsmaterial führte nach der Infektion zur Ausbildung zahlreicher Fruktifikationsorgane des Pilzes und somit in der Folge zu einer ständigen Steigerung des Infektionsdruckes durch das massenhafte und überall gegenwärtige Inokulum. Hiedurch läßt sich die allmähliche Entwicklung der Epidemien erklären. Gleichzeitig dürften wir jedoch auch die Möglichkeit nicht ganz außeracht lassen, daß es vielleicht auch auf seiten des Pilzes Veränderungen seiner Virulenz gegeben haben kann, (die Existenz unterschiedlicher Virulenz bei verschiedenen Pilz-Herkünften erscheint jedenfalls gegeben zu sein, vgl. DONAUBAUER 1974), doch fehlen belegte Hinweise über eine Virulenz-Änderung im Gebiet der Hochlagenaufforstungen.

Darüber hinaus sollten wir aber auch daran denken, daß der Krankheitserreger in eine Aufforstungsfläche eingeschleppt werden kann. Den Aufbau einer Epidemie in Aufforstungen kann man sich in der Nachbarschaft befallener autochthoner Zirben erklären, doch gibt es auch Epidemien, die sich spontan und relativ entfernt von möglichen Krankheitsherden entwickeln (z. B. Aufforstung Hippach/Tirol). In solchen Fällen wäre auch an die Einschleppung infizierten Materials (Infektion im Forstgarten?) zu denken; das Auftreten des Pilzes in Forstgärten ist mehrmals nachgewiesen, doch wäre die Frage bei Zirbe erst näher zu untersuchen. Jedenfalls erscheint es vorsichtshalber zweckmäßig, Zirbenforstgärten nicht in der unmittelbaren Nachbarschaft anderer Wirtsbaumarten (bes. *Pinus sylvestris*) anzulegen.

Wie bereits weiter oben erwähnt wurde, gibt es erfreulicherweise auch Aufforstungsflächen, die bislang vom Kiefertriebsterben verschont geblieben sind; offen bleibt aber vorderhand die Frage, ob dies durch die Absenz des Inokulums oder durch eine besondere genetische oder phänologische Widerstandskraft der dortigen Pflanzen bedingt war.

2.2. *Encoeliopsis laricina* (Ettl.) Groves:

Der Erreger des Lärchentriebsterbens ist erstmals 1940 in Schweizer Hochlagenaufforstungen (Alberti-Aufforstung, Davos) als gefährlicher Schadpilz entdeckt (ETTLINGER 1945) und mittlerweile auch in Frankreich und Nordamerika (USA und Canada) gefunden worden (FUNK 1969, GROVES 1969, SCHLÄPFER-BERNHARD 1969). In Österreich konnte ich diesen Pilz erstmals 1968 als Ursache eines besorgniserregenden Triebsterbens in einer Hochlagenaufforstung bestätigen (DONAUBAUER 1971). Bei allen bisher bekannten Vorkommen handelt es sich um subalpine Standorte.

Die vermehrten Lärchenaufforstungen schienen - ähnlich wie beim Kiefertriebsterben - die Voraussetzungen für ernste Epidemien geschaffen zu haben. Die Ereignisse seit meinem ersten Bericht über diese Krankheit in Österreich lassen die Aussage zu, daß das Lärchentriebsterben imstande ist, alle Lärchenaufforstungen etwa ab einer Meereshöhe von 1900 - 2000 m vollkommen in Frage zu stellen.

Die Krankheitserscheinungen werden ähnlich wie beim Kiefertriebsterben oft für Frost- bzw. Frosttrockenschäden gehalten, doch kann man auch hier einige Symptome zur Unterscheidung heranziehen. Am deutlichsten ist dies makroskopisch etwa ab Ende August zu sehen, wenn sich die Nadeln an befallenen Langtrieben zu bräunen beginnen und man bald darauf an diesen, im laufenden Jahr gebildeten Trieben die Pyknidienfruktifikation des Erregers findet (Abb. 1). Neben dem Absterben von Langtrieben findet man auch getötete Kurztriebe, an deren Basis sich dann oft Rindennekrosen bilden. Die Ausbildung mehrjähriger Rindennekro-



Abb. 3:
Zirka 20 Jahre alte Lärche
mit starkem Befall durch
Encoeliopsis laricina.



Abb. 4: Lärchenkultur abgestorben durch das Lärchentriebsterben.

sen (canker) mit mehr oder weniger deutlich erkennbaren Kallusringen findet analog zum Kiefertriebsterben statt. Im Zentrum der Nekrosen ist fast immer ein Kurztrieb zu finden, seltener ist dort ein toter Langtrieb inseriert (Abb. 2). Durch diese "canker" kann es zur Ringelung mehrjähriger Triebteile kommen.

Es bestehen somit sehr weitgehende Parallelen zum Kiefertriebsterben. Dies gilt auch für die Tatsache, daß das Lärchentriebsterben sowohl an Bäumen aus natürlicher Verjüngung, wie an gepflanzten Individuen vorkommt.

Der Verlauf der Krankheit an befallenen Pflanzen geht unterschiedlich rasch vor sich. So hat die Beobachtung markierter Lärchen gezeigt, daß manchmal jahrelang nur einige wenige Triebe getötet werden; in anderen Fällen schreitet die Erkrankung progressiv von Jahr zu Jahr fort, bis die Wirtspflanze gleichsam einer Allgemeininfektion und "Erschöpfung" zum Opfer fällt. In manchen Jahren ist auch eine Stagnation oder mitunter sogar eine Erholung befallener Pflanzen zu beobachten. Alle diese Beobachtungen deuten auf einen sehr starken Einfluß der jeweiligen Jahreswitterung hin (Abb. 3).

Im allgemeinen können wir nach den bisher vorliegenden Beobachtungen und Untersuchungen jedoch festhalten, daß die Krankheit mit zunehmender Seehöhe an Bedeutung gewinnt. Wenn gleich es viele Jahre dauern kann, bis eine lokal eng begrenzte oder großflächige Epidemie auffällt, ist es bisher nachweisbar, daß Lärchenaufforstungen über 2000 m ü. NN keine Chancen haben zu überleben. Die Kulturen sehen oft in den ersten 10 - 15 Jahren gesund aus, doch wird dann in zunehmendem Maße das Triebsterben evident, um schließlich - manchmal erst nach weiteren 10 Jahren - zum flächenweisen Absterben zu führen (Abb. 4).

In den Endphasen einer Epidemie sind kleinklimatische Einflüsse bisher nicht mehr erkennbar gewesen, weil offenbar durch den außerordentlichen Infektionsdruck keine nennenswerten Unterschiede in der Befallsstärke zu beobachten sind. Wir halten daher besonders einige jener Aufforstungen unter ständiger Beobachtung, in denen die Krankheit zwar vorhanden, aber noch nicht epidemisch ausgebrochen ist. Besonders in einer dieser Flächen (Mur-Ursprung, Südhang) haben sich im Laufe der letzten Jahre kleine Epidemieherde gebildet, die in den höchsten Lagen zusammengelaufen sind und zum Tod nahezu aller Pflanzen geführt haben, in den darunter liegenden Flächen (bis ca. 1800 m) findet man aber ebenso mehrere arg betroffene Flächen - scheinbar unregelmäßig am Hang verteilt; ein Zusammenhang zur Schneebedeckung ist nicht belegbar und ebenso ungewiß erscheint es, ob diese tiefer gelegenen Herde mit mehrjähriger Verzögerung auch zum Ausfall der ganzen Flächen führen.

3. VORBEUGUNGS- UND BEKÄMPFUNGSMASSNAHMEN

Die Schwierigkeiten, die sich nun aus dem epidemischen Auftreten ergeben haben, waren nur zum Teil vorher zu vermuten bzw. aus der einschlägigen Fachliteratur zu schließen. Die gegebene Situation erfordert nun aber ein konsequentes Eingehen auf die entstandenen Probleme. Allerdings ist vieles über die Wirt-Parasit-Beziehungen in Hochlagenaufforstungen noch unzureichend bekannt, sodaß alle Empfehlungen mit der Zunahme unseres Wissens ständig zu modifizieren sein mögen. Da der Sinn und Zweck der Aufforstungen ehemals bewaldeter Hochlagen aber unverändert anzuerkennen ist, sollten wir versuchen, die erfolgsmindernden Risiken bereits mit unserem unvollständigen Wissen zu verringern oder zu vermeiden versuchen. In diesem Sinn mögen die nachfolgenden Gedanken und Hinweise und auch die kurz gefaßten Empfehlungen des Anhangs verstanden werden.

3.1. Schneeschütte - Krankheiten

Zielführende Gegenmaßnahmen erscheinen bei diesen Krankheiten am ehesten von Erfolg begleitet, da die wesentlichen kleinklimatischen Voraussetzungen für die Befallsituation bekannt sind und auch mehrere Ergebnisse von Bekämpfungsversuchen vorliegen: Eine weitgehende Vorbeugung ist durch die praktische Anwendung des Ökogrammes möglich (vgl. AULITZKY

1963); d. h., daß man bei der Aufforstung auf die durch die Vegetation angezeigten allgemeinen Schneeverhältnisse Rücksicht nehmen und dadurch das Befallsrisiko bereits dadurch erheblich mindern kann, daß man die gefährdeten Geländestellen ausspart. Es kann allerdings aus besonderen Gründen notwendig erscheinen, auch gefährdete Standorte aufzuforsten oder es können sich manche Lagen allein dadurch zu gefährdeten Flächen entwickeln, weil sich mit dem Heranwachsen der Pflanzen mehr Schnee ablagert. In solchen Fällen kann man die Pflanzen solange mit Fungiziden bewahren, bis sie der bodennahen Gefahrenzone entwachsen sind. Hier sind besonders die Erfahrungen wertvoll, die bei Experimenten in der Schweiz erzielt worden sind: So haben sich sogenannte herbstliche Reserve-Spritzungen mit einer hochkonzentrierten Maneb-Brühe (4 % Wirkstoff) durch eine mehrere Jahre anhaltende Wirkung bewährt. Die lange Wirksamkeit ist gerade beim langsamen Wachstum der Forstpflanzen in Hochlagen von größter wirtschaftlicher Bedeutung (vgl. BAZZIGHER 1976b und 1978). Aus wirtschaftlichen, technischen und umweltökologischen Gründen kann ich mir aber nicht vorstellen, daß man derartige Fungizidanwendungen routinemäßig in allen Hochlagenaufforstungen durchführt.

3.2. Triebsterben - Krankheiten

Beim Kiefern- und Lärchentriebsterben empfiehlt es sich, extreme Hochlagen vorderhand von der Aufforstung auszuklammern, verseuchte Gebiete nicht aufzuforsten oder nachzubessern, bis nicht eine mechanische und chemische Sanierung den Infektionsdruck so weit gemildert hat, daß ein Erfolg wahrscheinlicher wird. Es wird ferner erst zu prüfen sein, inwieweit Fungizidbehandlungen erfolgversprechend und vertretbar erscheinen, da die Hauptinfektionszeit von jener der Schneeschimmel-Pilze differiert und nach den vorliegenden Untersuchungen in die Zeit des Triebwachstums fällt, wäre für eine Fungizidbehandlung ein ganz anderer Termin (Juni/Anfang Juli) vorzusehen, als für die Schneeschimmelbekämpfung (September/Oktober). KLINGSTRÖM & LUNDBERG, 1978, haben gezeigt, daß eine chemische Bekämpfung von *Phacidium infestans* und *Scleroderris lagerbergii* durch eine viermalige Fungizidbehandlung pro Jahr möglich wäre; eine so häufige Behandlung schließt sich aber für Hochlagenaufforstungen aus mehreren Gründen aus.

Es gibt Hinweise dafür, daß sich Wirt-Provenienzen gegenüber *Phacidium infestans* und *Scleroderris lagerbergii* in ihrer Anfälligkeit unterscheiden können; dies wurde vor allem bei *P. sylvestris* und *P. banksiana* festgestellt (ROLL-HANSEN, 1972; DIETRICHSON, 1968, TEICH 1968), während sich bei einem Experiment mit *P. nigra*-Varietäten solche Unterschiede einmal andeuteten, in einer anderen Untersuchung aber nicht nachweisen ließen (STEPHAN, 1970; SIEPMANN, 1978). *P. cembra* und *Larix decidua* wurden in dieser Hinsicht überhaupt noch nicht näher untersucht. Ein Einfluß der Provenienz liegt aber doch sehr nahe, wenn man bedenkt, daß viele Herkünfte (die in Österreich angebaut worden sind) aus Höhenlagen von 1200 - 1500 m ü. NN gestammt hatten und dann oft über 2000 m ü. NN gepflanzt wurden. Es wird jedenfalls in Hinkunft nachzuholen sein, definierte Herkünfte unter verschiedenen Umweltbedingungen über eine lange Periode von Jahren zu beobachten und in entsprechenden Versuchen die Frage genetisch bedingter Resistenzen oder Anfälligkeiten zu prüfen.

ANHANG

Vorschläge für die künftigen Aktivitäten in der Hochlagenaufforstung

Vorbemerkung: Die Forstliche Bundesversuchsanstalt befaßt sich auf verschiedenen Teilgebieten seit zwei Dezennien mit Fragen der Hochlagenaufforstung. In zunehmendem Maße sind Schäden (in erster Linie durch Pilzkrankheiten und Wildverbiß, aber auch z. T. durch abiotische Ursachen) aufgetreten, die es zweckmäßig erscheinen lassen, auf Grund der bisherigen Untersuchungsergebnisse und der Erfahrungen von Praxis und Wissenschaft (- des In- und Auslandes) folgende Grundsätze zu beachten:

1. Bestehende Aufforstungen:

1.1 Erhebungen: Jährliche Kontrollen des Gesundheitszustandes.

Es ist zweckmäßig, diese Kontrollen möglichst nur von einem oder wenigen Beamten durchführen zu lassen. Diese sollen zur Vereinheitlichung der Ansprache von Schäden eingeschult werden, wozu die FBVA zur Verfügung steht. Neben der übersichtsmäßigen Beurteilung ist die Kontrolle bestimmter Kontrollflächen oder -streifen für objektive Vergleiche wichtig; auf diesen Testflächen sind genauere Aufnahmen (Auszählungen u.dgl.) nötig.

Sofern die Erhebung des ehemals verwendeten Pflanzenmaterials der Herkunft nach zweifelsfrei (durch Protokolle u.dgl.m.) möglich ist, wäre eine solche Information festzuhalten.

1.2. Nachbesserungen: Solche sollen nur unter denselben Voraussetzungen und Grundsätzen durchgeführt werden, wie sie für Neu-Aufforstungen gefordert werden (siehe unten).

Nachbesserungen in Flächen, die ein starkes Auftreten von Pilzkrankheiten aufweisen, sind nur sinnvoll, wenn eine Ursachenanalyse für den Ausfall vorliegt und daraus begleitende Maßnahmen zum Schutz der Nachbesserung ableitbar sind (Als begleitende Maßnahmen wären z.B. hygienische Maßnahmen etwa durch mech. Entfernen des infizierten Materials und/oder chem. Behandlungen anzusehen).

1.3 Waldhygienische Maßnahmen: Die Entfernung kranker und toter Bäume soll überall durchgeführt werden, wo dies irgendwie möglich ist (Verbrennen!). Eine chemische Sanierung (Ausbringung von Fungiziden) wäre wenigstens versuchsweise zu beginnen.

Hygienische Maßnahmen haben den Zweck, die Menge des Inoculum-Angebots zu verringern und damit die Infektionswahrscheinlichkeit (bes. der Nah-Infektionen) zu vermindern; solche Maßnahmen haben daher bei beginnenden Schäden einen höheren Wirkungsgrad.

1.4 Reh- und Gamswild stellt sich in zunehmendem Maße in die Hochlagenaufforstungen ein und verursacht meist erheblichen Schaden. Die zuständigen Jagdbehörden bzw. Jagdinhaber wären in geeigneter Weise zu verstärkter Bejagung besonders in und um Hochlagenaufforstungen anzuhalten.

2. Neu-Aufforstungen:

2.1 Sicherung geeigneten Pflanzenmaterials: Die Grundsätze der Saatgutverordnung sind zu beachten.

Eine Aufforstung soll künftig nur mehr dann durchgeführt werden, wenn die Herkunft geeignet ist und in geeigneter Weise die Provenienzangaben überprüft werden können.

Zur Sicherung geeigneter Provenienzen wäre es am besten, wenn alle Dienststellen selbst die Saatgutgewinnung, Klengung und Anzucht durchführten oder an Ort und Stelle überwachten.

Die Anzucht soll so erfolgen, daß im Forstgarten und bei der Auslieferung keine Verwechslungen der Provenienzen vorkommen können.

Sämtliche Kontrolltätigkeiten u.dgl. wären wegen späterer Rückschlüsse auf etwaige Provenienz-Schwierigkeiten schriftlich festzuhalten.

Nach verschiedenen Untersuchungsergebnissen ist es denkbar, daß das Triebsterben der Zirbe auch aus dem Forstgarten eingeschleppt werden kann; die Anzucht von Zirben soll daher nicht an Orten erfolgen, an denen Kiefernbestände im Umkreis von ca. 200 m vorkommen. Ansonsten ist jedenfalls eine regelmäßige Anwendung von Fungiziden vorzusehen.

2.2 Planung: Aufforstungen über 2000 m SH (im Zentralalpenbereich) sollen nur auf Sonderfälle (oder Versuche) beschränkt bleiben.

Aufforstungen unter 2000 m SH sollen nur geplant werden, wenn geeignete Provenienzen vorhanden sind;

- Aufforstung in gleicher Seehöhe wie Ernteort des Saatgutes (maximale Überschreitung + 100 m; Unterschreitung ohne Limit) und wenn das
- Saatgut aus demselben Wachengebiet stammt, oder
- bei Saatgut aus Südtirol ohne jegliche Überschreitung des Höhenlimits (Ernteorthöhe = maximale Seehöhe der Aufforstungsfläche, gemessen am höchsten Punkt). In diesem Fall ist zu beachten, daß übliche Angaben wie z.B. Herkunft, Ort, 1200 - 1700 m SH, zu ungenau sind!

Ferner ist empfohlen, bei Saatgut aus Südtirol oder adäquaten Lagen, eher 200 m unter der Ernteort-Höhe aufzuforsten; ganz besondere Achtsamkeit ist in dieser Beziehung auch auf die Exposition (Ernteort - Aufforstung) zu richten.

Der Punkt 1.4 gilt für Neu-Aufforstungen analog.

2.3 Vorbereitung der Aufforstungsflächen: In manchen Fällen ist die projektierte Aufforstungsfläche mit Pflan-

zen/Bäumen aus Naturverjüngung bestockt. Diese können krank sein und als Herd einer Pilzepidemie wirksam werden. Daher wird empfohlen,

die vorhandenen Einzelbäume, Baumgruppen auf ihren Gesundheitszustand zu kontrollieren,

bei Verdacht oder Nachweis gefährlicher Krankheiten (Schneeschütte der Zirbe und Fichte; Kiefern- und Lärchentriebsterben) krankes Material oder tote Bäume ehestens zu entfernen (verbrennen) und die Neu-Aufforstungen durch Fungizide zu schützen,

2.4 Aufforstung: Die Aufforstung soll allgemein nur dort durchgeführt werden, wo die standörtlichen Bedingungen einen Erfolg wahrscheinlich erscheinen lassen.

Im besonderen ist auf der jeweiligen Fläche der Kleinstandort in geeigneter Weise zu berücksichtigen. Wenn etwa durch das Relief und die Vegetation Teile der Aufforstungsfläche als besonders gefährdet (Schneedecke, Pilze) erkennbar sind, so sind diese Stellen von vornherein auszusparen, da dort die Entstehung und Ausbreitung von Epidemien besonders zu erwarten ist.

2.5 Nachweisung: In den Projektunterlagen soll nach der Aufforstung mit der größtmöglichen Genauigkeit festgehalten werden (Karte + Bericht), wo welche Provenienz (auch Anzahl der Pflanzen, aus welchem Garten, Alter, Pflanzmethode) geplant wurde.

Wegen der bisher beobachteten langsamen Entwicklung etwaiger Krankheiten, sollen die Unterlagen mindestens 30 Jahre evident gehalten werden.

3. Versuche mit der Praxis:

Alle mit Hochlagenaufforstungen befaßten Stellen werden angeregt, selbst Versuche anzulegen, die geeignet sind, offene oder z.T. ungeklärte Fragen zu beantworten.

Zur gegenseitigen Abstimmung der Versuchsziele und Versuchsanlage wird vorgeschlagen, nach Möglichkeit die Planung solcher Versuche im Einvernehmen mit der Forstlichen Bundesversuchsanstalt vorzunehmen.

Für eine zentrale Evidenzhaltung solcher Versuche bietet sich die FBVA ebenfalls an.

Das Institut für Forstschutz der FBVA hatte anlässlich der 11. Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Hochlagenaufforstung und Schutzwalderhaltung in Lienz/Tirol, 5. - 7. Oktober 1977, einen Diskussionsentwurf solcher Grundsätze vorgelegt. Diese wurden anlässlich einer Zusammenkunft der Forsttechnischen Abteilung für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Innsbruck, am 28.11.1977 von Dr. E. DONAUBAUER vorgelesen und motiviert; ferner hat zum Thema eine Besprechung zwischen den Instituten I (Waldbau), II (Forstpflanzenzüchtung und Genetik) und IV (Forstschutz) am 13. Dezember 1977 stattgefunden. Der vorliegende Vorschlag versucht, das Ergebnis der gegenseitigen Berücksichtigung verschiedener Gesichtspunkte darzustellen.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Hochlagenaufforstungen mit Zirbe (*Pinus cembra* L.) und Lärche (*Larix decidua* Mill.) werden durch das epidemische Auftreten einiger Pilzkrankheiten stark in Mitleidenschaft gezogen. An Standorten mit entsprechender Mächtigkeit und Dauer der Schneedecke werden die Zirbenpflanzen durch den weißen Schneeschimmel, *Phacidium infestans* Karst., bedroht. In zunehmendem Maße verursachen die Pilze *Scleroderris lagerbergii* Gremmen und *Encoeliopsis laricina* (Ettl.) Groves Ausfälle. Beide Erreger führen zu Rindennekrosen und zum Absterben befallerer Triebe, was häufig erst nach langjährigem Krankheitsverlauf zum Absterben der Wirtspflanzen führt. Die Krankheitssymptome und die Möglichkeiten der Vorbeugung und Bekämpfung der genannten Pilzkrankheiten werden diskutiert.

Schlüsselwörter: Schneeschütte, Triebsterben, Bekämpfung, Hochlagen-Waldhygiene.

SUMMARY

On Fungal Diseases in Subalpine Afforestations

Fungal diseases cause severe losses in subalpine afforestations with *Pinus cembra* L. and *Larix decidua* Mill. The snow-mould fungus *Phacidium infestans* Karst. attacks *P. cembra* L. seedlings on all sites with deep and long lasting snow cover. Increasing losses are caused by *Scleroderris lagerbergii* Gremmen on *Pinus cembra* and by *Encoeliopsis laricina* (Ettl.) Groves on *L. decidua*; both fungi result in perennial cankers and dieback; often ending with the death of host plants after only many years of disease. The occurring symptoms are described and the possibilities of silvicultural preventive measures as well as control measures are discussed.

Keywords: *Phacidium*, *Herpotrichia*, *Scleroderris*, *Encoeliopsis*, preventive measures.

LITERATUR

- AULITZKY H., 1963: Grundlagen und Anwendung des vorläufigen Wind-Schnee-Ökogrammes. Mitt. d. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, Wien, 60/II, 763 - 834.
- BAZZIGHER E., 1971: Triebsterben an Föhren und Lärchen. Berichte, Eidgen. Anstalt f. d. forstl. Vers. Wesen, 63, 4 pp.
- BAZZIGHER E., 1976a: Der Schwarze Schneeschimmel der Koniferen (*Herpotrichia juniperi* (Duby) Petrak und *Herpotrichia Coulteri* (Peck) Bose). Eur. J. For. Path. 6, 109-122.
- BAZZIGHER E., 1976b: Reservespritzung mit hochkonzentrierten Fungiziden für die Bekämpfung des Schwarzen Schneeschimmels im Herbst. Schweiz. Z. Forstw., 127, 636-643.
- BAZZIGHER E., 1978: Die Bekämpfung des Arven-Schneepilzes *Phacidium infestans* Karst. Schweiz. Z. Forstw., 129, 139 - 152.
- DIETRICHSON J., 1968: Provenance and resistance to *Scleroderris lagerbergii* Gremmen (*Crumenula abietina* Lagerb.). Medd. Norske Skogforsoksv. 25, 395 - 410.
- DONAUBAUER E., 1963: Über die Schneeschütte-Krankheit (*Phacidium infestans* Karst.) der Zirbe (*Pinus cembra* L.) und einige Begleitpilze. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 60, 575 - 600.
- DONAUBAUER E., 1971: Über ein Lärchen-Triebsterben in Hochlagenaufforstungen. Cbl. f. d. ges. Forstw., 88, 65 - 72.
- DONAUBAUER E., 1972: Distribution and hosts of *Scleroderris lagerbergii* in Europe and North America. Eur. J. For. Path. 2, 6 - 11.
- DONAUBAUER E., 1974: Über ein Kieferntriebsterben in Österreich. 100 Jahre Forstl. Bundesversuchsanstalt, Wien, 67 - 98.
- ETTLINGER L., 1945: Über die Gattung *Crumenula* sensu Rahm mit besonderer Berücksichtigung des *Crumenula*-Trieb-Sterbens der *Pinus*-Arten. Dissertation Eidgen. Techn. Hochsch. Zürich, Bern, 73 pp.
- FUNK A., 1969: A shoot-blight disease of western larch in British Columbia. Can. J. Bot. 47, 1509 - 1511.
- GÄUMANN E., ROTH C. und ANLIKER J., 1934: Über die Biologie der *Herpotrichia nigra* Hartig. Zeitschr. f. Pfl. Krankh. u. Pfl. Schutz 44, 97.
- GROVES J. W., 1969: Notes on the genus *Encoeliopsis*. Can. J. Bot. 47, 1319 - 1331.
- KLINGSTRÖM A. and LUNDEBERG G., 1978: Control of *Lophodermium* and *Phacidium* needle cast and *Scleroderris* canker in *Pinus silvestris*. Eur. J. For. Path. 8. 20 - 25.

- MORELET M., 1969: Un discomycète inoperculé nouveau. Bull. Soc. Sci. Nat. Archéol. Toulon Var, 183, 9.
- ROLL-HANSEN F., 1972: Scleroderris lagerbergii; Resistance and differences in attack between pine species and provenances. Eur. J. For. Path. 2, 26 - 39.
- SCHLÄPFER-BERNHARD E., 1969: Beitrag zur Kenntnis der Discomycetengattungen Godronia, Ascocalyx, Neogodronia und Encoeliopsis. Sydowia (Ann. Mycol.) 22, 1 - 56.
- SIEPMANN R., 1978: Anfälligkeit verschiedener Schwarzkiefern-Herkünfte bei Scleroderris lagerbergii-Befall. Eur. J. For. Path. 8, im Druck.
- SKILLING D. D., 1977: The development of a more virulent strain of Scleroderris lagerbergii in New York State. Eur. J. For. Path. 7, 297 - 302.
- STEPHAN B. R., 1970: Klonabhängiges Verhalten bei Pinus nigra Arnold gegenüber Scleroderris lagerbergii Gremmen. Allg. Forst- u. Jagdztg. 141, 60 - 63.
- TEICH A. H., 1968: Foliar Moisture Content as a Criterion for Resistance to Forst and Scleroderris Canker in Jack Pine. Bi-Monthly Research Notes 24, Nr. 1.
- TERRIER CH. A., 1942: Essai sur la systematique des Phacidiaceae (Fr.) sensu Nennfeldt (1932). Bern, Druck Böhler und Cie., 99 S.

REGENERATION VON VEGETATION UND BODEN NACH EINSTELLUNG DER BEWEIDUNG UND BODENSTREUNUTZUNG IN EINEM ZENTRALALPINEN HOCHLAGEN-AUFFORSTUNGSGBIET

Hugo Meinhard SCHIECHTL und Irmentraud NEUWINGER

EINLEITUNG

Zu Beginn der ersten großen Hochlagenaufforstungen im österreichischen Alpenraum herrschte allgemein die Auffassung, daß allein durch die Einzäunung und folglich Einstellung von Weide und Bodenstreunutzung eine erhebliche Verbesserung der Boden- und Vegetationsverhältnisse eintreten würde.

Diese Auffassung wurde bestärkt durch die Beobachtung, daß nach der Einzäunung meistens schon im darauffolgenden Jahr eine erhebliche Farbveränderung gegenüber den nicht eingezäunten Flächen festzustellen war, die vorwiegend durch die nunmehrige Schonung der Gräser und Kräuter verursacht wurde.

Zur Überprüfung dieser Auffassung wurden im Zillertal zwei größere Untersuchungen begonnen: einerseits Vergleichsaufnahmen an Bannwäldern und unmittelbar benachbarten, boden- und aststreugenutzten Weidewäldern und andererseits die im Bereich des mittleren Zillertales entlang der sogenannten Zillertaler Höhenstraße gelegene Serie von elf Sukzessionsprobestellen.

Der Vergleich in den boden- und aststreugenutzten Weidewäldern mit den benachbarten Bannwäldern ergab bekanntlich ganz erstaunlich große Unterschiede im Massen- und Wertzuwachs von 1 : 4 und 1 : 6 (SCHIECHTL 1970).

Deshalb konnte angenommen werden, daß auch oberhalb der Waldgrenze deutlich feststellbare Veränderungen erhebbare sein würden.

Von Anfang an war natürlich klar, daß der Zeitraum von 15 Jahren für eine derartige Untersuchung sehr kurz ist.

UNTERSUCHUNGSMETHODEN

1. Vegetation

Wie alle Untersuchungen, die im Zusammenhang mit den Hochlagenaufforstungen durchgeführt wurden, bezog ich auch hier die einzelnen Probestellen auf die seinerzeit bei der Vegetationskartierung erhobenen Vegetationseinheiten (siehe SCHIECHTL 1961, 1965, STAUDER 1973, STERN 1964, 1965, 1968) und zwar waren dies

- eine geschlossene Alpenrosenheide (*Rhododendretum ferruginei*),
- zwei Gemenheiden (*Cetrario-Loiseleurietum*),
- eine Rauschbeerheide (*Vaccinietum uliginosi*),
- ein Bürstlinggras (*Nardetum alpicolum*),
- zwei Besenheiden (*Callunetum*),
- zwei Heidelbeerbestände, und zwar ein feuchter Typ mit breitblättrigem Wollgras (*Eriophoro-Vaccinietum myrtilli*) und ein Alpenrosen-Heidelbeer-Typ (*Rhododendro-Vaccinietum*) mit hohen Bühlen,
- zwei Streu-Rodeflächen.

Auf all diesen Probestellen wurde 1962 die vorhandene Vegetation möglichst genau aufgenommen und zwar mit Hilfe pflanzensoziologischer Aufnahmen und zusätzlich einer vermessenen



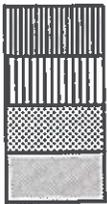
1962



1977



VERÄNDERTE FLÄCHEN



RHODODENDRETUM

VACCINIETUM

NARDETUM FEUCHT

NARDETUM TROCKEN



Abbildung 1: Strukturveränderungen in einem vernähten Wollgras-Heidelbeerbstand (*Eriophoro-Vaccinietum myrtilli*) durch Auflassung der Beweidung; Deutliche Veränderung der Grasheide (Nardetum) zu Beerenheide (Vaccinietum) und der Beerenheide zu Alpenrosenheide (Rhododendretum).

Vegetationskartierung im Maßstab 1 : 100.

Die Untersuchung 1977 sollte klären, ob in den seither vergangenen 15 Jahren bereits Veränderungen an der Vegetation feststellbar sind und welche Entwicklungstendenzen sich allenfalls daraus ergeben.

2. Böden

Die Bodenuntersuchungen wurden von I. NEUWINGER und Mitarbeitern vorgenommen und erstreckten sich auf:

- a) Berechnung des Porenvolumens PV und Substanzvolumens SV über Raumgewicht RG und Dichte.
- b) Berechnung des Wasservolumens bei empirisch gemessener Feldkapazität FK und maximaler Wasserkapazität WK_{max} bei 0,01 bar nach SCHLICHTING und BLUME (1966).
- c) Messung der minimalen Versickerungsrate k mit dem Doppelzylinder-Infiltrometer nach BRECHTEL (1970).
- d) Bestimmung des pH elektrometrisch mit nKCl, der organischen Substanz (o. S.) über C_{org} nach Lichterfeld mod., der verfügbaren Phosphate und des Kaliums (PO_4 , K_v) aus Ammonlaktat-Essigsäureextrakten nach SCHLICHTING und BLUME (1966), Bestimmung des Vorrates an Stickstoff, Phosphaten und Kalium (N_t , PO_4 , K_t) im nassen Aufschluß mit Schwefelsäure und Perhydrol (NEUWINGER 1967).

ERGEBNISSE

1. Veränderungen an der Vegetation

1.1 Geschlossene Alpenrosenheiden (Rhododendretum ferruginei):

Hier waren keine Veränderungen feststellbar. Dies war auch nicht zu erwarten, weil ja diese dichten, bis einen Meter hohen Alpenrosenbestände weder für die Bodenstreunutzung herangezogen noch durch die Beweidung stark betroffen waren.

1.2 Gamsenheide (Cetrario-Loiseleurietum):

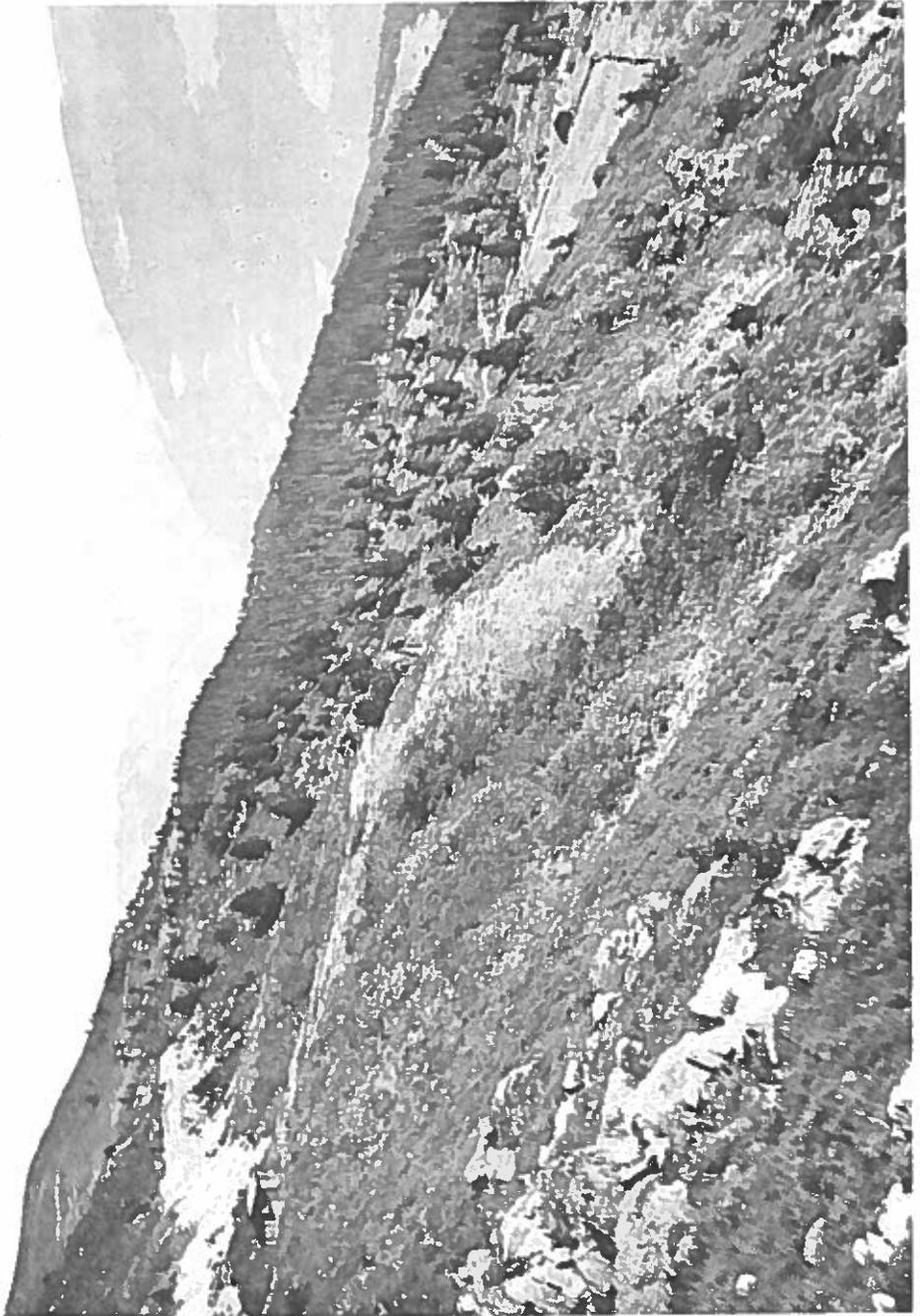
In diesen beiden Probeflächen waren andeutungsweise Schäden festzustellen. Die Ursache war das starke Betreten durch Touristen, eine unerwartete Folge der Aufschließung durch den "Zillertaler Höhenweg".

1.3 Bürstlingrasen (Nardetum alpicolum):

Veränderungen waren nicht feststellbar.

1.4 Rauschbeerheide (Vaccinietum uliginosi):

In dieser geschlossenen, aber niedrigen, für die obere Zwergstrauchheide typischen Strauchvegetation kam es zu keinen Strukturänderungen. In den 15 Jahren war aber eine Zunahme der Zirbensämlinge von 18 auf 30 Stück zu verzeichnen. Dies ist immerhin ein Hinweis darauf, daß der Zirbenhäher nach wie vor aktiv ist und gerade in diese meist auf Rücken liegenden niedrigen Zwergstrauchheiden seine Vorräte vergräbt.



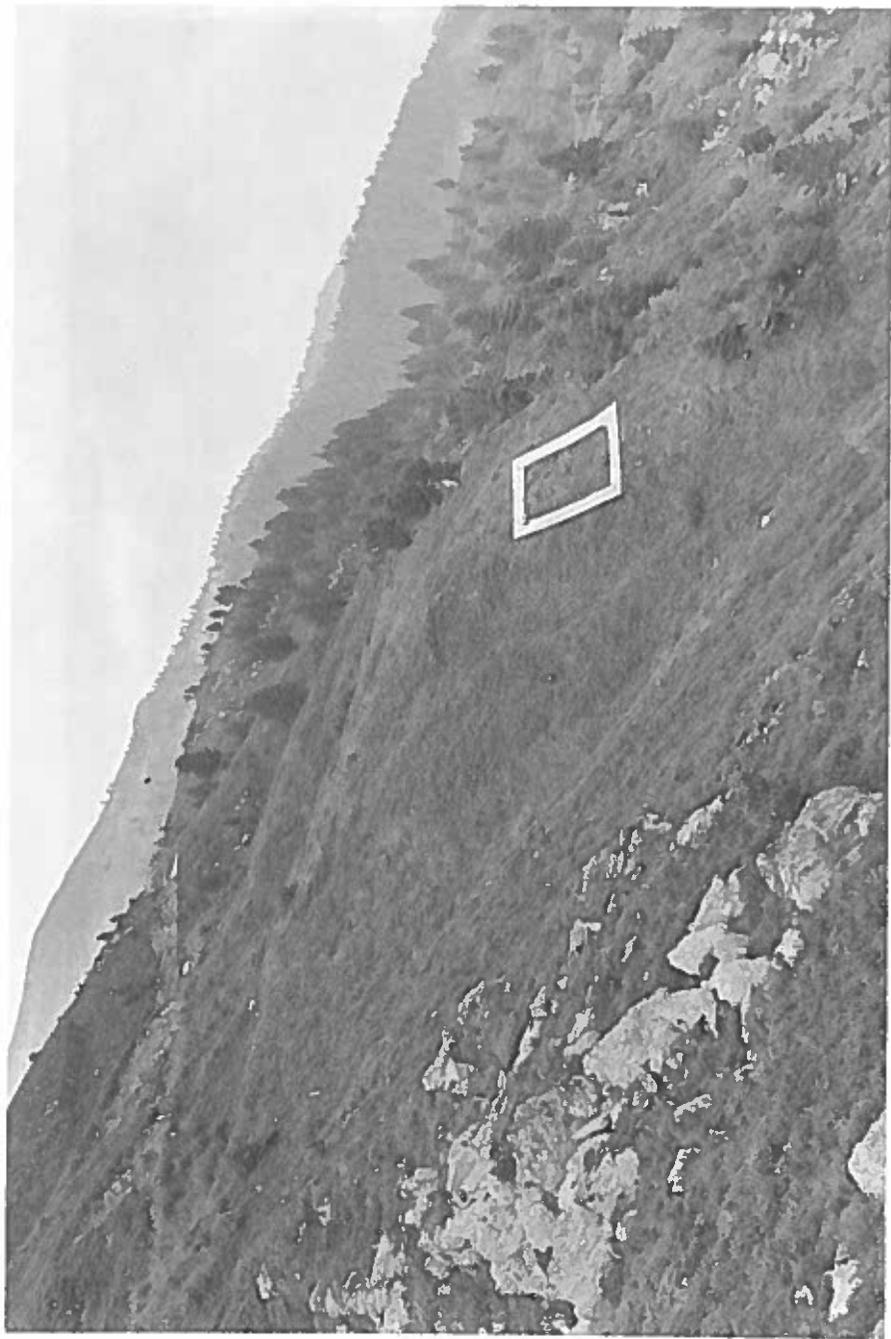


Abbildung 2: Rodelfläche zur Bodenstreugewinnung in 1960 m Höhe.

- a) Oben: im Oktober 1962, eben abgemäht und abgereicht.
- b) Unten: 15 Jahre später, wieder von einem geschlossenen Besen-Beerenheide-Bestand (*Calluno-Vaccinietum*) bewachsen.





Abbildung 3: Rodefläche am Filzenboden in 1920 m Höhe.

- a) Oben im Oktober 1962, eben zur Streugewinnung abgemäht und abgereicht; nur der Wacholder (*Juniperus nana*) blieb stehen.
- b) Unten 15 Jahre später, wieder von geschlossener Vegetation bedeckt. Man beachte besonders auch die Fichten in den Wacholderbüschen. Die Zirben wurden 1973 aufgeforstet.

1.5 Besenheiden (*Calluneta*):

In beiden Probeflächen sind Trockenschäden an *Calluna vulgaris* zu verzeichnen. Sie dürften zum Teil auf Frosttrocknis während der beiden schneearmen Winter 1973 und 1974, zum Teil aber auch auf die Sommervertrocknung im Juli 1976 zurückzuführen sein.

1.6 Heidelbeerbestände:

Im großbültigen *Rhododendro-Vaccinietum* konnten keine Veränderungen festgestellt werden. Als Ursache muß auch hier wie bei den geschlossenen Alpenrosenbeständen angenommen werden, daß diese Bestände nicht zur Streunutzung herangezogen wurden und sich die Beweidung nicht auf die Bülteln, sondern nur auf die dazwischen liegenden Gangeln auswirken konnte.

Im vernästen Wollgras-Typ (*Eriophoro-Vaccinietum myrtilli*) waren in den einzelnen Teilflächen deutliche Veränderungen an der Bodenvegetation erkennbar. Es handelt sich dabei um Strukturänderungen in der Vegetationsdecke, die sich dank der genauen Aufnahme im Jahre 1962 gut verfolgen ließen und auch kartographisch darstellbar waren (Abb.1).

Der borstgrasreiche Heidelbeerbestand entwickelte sich zu einem reinen Heidelbeerbestand, in dem der Bürstling keine Rolle mehr spielt. Die Heidelbeerbestände entwickelten sich zu einem Alpenrosenbestand, d.h., sie wurden von den höheren Alpenrosen überwachsen. Flächen, auf denen 1962 noch Gräser dominierten, wurden voll von Heidelbeere (*Vaccinium myrtillus*) und Rauschbeere (*V. uliginosum*) durchwachsen.

Ehemals feuchter Bürstlingrasen (*Nardetum*) entwickelte sich zu einem Milchkraut-Rasenschmielenbestand (*Crepido-Deschampsietum caespitosae*).

Von den Veränderungen waren 20,5 % der Probeflächen betroffen und zwar

Vaccinietum	9,3 %
Nardetum	8,1 %
Rhododendretum	1,6 %.

1.7 Streu-Rodeflächen.

Im Jahre 1962 standen zwei frisch gerodete Flächen zur Verfügung. Sie waren damals unmitttelbar vor dem Verbot der Streunutzung wie üblich mit Bergsensen dicht am Boden abgemäht worden. Auch die Moos- und Flechtenschicht wurde mit schweren Eisenrechen abgezogen und als Streu verwendet. Beide Probeflächen waren also damals nicht nur vegetationslos, sondern auch die oberste Schicht der Auflage war entfernt.

Die kleinere dieser beiden Probeflächen liegt an einem ca.30 Grad nach Osten geneigten Rücken knapp unterhalb der Höhenstraße in 1960 m Höhe (Abb.2 oben).

Sie entwickelte sich in den 15 Jahren zu einem geschlossenen Besen-Beerenheiden-Bestand (Abb.2 unten).

Die zweite Rodungs-Probefläche liegt am Filzenboden in 1920 m Höhe und ist ca.10 Grad nach SSW geneigt. Die gerodete Fläche war 680 m² groß. In die Probefläche wurde zusätzlich ein anschließender, 8 m breiter Streifen der nicht gerodeten, unveränderten Vegetation mit einer Gesamtfläche von 218,4 m² einbezogen. Dadurch konnte an diesem Streifen die Veränderung in der erhalten gebliebenen Vegetation, in der Rodungsfläche aber die Neuentwicklung der Pflanzendecke innerhalb von 15 Jahren geprüft werden (Abb.3). Bei diesen Probeflächen waren die Wacholderbüsche bei der Rodung nicht entfernt worden (Abb.3a, 4a).

Folgende Veränderungen traten ein:

In einem Wacholderbusch (*Juniperus nana*) wuchs in den 15 Jahren eine einzelne Fichte zu einer Höhe von 90 cm heran (Abb.3b, Vordergrund).

Die sehr dichten Wacholderbüsche vergrößerten sich nach außen um 2,0 % der gesamten Probefläche und wurden innen von der Rauschbeere unterwandert. Stellenweise sind Trockenschä-

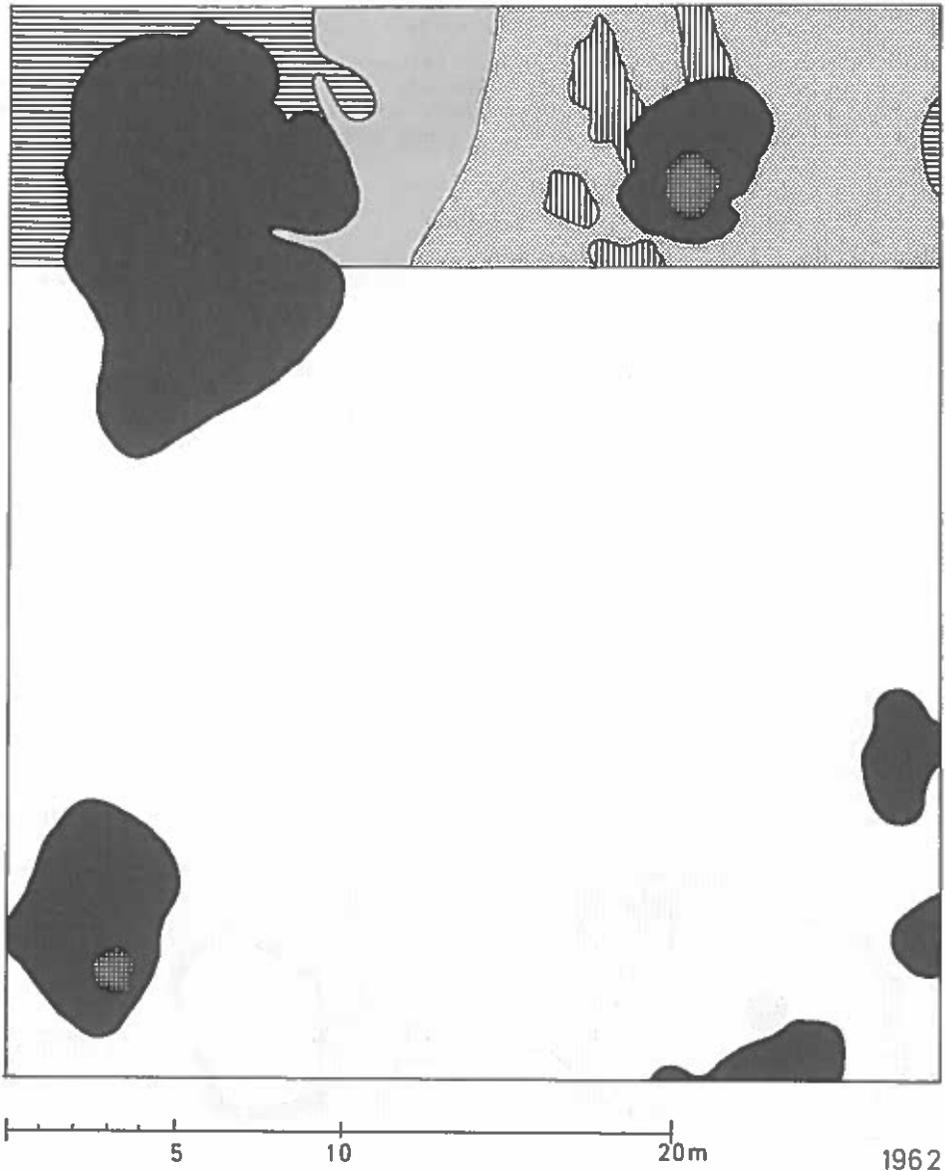


Abbildung 4 a): Rodefläche am Filzenboden unmittelbar nach der Rodung im Jahre 1962. Mit Ausnahme des Wacholders wurde die gesamte Vegetation samt der Oberbodenschicht entfernt. Oben anschließend der nicht gerodete Streifen.

1 (schwarz): Wacholderbestand, 2 (kariert): Fichten, 3 (senkrecht schraffiert): Beerenheiden (*Vaccinium myrtillus* und *V. uliginosum*), 4 (waagrecht schraffiert): Besenheidebestand, 5 (großer Punktraster): feuchter Bürstlingrasen, 6 (kleiner Punktraster): trockener Bürstlingrasen (*Nardetum*).

den an den peripheren Ästen eingetreten, die wohl ebenfalls auf Frosttrocknis und Sommer-trocknis gleichermaßen wie bei den Besenheiden zurückzuführen sind.

Die Bürstlinggrasen blieben innerhalb der nicht gerodeten Teilfläche nahezu unverändert in ihrer Struktur, doch verringerte sich ihre Fläche durch das Vordringen der Zwergsträucher erheblich. Dabei nahm der Anteil des Wacholders um 2,0 %, der Rausch- und Heidelbeere um 16,4 % der Probefläche zu (siehe Tabelle 1 und Abb. 4b).

Tabelle 1

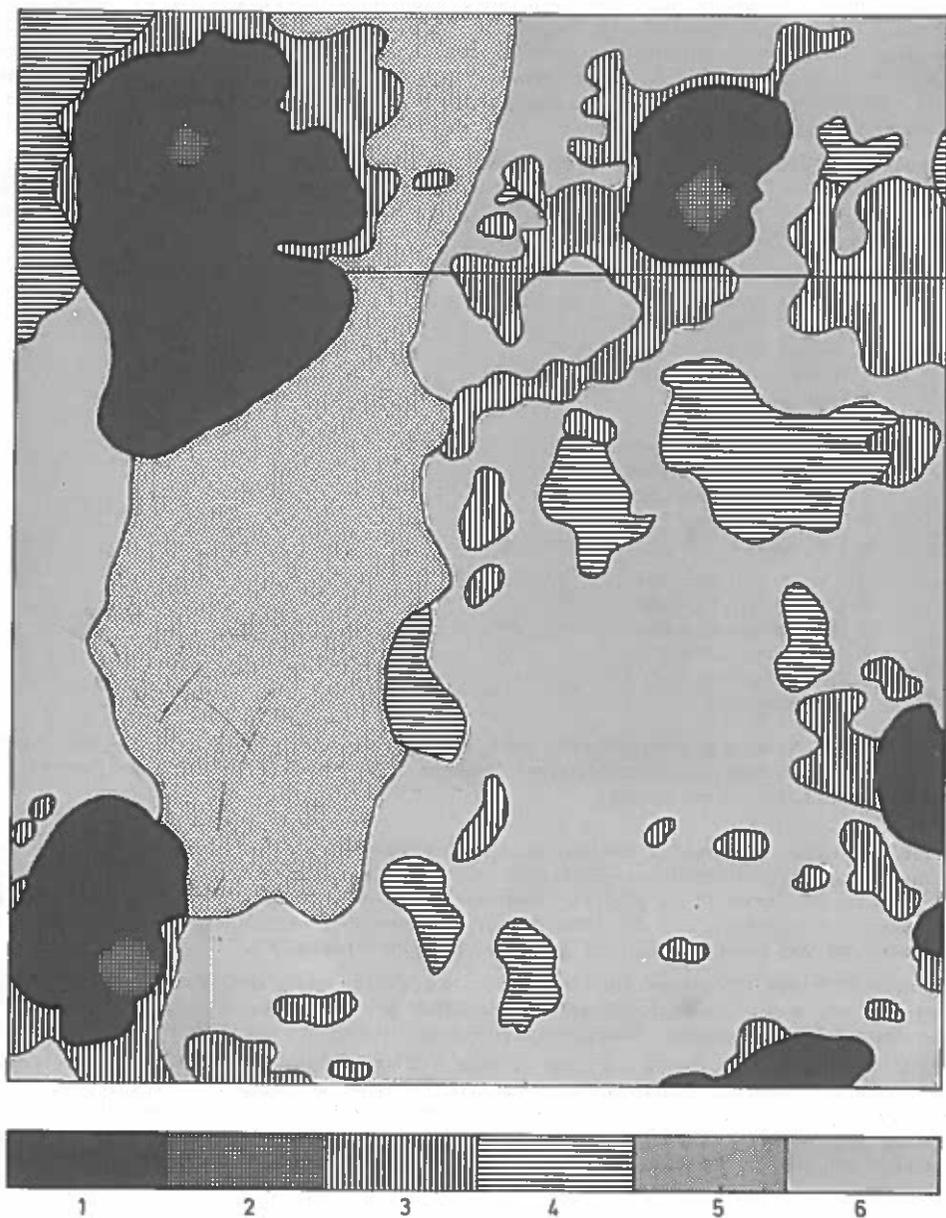
Veränderung der Flächenanteile verschiedener Vegetationseinheiten in einer 1962 teilweise gerodeten Probefläche im Laufe von 15 Jahren in Prozenten der gesamten Probefläche.

Vegetation	F l ä c h e n a n t e i l			gerodet	
	nicht gerodet 1962	1977	Differenz	1962	1977
Fichte	1,5	2,0	+ 0,5	0	0,4
Wacholder	29,3	31,3	+ 2,0	9,0	11,0
Besenheide	12,1	8,7	- 3,4	0	7,6
Rausch- und Heidelbeere	4,1	20,5	+16,4	0	8,4
Bürstlinggrasen	53,0	37,5	-15,5	0	72,6
Total	100 %	100 %	37,8 %		100 %

Die gerodete Fläche ist heute wieder von einer geschlossenen Vegetation bedeckt. Dabei fällt auf, daß kleinste Reliefunterschiede darüber entschieden, ob in der ursprünglich vegetationslosen Rodefläche ein Bürstlinggrasen, Besen- oder Beerenheidebestand ansiedeln konnte. Diese starke Differenzierung mag vor allem darin begründet sein, daß die Böden im mittleren Zillertal leicht zu oberflächlicher Stauvernässung neigen. Größere Zwergstrauchpolster konnten sich zweifellos aus den trotz der Rodung erhalten gebliebenen Wurzelstöcken regenerieren.



VERÄNDERUNG IN 15 JAHREN



1977. 15 JAHRE NACH DER RODUNG

Abbildung 4 c): 15 Jahre nach der Rodung ist die ganze Fläche von einer geschlossenen Vegetation bedeckt und eine humose Oberbodenschicht von ca. 3 cm Mächtigkeit neu gebildet.

Die neu entstandenen Zwergstrauchgruppen sind ziemlich geschlossen und sowohl die Beerenheiden als auch die Besenheiden sind von der Preiselbeere durchsetzt. In der maßstäblichen Kartierung der Probefläche (Abb. 4c) ist deutlich zu erkennen, daß die gesamte neu entwickelte Vegetation Strukturen folgt, die auf ökologischen Gegebenheiten beruhen. Die Zwergstrauchheiden schlossen sich deutlich an die erhalten gebliebenen Wacholderbüsche an und eroberten die etwas höher liegenden Stellen. Die punktiert dargestellten Bürstlingrasen nehmen hingegen die niedrig gelegenen und flachen Geländeabschnitte ein.

Während im unveränderten Probestreifen das Nardetum nur 1,0 % der Fläche neu erobern konnte, dafür aber 16,5 % an die vordringenden Zwergsträucher verlor, entwickelte sich auf der 1962 gerodeten Fläche zunächst großflächig ein an Blütenpflanzen reicher Bürstlingrasen folgender floristischer Zusammensetzung:

3 <i>Nardus stricta</i>	3 <i>Cladonia alpestris</i>
2 <i>Arnica montana</i>	2 <i>Cetraria islandica</i>
1 <i>Deschampsia caespitosa</i>	1 <i>Polytrichum sp.</i>
1 <i>Luzula luzuloides</i>	
1 <i>Avenochloa versicolor</i>	
1 <i>Gentiana acaulis</i>	
1 <i>Potentilla erecta</i>	
1 <i>Solidago virgaurea</i>	
1 <i>Melampyrum pratense</i>	
+ <i>Carex flava ssp. oederi</i>	
+ <i>Luzula spicata</i>	
+ <i>Poa alpina</i>	
+ <i>Leontodon hispidus</i>	
+ <i>Campanula barbata</i>	
+ <i>Hieracium alpinum</i>	
+ <i>Homogyne alpina</i>	
+ <i>Gymnadenia albida</i>	
+ <i>Hippochaeris</i>	

Dieses initiale Nardetum unterscheidet sich also durch eine hohe Individuen- und Artenzahl von Kräutern, Flechten und verschiedenen Gräsern, die im ausgereiften Bürstlingrasen meist nur mehr sporadisch vorkommen.

Für die Praxis interessant ist bei diesen Ergebnissen die Tatsache, daß gerade die am häufigsten vorkommenden Mosaik-Bestände von Bürstlingrasen mit lockeren Beeren- und Besenheiden im mittleren Zillertal 41,3 % der Hochlagenaufforstungsflächen ausmachen. Auf diesen Standorten ist zweifellos die Tendenz zur zunehmenden Verheidung vorhanden, also einer Einwanderung von Zwergsträuchern in die bisherigen Grasheiden.

Die meisten Probeflächen wurden inzwischen aufgeforstet und zwar ausschließlich mit Zirbe. Da war zum Teil auch bereits die Reaktion der versetzten Pflanzen auf die durch die Vegetation gekennzeichneten Standortunterschiede erkennbar, wenngleich mit ungenügender statistischer Masse. So stehen z. B. die größten und kräftigsten Pflanzen im Callunetum, aber dort ist auch der größte Ausfall zu verzeichnen. Im Loiseleurietum sind alle gepflanzten Zirben eingegangen; im Nardetum fast alle. Auch in der zuletzt beschriebenen Rodefläche sind deutliche Unterschiede erkennbar zwischen den in den Bürstlingrasen versetzten, schlecht gedeihenden und jenen, die nur ein wenig höher in den Strauchheiden stehen.

2. Veränderungen in den Böden

Während bekanntlich regressive Veränderungen in den Böden sehr rasch vor sich gehen, erfordern progressive Entwicklungen viele Jahre, meist Jahrzehnte. Es kann daher nicht überraschen, daß von den elf beschriebenen Probeflächen lediglich in den beiden vor 15 Jahren zum letzten Male gerodeten Flächen Unterschiede in der Bodenentwicklung feststellbar waren.

Zunächst ist festzustellen, daß die Böden im Untersuchungsbereich eine Reliefserie von Podsolen und Pseudogleyen bilden, die vorwiegend durch das Klima der Höhenlage, das Ausgangsgestein und die lange betriebene extensive Weidewirtschaft geprägt wurden. Die Böden wurden im Zusammenhang mit der Vegetation von CZELL (1964) für das mittlere Zillertal eingehend beschrieben und kartiert. Vergleichende Untersuchungen über deren Wasserhaushalt veröffentlichte CZELL 1967 und 1972.

Das phyllitische Ausgangsmaterial verwittert feinsandig-schluffig und begünstigt dadurch die Bildung von Staunässeböden und Bodenbewegungen. Es hat sich daher auf den mäßig geneigten Hängen ein Kleinrelief von ineinandergreifenden Buckeln und Mulden gebildet, das durch die Beweidung vertieft wurde.

Die dichten, moosreichen Zwergstrauchheiden der Buckel wachsen auf flachgründigen, durch die Beweidung leicht degradierten Eisenpodsolon und Eisenhumuspodsolon. In den Mulden finden sich hydromorphe Serien von Bürstlingrasen auf Pseudogleyen, Anmooren und Mooren.

Wie CZELL (1964) feststellte, sind die Boden- und Vegetationseinheiten im oberen subalpinen Bereich des mittleren Zillertales nicht so scharf und großflächig abgegrenzt wie im inneren Ötztal (NEUWINGER und CZELL 1959). Die Ursachen sind in den unterschiedlichen Klima-, Gesteins- und Reliefverhältnissen zu finden: im kontinentalen inneren Ötztal sind die Hänge stärker reliefiert und auf den grobsandig verwitternden Schiefergneisen werden vorwiegend Podsole gebildet; die Pseudogley-Serie ist erst im alpinen Bereich der Grasheiden stärker vertreten und reicht nur vereinzelt an Wasserläufen in die subalpine Stufe herab. Die hier besprochenen Flächen dagegen sind nur schwach reliefiert und die schluffig-feinsandig verwitternden Gesteine begünstigen die Bildung der Pseudogley-Serien.

Es war anzunehmen, daß sich die Auflassung von Weide und Rodung auf die obersten Lagen des Humuskörpers auswirken würde. Deshalb wurden die Auflagehorizonte O_f und O_h gerodeter und nicht gerodeter Teilflächen miteinander verglichen und auf Veränderungen der Wasserkapazität, der Wasserdurchlässigkeit, der Verteilung der Bodenfestsubstanz und einiger Pflanzennährstoffe untersucht.

Die Folgen der Weideauffassung konnten mit den genannten Methoden nicht erfaßt werden. Dagegen sind die Folgen der seinerzeitigen Rodung immer noch gut zu erkennen:

Ganz allgemein wurden Streu und obere Auflage entfernt oder gestört. Diese Störung wirkte sich in einer deutlichen Verringerung der lockeren fermentierten Auflage O_f in den Rodeflächen aus, wie man durch Profilvergleiche überall feststellen kann. Aus Tabelle 6 ist ein Unterschied von 4 - 5 cm zu ersehen. Obwohl keine vergleichenden Messungen der O_f -Lage unmittelbar nach der Rodung vorliegen, kann man doch mit Sicherheit annehmen, daß sich in dem Zeitraum von 15 Jahren nur die Streulage neu gebildet hat, aus der nur wenige Millimeter fermentierte Auflage O_f entstehen konnten. Nach Untersuchungen im Ötztal (NEUWINGER 1970) dauert die Neubildung von fermentierter Auflage in vergleichbarer Höhenlage

Tabelle 2

Porenvolumen, maximale Wasserkapazität, Feldkapazität und minimale Wasser-Retention gerodeter und nicht gerodeter Auflagen.

Fläche	PV Vol%	WK _{max}	FK mm	Ret _{min}	Differenz ± mm		
nicht gerodet:							
Vaccinietum	89	117	107	10			
Nardetum	90	112	104	8			
gerodet:							
Vaccinietum	92	85	73	12	WK _{max}	FK	Ret _{min}
Nardetum	86	62	51	11	-32	-34	+2
					-50	-53	+3

sehr lange; für 25 cm Auflage (O_f und O_h) im Zirbenwald wurde ein Zeitraum von mindestens 500 Jahren ermittelt, für 15 cm in der Alpenrosenheide an der Waldgrenze 700 ± 100 Jahre.

Es ist anzunehmen, daß die Auflagenbildung in vergrastem Zwergstrauchheiden noch langsamer vor sich geht, da die Mineralisierung organischen Materials im Grasbestand rascher erfolgt als in reinen Zwergstrauchbeständen.

Die Auswirkung dieser Störungen zeigt sich sowohl bei der Fähigkeit zur Wasseraufnahme (Tab.2), als auch bei der Versickerung (Tab.3) und bei der Verteilung von Festsubstanzen und Nährstoffen (Tab. 4 - 7).

Die Feldkapazität der Auflagen gerodeter Flächen gegenüber der nicht gerodeter ist beim Vaccinietum um 34 %, beim Nardetum um 53 % vermindert, die maximale Wasserkapazität von Rodefächen gegenüber den ungestörten Flächen um 32 % beim Vaccinietum, um 50 % beim Nardetum.

Die minimale Wasser-Retention, das ist die Wasseraufnahme bei Feldsättigung bis zum Punkt der maximalen Wassersättigung ist in den gerodeten Flächen etwas größer, als aus den obigen Ausführungen hervorgeht; durch die Streurodung wurde die Haftwasserbindung der Auflage vermindert und daher die Feldkapazität stärker gesenkt als die maximale Wasserkapazität.

Die Tabelle 3 zeigt eine Gegenüberstellung der Versickerungsraten; diese sind in den Humushorizonten aller untersuchten Böden sehr hoch. Auch CZELL stellte 1964 in Weiderasen hohe Wasserbindung und gute Wasserleitfähigkeit fest.

Jedoch sind die unter diesen Humushorizonten befindlichen pseudovergleyten Illuvialhorizonte (B_{sg}) sehr schwer durchlässig, weshalb es bei Starkregen und während der Schneeschmelze zu oberflächennahem Abfluß und zu Pfützenbildungen in den Mulden kommt.

Tabelle 3

Versickerungsrate bei maximaler Wassersättigung in Auflagen und im Unterboden gerodeter und nicht gerodeter Probeflächen.

Probefläche	Horizont	Versickerungsrate k ($m \cdot h^{-1}$)
nicht gerodet:		
Vaccinietum	O_{fh}	24
Nardetum	O/A_h	9
gerodet:		
Vaccinietum	O_{fh}	5
Nardetum	O/A_h	5
Vaccinietum und Nardetum	B_{sg}	0,002

Die Verringerung und Störung der Auflagenhorizonte verstärkt den Stau effekt und verändert die Wasserleitfähigkeit des Oberbodens. Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, daß die Versickerungsraten der gerodeten Flächen zwar immer noch beträchtlich, aber doch geringer sind als die der nicht gerodeten.

Die Tabellen 4 - 7 zeigen Veränderungen bei den Gehalten an organischer Substanz und an Nährstoffen durch die Streurodung; Durch die Entfernung der obersten Auflage und vermutlich auch durch erhöhte Mineralisierung der organischen Substanz und Auswaschung der löslichen Anteile entstanden Verluste; in den gerodeten Vaccinieten sind durchwegs geringere Substanz- und Nährstoffanteile zu verzeichnen. In den Nardeten der Mulden dagegen weisen

Tabelle 4

pH und Prozentanteile der Trockengewichte von organischer Substanz und Pflanzennährstoffen in den Auflagen

Fläche	Horizont	pH nKCl	o. S.	N _t	Gewicht %			
					PO ₄ t	K _t	PO ₄ v	K _v
nicht gerodet:								
Vaccinietum	O _{fh}	3,4	42,1	0,85	0,3	1,2	0,04	0,02
Nardetum	O/A _h	3,6	77,4	3,1	0,52	0,71	0,09	0,06
gerodet:								
Vaccinietum	O _{fh}	3,0	44,7	0,7	0,28	1,32	0,05	0,02
Nardetum	O/A _h	3,1	56,8	2,5	0,45	0,75	0,1	0,06

Tabelle 5

Raumanteile der Trockengewichte von Festsubstanz, organischer Substanz und Pflanzennährstoffen in den Auflagen.

Fläche	Horizont	F.S.	o. S.	N _t	g · l ⁻¹			
					PO ₄ t	K _t	PO ₄ v	K _v
nicht gerodet:								
Vaccinietum	O _{fh}	197	82,5	1,68	0,59	2,36	0,08	0,04
Nardetum	O/A _h	150	116,4	4,7	0,78	1,1	0,14	0,09
gerodet:								
Vaccinietum	O _{fh}	144	64,5	1,0	0,4	1,9	0,07	0,03
Nardetum	O/A _h	258	146,6	6,45	1,2	1,94	0,26	0,16

Tabelle 6

Trockengewichte von Festsubstanz, organischer Substanz und Nährstoffen im Horizontvolumen pro m².

	Horizont	Tiefe	F.S.	o. S.	N _t	PO ₄ t	K _t	PO ₄ v	K _v	
										kg	g
nicht gerodet:										
Vaccinietum	O _{fh}	15	29,6	12,4	251	89	354	11,8	5,9	
Nardetum	O/A _h	12	18,0	11,6	560	94	128	16,1	10,8	
gerodet:										
Vaccinietum	O _{fh}	10	14,4	6,5	101	40	190	7,2	2,9	
Nardetum	O/A _h	8	20,6	11,7	516	92	155	10,6	12,8	

die gerodeten Flächen etwas höhere Werte an Feststoffen und Kali auf, Stickstoff und Phosphor sind aber auch hier verringert worden. Die Nardeten der feuchten Mulden verhalten sich also bezüglich der Substanzveränderung deutlich anders als die Vaccinieten auf den trockenen Bülten. Wahrscheinlich kam es in den Mulden zu Anschwemmungen und Anwehungen von kali-reichen Feinsanden aus Bodenverwundungen.

Tabelle 7

Veränderungen der Trockengewichte von Festsubstanz, organischer Substanz (in kg) und Nährstoffen (in g) in den gerodeten Auflagen im Vergleich zu den ungestörten Auflagen.

Fläche	F. S.		N _t	PO ₄ t	K _t	PO ₄ v	K _v
	±kg						
Vaccinietum	-15,2	-5,9	-150	-49	-264	-4,6	-3,0
Nardetum	+ 2,6	+0,1	- 44	- 2	+ 27	-5,5	+2,0

Diskussion der bodenkundlichen Untersuchungen:

Die Beweidung greift nicht so unmittelbar in die Bodenbildung ein wie die Streunutzung durch Abmähen und Abrechen.

Es sind daher längere Zeiträume erforderlich, um eine Bodenregeneration nach Auflassen der Weide feststellen zu können. Dagegen kann die Rodung schon durch das Entfernen von nur wenigen Zentimetern der Auflage Verluste beachtlicher Mengen an Feststoffen und Nährsubstanzen verursachen, sodaß es zu Bodenverarmungen kommen kann. Diese negative Auswirkung der Rodung bezieht sich vor allem auf die Vaccinieten der Bülten, während in den Nardeten der Muldenlagen vermutlich infolge Anwehung und Anschwemmung glimmerreicher Feinsande geringe Anreicherungen von Festsubstanzen und Kali aufscheinen.

Auch der Wasserhaushalt wird von der Rodung betroffen, vor allem ist eine Abnahme der Wasserkapazität festzustellen. Die Feldkapazität nimmt noch stärker ab, weshalb es teilweise zu einem geringen Anstieg der Wasserretention kommen kann. Im Ganzen betrachtet sind die gerodeten Flächen infolge des Humusverlustes in geringerem Maße wasserbindend als die nicht gerodeten.

ZUSAMMENFASSUNG

Die im mittleren Zillertal untersuchten 11 Probeflächen erfuhren in den 15 Jahren seit Auflassen der Beweidung und der Bodenstreunutzung nur geringe Veränderungen.

Auf den Extremstandorten windausgesetzter und trockener Lagen - repräsentiert durch Gemsenheide und Besenheidebestände - waren keine Veränderungen nachzuweisen. Diese Flächen machen jedoch nur 9,4 % der gesamten Aufforstungsbereiche im linksufrigen Zillertal aus.

Praktisch unverändert blieben auch die geschlossenen Alpenrosenheiden und die großbültigen Alpenrosen-Heidelbeer-Bestände und zwar deshalb, weil diese Standorte von der Beweidung und der Bodenstreunutzung nur sehr mäßig beansprucht worden waren. Hingegen wurden auf den großflächig vorhandenen Mosaikstandorten von Beerenheiden mit Bürstlinggrasen (41,3 % der Aufforstungs-Gesamtfläche) deutlich nachweisbare Veränderungen in der Vegetationsstruktur festgestellt. Von diesen Veränderungen waren in 2 Probeflächen etwa 20 % der Probefläche betroffen.

Die Strukturänderungen waren in den einzelnen Vegetationseinheiten innerhalb des Mosaiks recht unterschiedlich. Ebene, trockene, dichte Bürstlinggrasen (Nardeta) wiesen die geringsten Veränderungen auf; feuchte Nardeta entwickelten sich zu Bunthafer-(Avenochloa)-reichen

Milchkraut-Rasenschmielen-Fluren hin. Die größte Dynamik wiesen leicht erhöhte, aber schneesichere Flächen auf.

Dort war ein Vordringen der Heidel- und Rauschbeeren (*Vaccinium myrtillus* und *V. uliginosum*) in allen Vegetationseinheiten festzustellen. Die Böden änderten sich analog zu den geringen Veränderungen in der Vegetation ebenfalls nur in geringem Maße. Nur in den ehemals zur Bodenstreugewinnung gerodeten Flächen konnten gegenüber den damals nicht gerodeten Flächen Unterschiede nachgewiesen werden. Sie sind aber infolge der relativ kurzen Zeit von 15 Jahren keineswegs so hoch, wie man allgemein erwartete. Die Einbußen, welche in den obersten Bodenschichten vor 15 Jahren durch die letzte Rodung an Humus und Nährstoffen entstanden waren, sind noch immer deutlich meßbar.

Im Vergleich zu streugennutzten Waldbeständen sind die Veränderungen ober der Waldgrenze nach Auflassen der Beweidung und der Bodenstreugewinnung zumindest in dieser geringen Zeitspanne bedeutend kleiner.

Aus den Untersuchungen ergab sich überdies als Schluß für die Praxis der Hochlagenaufforstung, daß Kleinstandorte genauestens bei der Auswahl der Pflanzstellen zu beachten sind. Insbesondere ist die Zirbe auf jene leicht erhöhten Kuppen und Hügel zu pflanzen, die zwar noch nicht als windausgesetzt, dafür aber als sicher vor Grundwasserstau zu bezeichnen sind.

SUMMARY

Regeneration of Vegetation and Soil in a Central-Alpine Reafforestation Area upon Termination of Grazing and the Use of Ground Litter

In the fifteen years since termination of grazing and utilization of ground litter, only slight changes were detected in eleven experimental areas in the mid-section of the Ziller Valley.

No changes at all could be demonstrated in the extreme sites, in windswept and dry locations, as represented by *Loiseleuria* and *Calluna* stands, although such zones account for only 9.4 % of the total reafforestation area on the left bank of the Ziller.

Practically no changes occurred to the closed heath stands of *Rhododendron* and *Rhododendron-Vaccinium* stands, since these sites had been little affected by grazing and ground litter utilization. On the other hand, clear changes in the vegetation structure were found in the extensive mosaic stands of *Vaccinieta* and *Nardeta* (41.3 % of the total reafforestation area). In two experimental plots about 20 % of the examined area was effected by these changes. The structural changes in the individual vegetation units within the mosaic were very varied. The least change was found in level, dry and dense *Nardeta*, while wet *Nardeta* developed into a *Crepidio-Deschampsietum*, richly interspersed with *Avenochloa*. The greatest changes appeared in slightly elevated areas with a regular snow cover, where *Vaccinium myrtillus* and *V. uliginosum* were found to have advanced in all vegetation units.

Like the changes in vegetation, the changes in the soils were only minor. Regeneration was only detected in the areas previously raked for ground litter, although - in view of the relatively short span of 15 years - it was by no means as marked as generally expected. The losses of humus and nutrients in the upper layers of the soil caused by the last raking 15 years ago were still clearly measurable.

In this brief period of time at least, since the termination of grazing and ground litter utilization, the changes above the forest line were much less significant in comparison with litter-raked forest stands.

As far as reafforestation practice at high altitudes is concerned, the studies also led to the conclusion that great importance must be attached to the microhabitat when selecting planting sites. In particular, stone pine must be planted on slightly elevated tops and hillocks, which should not be exposed to wind but high enough to avoid stagnant groundwater.

LITERATUR

- BRECHTEL H. M., 1970: Wald und Retention. Einfache Methoden zur Bestimmung der lokalen Bedeutung des Waldes für die Hochwasserdämpfung. Deutsche Gewässerkundl. Mitt. 14, 91 - 103.
- CZELL A., 1964: Die Maßnahmenkarte als Grundlage für Aufforstungsprojekte oberhalb des Wirtschaftswaldes. Cbl. ges. Forstwesen 81, 158 - 187.
- CZELL A., 1967: Beitrag zum Wasserhaushalt subalpiner Böden. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Mariabrunn, 75, 305 - 332.
- CZELL A., 1972: Wasserhaushaltsmessungen in subalpinen Böden. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Wien, 98, 1 - 109.
- NEUWINGER I. und CZELL A., 1959: Standortsuntersuchungen in subalpinen Aufforstungsgebieten. Forstwiss. Cbl. 78, 327 - 372.
- NEUWINGER I., 1967: Zum Nährstoffhaushalt in Vegetationseinheiten der subalpinen Entwaldungszone. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Mariabrunn, 75, 269 - 303.
- NEUWINGER I., 1970: Böden der subalpinen und alpinen Stufe in den Tiroler Alpen. Mitt. ostalpin.-din. Ges. Vegkd. 11, 135 - 150.
- SCHIECHTL H. M., 1961: Die Vegetationskartierung im Rahmen der Wiederbewaldungsprobleme in der subalpinen Stufe. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Mariabrunn, Wien 59, 21 - 32.
- SCHIECHTL H. M., 1965: Die Vegetationskartierung des Finsingtales (Nordtirol) als Grundlage für Abflußuntersuchungen und Hochlagenaufforstung. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Mariabrunn, Wien, 66, 53 - 89.
- SCHIECHTL H. M., 1970: Die Auswirkungen der Ast- und Bodenstreunutzung in Fichtenwäldern des Zillertales. Mitt. ostalpin.-din. Ges. f. Vegetationskunde, Innsbruck, 11, 40 - 42.
- SCHLICHTING E. und BLUME H. P., 1966: Bodenkundliches Praktikum. S. 65 ff. P. Parey, Hamburg, Berlin.
- STAUDER S., 1973: Der Einfluß der bodennahen und der hochstämmigen Vegetation auf den Wasserabfluß, dargestellt an Versuchen in der subalpinen Stufe. Hochschule für Bodenkultur, Festband anlässlich der 100-Jahr-Feier, Band IV. S. 119 - 126.
- STERN R., 1964: Gedanken zu Fragen der Wiederaufforstung entwaldeter Gebiete der subalpinen Stufe. Allg. Forstztg. 75, 119 - 122.
- STERN R., 1965: Anlage und Ergebnisse von Versuchspflanzungen in der subalpinen Entwaldungszone Nordtirols. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Mariabrunn, Wien, 66, 216 - 239.
- STERN R., 1968: Der Waldrückgang im Zillertal. Cbl. ges. Forstwesen 85, 32 - 42.

DAS BESTANDESKLIMA EINER HOCHLAGENAUFFORSTUNG AUF EINEM SONNHANG

Herbert KRONFUSS

EINLEITUNG

Der die Region der Hochlagen bewirtschaftende Mensch erkannte bereits sehr früh die thermische Begünstigung der Sonnhänge und die damit verbundenen wirtschaftlichen Vorteile. Die fortwährende Inanspruchnahme sonnseitiger Hänge für Bergmähder und Weideflächen war die Ursache dafür, daß der Wald zwangsläufig auf die Schatthänge zurückgedrängt wurde. Wirtschaftspolitische Überlegungen lassen heute vielfach eine landwirtschaftliche Nutzung in diesen Höhenlagen in der bisher geübten Weise nicht mehr rentabel erscheinen. Im Zuge dieser Entwicklung werden sonnseitige Standorte für die Hochlagenforstwirtschaft interessant. Die Heranziehung sonnseitiger Hänge für Aufforstungen wirft neue standortkundliche und klimatologische Fragen auf. Als Beispielfläche für derartige Untersuchungen wurde die in das Hochlagenaufforstungsprojekt "Haggener und Paidaer Sonnberg" der Landesforstinspektion Innsbruck eingeschlossene Aufforstung ausgewählt (HENSLENER 1972).

Im Rahmen einer Teamarbeit, an der im einzelnen die Abteilungen Klimatologie, Physiologie, Bodenkunde, Mikrobiologie, Waldbau und Ertragskunde beteiligt sind, ist man bemüht, die abiotischen und biotischen Faktoren auf diesem Hang zu erfassen.

Im Mittelpunkt des klima-ökologischen Grundprogramms steht die Frage, inwieweit ertragskundliche Daten auf klimatische Umweltfaktoren zurückgeführt werden können und in welchem Umfang Eingriffe in den Bestand vorzunehmen sind, damit sich das multifaktorielle Klima optimal auf die Ertragsleistung auswirken kann. Um diesen Faktorenkomplex näher zu durchleuchten, sind Freilanduntersuchungen von klimatologischen und ertragskundlichen Parametern angelaufen. Gestützt auf eine 3-jährige Meßperiode wird mit diesem Beitrag eine Darstellung der Klimaverhältnisse gegeben.

Am Schlusse möchte ich die Gelegenheit wahrnehmen, meinen Mitarbeitern für ihre tatkräftige Unterstützung zu danken. Herr Ing. Josef PLATTNER, der mir in meßtechnischen Belangen zur Seite stand, hatte vor allem maßgeblichen Anteil am Zustandekommen der vorliegenden lückenlosen Meßreihe, da er überall dort einsprang, wo Not am Mann war. Den im Stationsdienst eingesetzten Herren Josef MAIRHOFER und Oskar STRIGL oblagen die termingebundenen Beobachtungen und Messungen neben einer umfangreichen manuellen Tätigkeit infolge der weitläufigen Meßstellenanordnung.

1. BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

1.1. Kennzeichnung der Untersuchungsflächen

Das Untersuchungsgebiet (47°13' n.Br., 11°6' ö.L.) liegt im Sellraintal (Tirol) nächst der Siedlung Hagen, die dem Gemeindegebiet St. Sigmund angehört, auf dem SW-geneigten Hang des aus Schiefergneis und Glimmerschiefer aufgebauten Roßkogelmassivs.

Auf dem 35 - 40° geneigten, völlig entwaldeten Hang wurde im Jahre 1963 mit Lärche und Fichte aufgeforstet und 1965 mit Zirbe komplettiert. In dieser Aufforstung wurde eine 1 ha große Testfläche ausgewählt, die sich von 1714 - 1800 m Seehöhe erstreckt. In diesem Bereich wurden nachstehende klimatologische Untersuchungen durchgeführt.

Gestützt auf Stammzahlermittlungen in 5 Probestellen von je 2 ar Größe betragen die Holzartenanteile bei Lärche zu Beginn der Messungen (1974) 0,6, bei Zirbe 0,3 und Fichte 0,1.

Durchforstungseingriffe in diesen Probestflächen (September 1975) zwecks Auflockerung des Kronendaches und Begünstigung der Zirbe und Fichte erbrachten ein gleiches Mengenverhältnis bei Lärche und Zirbe von jeweils 0,4 und 0,2 bei Fichte. In den übrigen Bestand wurde nicht eingegriffen. Die mittlere Baumhöhe der Testfläche betrug Anfang 1974 bei Lärche 215 cm, bei Zirbe 150 cm.

Die bei der Aufforstung dieses Hanges gewählte, verhältnismäßig dichte Bestockung (rund 16.500 Stämme/ha) sollte einerseits einer hohen Ausfallquote, die durch abiotische Schäden vermutet wurde, entgegenwirken, andererseits eine Festigung der Schneedecke gegen Abgleiten bewirken.

Nach dem Erscheinungsbild der Bodenvegetation lassen sich 2 Typen der Zwergstrauchheide unterscheiden (NEUWINGER 1972), nämlich vergraste Heiden und Girlandenheiden. In beiden Typen ist *Calluna vulgaris* vorherrschend (25 - 50 %), *Vaccinium Vitis idaea* L. ist in der vergrasteten, *Vaccinium uliginosum* L. hingegen in der Girlandenheide häufig anzutreffen. *Vaccinium myrtillus* L. fehlt in der vergrasteten Heide, kommt aber in der Girlandenheide spärlich vor. Hinsichtlich der Artengarnitur und des Deckungsgrades konnte zwischen unbestockter und aufgeforsteter Fläche kein Unterschied festgestellt werden. Untersuchungen REITERS (1975) zufolge weist auch die Insektenfauna des Untersuchungsgebietes im Vergleich zur Zwergstrauchheide und zur subalpinen Grasheide überraschende Parallelen auf, sodaß trotz der verstrichenen 12 Jahre der Faunentyp der subalpinen Zwergstrauch- und Grasheide im Grunde noch weiter besteht. Keine von den nachgewiesenen forstlichen Arten sind derzeit als gefährlich anzusehen durch das Überwiegen ihrer natürlichen Feinde (Carabidae, Soricidae). Erwähnenswert ist das relativ häufige Auftreten folgender Phytophaga:

Sacchiphantes abietes (Homoptera), *Pristophora laricis* und *P.wesmaeli* (Hymenoptera), *Otiorynchus niger* und *O.salicis* (Coleoptera).

1.2. Makroklimatische Einordnung des Untersuchungsgebietes

Die makroklimatischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes werden bestimmt durch seine geographische Lage im Innenraum der Alpen. Das Sellraintal gehört dem zentralalpinen subkontinentalen Klimabereich an. Eine umfassende Darstellung der regionalen Klimaverhältnisse von Tirol finden wir bei FLIRI (1975). Soweit es für die Ableitung von meso- bis mikroklimatischen Zusammenhängen notwendig erscheint, soll der Klimacharakter dieses Gebietes in groben Umrissen nachgezeichnet werden.

Die Angaben über die großräumige Besonnungswahrscheinlichkeit entnehmen wir aus den Besonnungskarten (FLIRI 1975), welche die relative Sonnenscheindauer (= Verhältnis der tatsächlich beobachteten zur örtlich maximal möglichen) wiedergeben. Demnach liegt die Sonnenscheinerwartung im Bereich des Sellraintales für die Frühlings- und Sommermonate bei 45 %, für die Herbst- und Wintermonate bei 50 %.

Advektive Strömungen beherrschen in der kalten Jahreszeit das Witterungsgeschehen. Im Sommerhalbjahr tritt die vertikale Komponente hervor. E - NE - Strömungen (21,2 %) sind im Frühling am häufigsten, im Sommer überwiegen W-Strömungen (32 %), gefolgt von NE- und NW-Strömungen (18 %), im Herbst herrschen wieder W-Strömungen vor (22 %).

Der Winter ist durch überwiegende W-Strömung gekennzeichnet (28 %).

Die Jahresniederschlagsmenge nimmt mit zunehmender Entfernung vom Gebirgsrand gegen den Zentralraum hin beträchtlich ab. Es herrscht der Typus des Sommerregens vor. An Hand der Niederschlagssummenkarte Tirols (FLIRI 1975) liegt das mittlere Niederschlagsangebot bei etwa 1075 mm/Jahr, welches sich auf die Jahreszeiten folgendermaßen verteilt:
Winter - 220 mm, Frühling - 225 mm, Sommer - 390 mm, Herbst - 240 mm.

Bei klima-ökologischen Standortsbeurteilungen ist zu berücksichtigen, daß die Großwetterlagen bis hinein in die kleinsten räumlichen Bereiche des Reliefs wirken und daher die Ergebnisse von Freilandmessungen immer im Zusammenhang mit den kennzeichnenden Klimadaten des übergeordneten Makroklimas zu sehen sind. Die durch

kleinklimatische Messungen gewonnenen Relativwerte sind einer Grundforderung der Klimatologie zufolge an die Meßreihe einer für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Klimastation anzuschließen. Um den erhaltenen Werten klimatologische Gültigkeit zu geben, wurde innerhalb der Testfläche eine Bezugstation eingerichtet, da im Untersuchungsraum eine Station des staatlichen meteorologischen Netzes fehlt (Abb. 2).

1.3. Die Strahlungsbegünstigung des Sonnhanges

Eingangswurde die Wichtigkeit der Hangexposition für den Wärmegenuß und die davon abhängigen Ertragsverhältnisse betont. Daher erscheint es angebracht, die Größenordnungen der Globalstrahlung auf unbestockte Flächen zu erfassen und die thermische Begünstigung von Sonnhängen gegenüber Schatthängen an der Waldgrenze an wolkenfreien Tagen zu belegen.

Vergleichsstandorte waren der südwest-exponierte Haggener Sonnberg und der WNW-gerichtete Halbschatthang bei Obergurgl-Poschach bei gleicher Seehöhe und Neigung (2000 m ü. A., 35°). In Abb. 1 ist der mittlere Tagesgang der beiden verschiedenen exponierten Hänge dargestellt.

Der SW-exponierte Hang in Haggen erhielt eine mittlere Tagessumme von $655 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ($27.445 \text{ kJ. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$); die gleich geneigte, jedoch WNW-schauende Hangfläche in Obergurgl wurde bloß mit einer Wärmemenge von $475 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ($19.903 \text{ kJ. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) bedacht.

Die thermische Begünstigung des SW-Hanges gegenüber dem WNW-Hang beträgt demnach $180 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ($7.542 \text{ kJ. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) (37 %).

Für einen typischen Nordhang würde sich das Verhältnis noch ungünstiger gestalten. Diese Werte entsprechen den örtlichen Horizontverhältnissen. Der allein durch Horizontüberhöhung bewirkte Wärmeverlust betrug am SW-Hang in Haggen $35 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ($1.467 \text{ kJ. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) oder 5,3 %, am WNW-Hang in Obergurgl $50 \text{ cal. cm}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ($2.095 \text{ kJ. m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$) oder 10,5 %.

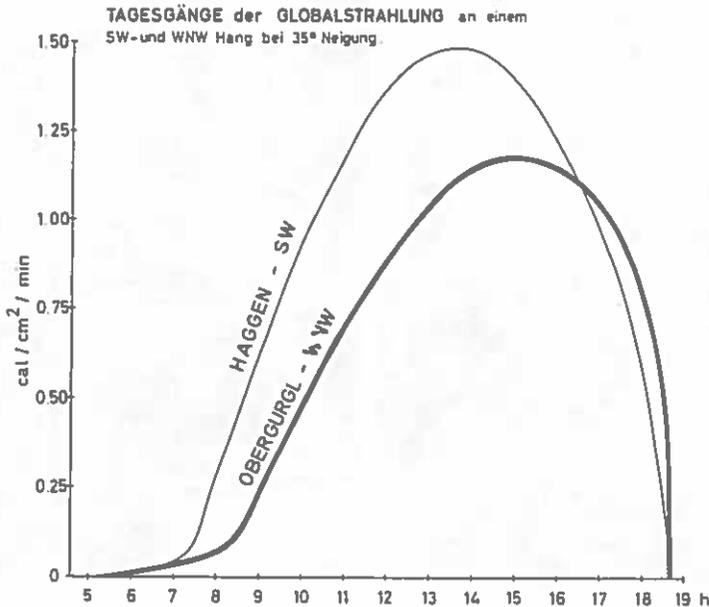


Abbildung 1: Mittlerer Tagesgang der globalen Hangbestrahlung an einem Strahlungstag während der Vegetationszeit auf einen SW-Hang und WNW-Hang bei 0/10 Bewölkung, gleicher Seehöhe und Neigung (cal/cm²/min)



Abbildung 2: Haggen/Aufforstung, "BASIS", 1790 m ü. A., Wetterhütte 2 m über dem Boden.
Auf dem Wetterhüttdach sind Sonnenscheinautograph, Evaporimeter nach PICHE
und Stempenometer situiert.

Bei den hier angeführten Tagessummen der globalen Hangbestrahlung handelt es sich um Mittelwerte, die für die Vegetationszeit Geltung haben. Durch entsprechende Auswahl von Meßterminen bestimmter astronomischer Konstellation werden Tagesmittelwerte erhalten, die bestimmte Zeitabschnitte kennzeichnen (FRIEDEL 1965): Da der Jahresgang der Strahlungsintensität bei wolkenfreiem Himmel mit guter Annäherung eine Sinuslinie darstellt, ergibt sich 2 Monate vor, (20. IV.) bzw. 2 Monate nach der Sommersonnenwende (20. VIII.) ein Tagesgang, der die mittlere Konfiguration für das Sommerhalbjahr wiedergibt, die mit der Vegetationszeit gleichgesetzt werden kann.

Die erforderlichen Kurzzeitmessungen wurden in der Zeit vom 18. - 22. VIII. 1972 an wolkenfreien, windstillen Strahlungstagen durchgeführt. An solchen Tagen prägen sich bekanntlich Unterschiede hinsichtlich des Wärmeangebots und damit der klimatischen Gegensätze verschiedener Relieflagen besonders scharf aus (GEIGER 1961).

2. METEOROLOGISCHE DATEN DER STATION IN DER AUFFORSTUNGSFLÄCHE

2.1. Festlegung der Meßperioden

Mit der Wetterstation ("BASIS" 1790 m ü. A., 35° Hangneigung), die am oberen Rand der Testfläche eingerichtet worden war, jedoch innerhalb der bis 2000 m ü. A. reichenden Aufforstung liegt (Abb. 2), wurden folgende Faktoren erfaßt:

Sonnenscheindauer
Lufttemperatur
Niederschlagsverhältnisse
Windrichtung und Windstärke.

Es wurde versucht, den Ablauf des Klimageschehens mit zwei definierbaren Entwicklungsperioden der Baumvegetation in Einklang zu bringen. Dies führte zu einer Unterscheidung zwischen "großer Vegetationszeit", im folgenden kurz Vegetationszeit genannt, (15. V. - 30. IX.) und einer wachstumsaktiven Zeit (= Zeit des Höhenwachstums der Zirbe) - (10. VI. - 10. VIII.).

Zur Abgrenzung der Vegetationszeit wurde das Temperatur-Tagesmittel von 5°C angesehen, welches ab dem 15. V. stets überschritten, ab dem 30. IX. unterschritten wurde. Die Länge der Vegetationszeit ergibt sich danach im Untersuchungsgebiet mit 139 Tagen. Diese klimatische Abgrenzung wurde durch Heranziehung von Terminen der phänologischen Stadien der Lärche, der Ausaperung sowie biometrischer Messungen an der Zirbe überprüft. Das Aufbrechen der Knospen und die Erreichung der vollen Nadellänge bei Lärche (Tabelle 1) sind hierfür gut erkennbare Merkmale.

Tabelle 1

	1974	1975	1976	1977	Mittel	größte Schwankung
Larix decidua						
Aufbrechen der Knospen	29.4.	1.5.	16.4.	3.5.	27.4.	17 Tage
Volle Nadellänge	22.5.	30.5.	3.5.	22.5.	19.5.	27 Tage

Nach den Beobachtungsterminen von 4 Jahren erfolgt das Aufbrechen der Lärchenknospen im Mittel um den 27.4. Am 19.5. haben die Nadeln der Lärche durchschnittlich ihre normale Länge erreicht. In dieser Relief- und Höhenlage sind demnach vom Öffnen der Knospen bis zur Ausbildung der Nadellänge im Mittel 3 Wochen erforderlich. Der Termin, an dem die volle Nadellänge erreicht ist, weicht von dem nach der 5°-Schwelle festgelegten Vegetationsbeginn im Mittel um 4 Tage ab. Der jährliche Schwankungsbereich liegt zwischen 7 und 15 Tagen.

Im Zusammenhang mit dem Vegetationsbeginn muß das Schwinden der Schneedecke gesehen werden. Das Abschmelzen der Schneedecke im Frühjahr bildet die Voraussetzung für den Beginn der Vegetationszeit. Obzwar sich Vegetationszeit und Apherperiode im allgemeinen überschneiden, fanden wir für die Testfläche, daß das mittlere Datum des Beginns der Vegetationszeit, welches von der 5°-Schwelle abgeleitet wurde, mit jenem der Ausaperung bei-

nahe übereinstimmte (Vergl. Tabelle 2). Die jährlichen Schwankungen zwischen den Terminen des Nadelaustriebs und der Ausaperung lagen zwischen 3 und 10 Tagen.

Tabelle 2
Mittleres Ausaperungsdatum der Testfläche

1974	1975	1976	1977	Mittel	größte Schwankung
15.5.	20.5.	7.5.	25.5.	17.5.	18 Tage

Als Kriterium für den Abschluß der Vegetationsperiode nahmen wir die Beendigung des Streckungswachstums des Hauptprozesses bei Zirbe an. Den Messungen während der Vegetationsperiode 1977 zufolge erreichte der Höhenzuwachs, der in der 1. Augustdekade im Mittel noch 8 mm betragen hatte, nach der 2. Septemberdekade kaum 1 mm und war daher am Monatsende als abgeschlossen zu betrachten.

In Übereinstimmung mit dem Streckungswachstum des Höhentriebes der Zirbe wurde innerhalb der Vegetationszeit eine "wachstumsaktive" Zeit festgelegt, die einem Höhentriebzuwachs von > 8 mm/Dekade entspricht.

Daraus resultiert eine Periode von 62 Tagen (10. VI. - 10. VIII.). Der diesen Zeitabschnitt begrenzende Schwellenwert der Lufttemperatur liegt bei 8°C (Tagesmittel).

2.2. Sonnenscheindauer

Die Sonnenscheindauer wurde mit dem Sonnenscheinautographen Campbell-Stokes ganzjährig registriert. Der Bodenabstand des Gerätes betrug 2,5 m. Die Auswertung der Brennsuren erfolgte in 1/10 Stunden nach den Richtlinien der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien (GUTMANN 1948). Die Angaben der Sonnenscheindauer können vorderhand einen Anhalt bieten für die noch nachzutragenden Ergebnisse der Globalstrahlungsmessungen. Entsprechend den Zielsetzungen wurde die Sonnenscheindauer nach vegetations- und wachstumsaktiver Zeit getrennt ermittelt (Tabelle 3 bis 4).

Während der Vegetationszeit beträgt die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer 2005,4 Stunden. Gegenüber der örtlich maximal möglichen ergibt sich eine Differenz von 612,5 Sonnenscheinstunden. Das bedeutet, daß während der Vegetationsperiode 30,5 % der astronomisch möglichen Sonnenscheinzeit durch den Abschattungseffekt der aufragenden Bergkulisse verloren gehen, oder daß im Untersuchungsgebiet fast 70 % der möglichen Sonnenscheinzeit maximal erreicht wurde.

Für die wachstumsaktive Zeit der Zirbe beträgt die örtlich maximal mögliche Sonnenscheindauer 655,5 Stunden (Abschirmungsverlust = 30,7 %).

Tabelle 3
Maximal mögliche Sonnenscheindauer (in Stunden)
während der Vegetationszeit

	V	VI	VII	VIII	IX	Summe
Astronomisch mögliche Sonnenscheindauer	253,8	471,3	475,5	434,9	369,9	2005,4
örtlich maximal mögliche Sonnenscheindauer	178,5	327,0	328,6	303,8	255,0	1392,9
Differenz	75,3	144,3	146,9	131,1	114,9	612,5

Tabelle 4

Beobachtete Sonnenscheindauer (in Stunden)

a) während der Vegetationszeit

Jahr	V	VI	VII	VIII	IX	Summe
1974	77,0	121,3	162,4	174,1	135,6	670,4
1975	87,3	99,1	164,6	137,9	139,2	628,1
1976	71,2	190,0	136,3	136,1	111,4	645,0
Mittel	78,5	136,8	154,4	149,4	128,7	647,8
% der örtlich max.-möglichen Sonnenscheindauer	44,0	41,8	47,0	49,2	50,5	Mittel(%) 46,5

b) während der wachstumsaktiven Zeit

Jahr	VI	VII	VIII	Summe
1974	68,1	162,4	61,3	291,8
1975	72,4	164,6	73,5	310,5
1976	141,5	136,3	54,6	332,4
Mittel	94,0	154,4	63,1	311,5
% der örtlich max.-möglichen Sonnenscheindauer	41,1	47,0	64,4	Mittel(%) 47,5

Während der Vegetationszeit der Jahre 1974, 1975, 1976 betrug die beobachtete Sonnenscheindauer im Mittel 647,8 Stunden (bei einer Schwankung von 42,3 Stunden), das sind 46,5 % der örtlich maximal möglichen Sonnenscheindauer. Während der Zeitspanne des Triebwachstums der Zirbe wurde in den 3 Vergleichsjahren ein Sonnenscheinsummenmittel von 311,5 Stunden verzeichnet; (bei einer Schwankung von 40,6 Stunden) das entspricht 47,5 % der örtlich maximal möglichen Sonnenscheindauer.

2.3. Lufttemperatur

Die Lufttemperatur wurde mit einem Thermograph (Firma W.Lambrecht/Göttingen) registriert, welcher in einer Jalousienhütte 2 m über dem Boden im Bestand aufgestellt war (Abb.2). Die mittlere Baumhöhe im Bereich der Wetterhütte betrug zu Beginn der Meßreihe (1974) bei Lärche 1,7 m, bei Zirbe 1,2 m; nach Abschluß derselben (1976) erreichte die mittlere Baumhöhe bei Lärche 2,6 und bei Zirbe 1,8 m.

Tabelle 5

Monatsmittel der Lufttemperatur (°C)

Jahr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1974	-	-	-	-	5,2	7,0	10,7	11,9	7,8	-1,6	-0,9	-0,2
1975	0,6	-1,9	-2,3	2,6	5,8	6,9	10,0	9,8	9,7	3,4	-1,1	-1,3
1976	-3,5	-1,3	-2,4	1,1	6,2	9,5	10,5	7,9	6,8	6,2	-0,9	-4,9
MITTEL	(-1,5)	(-1,6)	(-2,4)	(1,9)	5,7	7,8	10,4	9,9	8,1	2,7	-1,0	-2,1

In Tabelle 5 sind die Monatsmittelwerte der Lufttemperatur für die 3 Meßjahre dargestellt. Die zur Berechnung derselben benötigten Tagesmittelwerte wurden nach KÄMTZ als 4-er Mittel berechnet.

Da die Temperaturmessung erst ab 1.5.1974 beginnen konnte, liegt erst ab diesem Zeitpunkt ein echtes 3-jähriges Mittel vor. Aus den vorliegenden Daten der Monatsmittel der 3 Meßjahre entnehmen wir sehr unterschiedliche Schwankungen, die beispielsweise im Oktober mit 7,8°C den größten Wert annahmen. Die daran beteiligten tiefen Temperaturen traten in einer Zeit auf, in der sie für die Vegetation keine ernste Gefahr mehr darstellen. Die geringsten Schwankungen des Monatsmittel traten im Feber, März, Juli und November mit weniger als 1°C auf. Die für regionale Klimadarstellungen üblichen Monatsmittel der Lufttemperatur für Jänner und Juli betragen -1,5° bzw. 10,4°C.

Aus den Monatsmittelwerten wurde das Jahresmittel der Lufttemperatur mit 3,2°C berechnet. Das Jahresmittel sagt bekanntlich im Hinblick auf das Wärmeangebot an die Vegetation zu wenig aus, denn für das Gedeihen der Pflanze ist vor allem von Bedeutung, daß eine bestimmte Temperaturhöhe und -Dauer in einer gewissen Zeit erreicht wird. Aus diesem Grunde gewährt die Betrachtung des Temperaturverlaufes während der Vegetationszeit sowie in der wachstumsaktiven Zeit der Zirbe tiefere Einblicke, wie nachstehende aus den Tagesgängen der Lufttemperatur abgeleitete Kriterien zeigen.

Kriterium	Jahr	Vegetationszeit	wachstumsaktive Zeit der Zirbe
Tagesmittel	3,2°	8,8°	10,0°
mittleres absolutes Tagesmaximum	7,9°	13,8°	15,3°
mittleres absolutes Tagesminimum	0,0°	5,0°	6,4°
mittlere Tagesschwankung	7,9°	8,8°	8,9°
mittlere Zahl der Frosttage (Min unter 0°)	179	10	2
Mittlere Zahl der Eistage (Max unter 0°)	53	1	-
Zahl der Frost- wechseltage	126	9	2

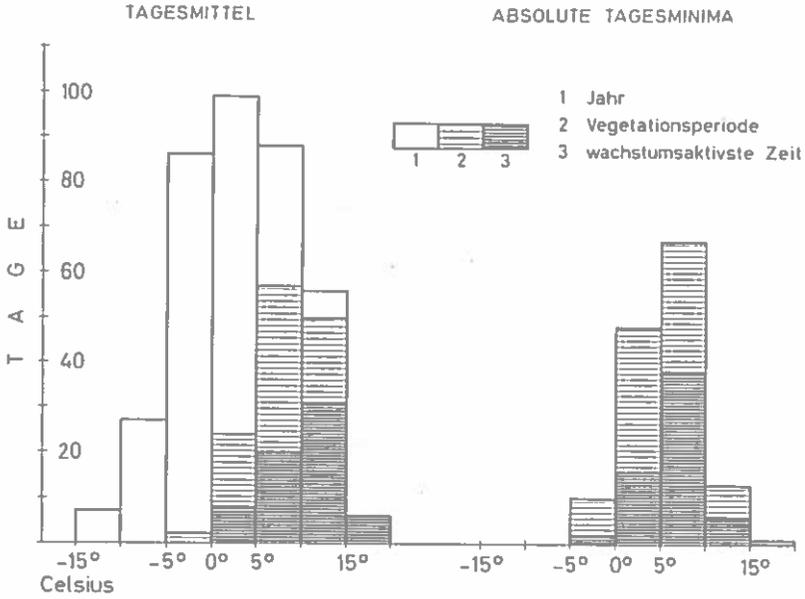
Obige Übersicht läßt vor allem erkennen, daß das Temperaturmittel während der Vegetationszeit von 8,8°C in der um 77 Tage kürzeren Periode des Höhenwachstums der Zirbe um 1,2°C anstieg und 10,0°C erreichte. Dementsprechend sank die mittlere Zahl der Frosttage, die während der Vegetationszeit noch 10 betrug auf 2 ab. Während der Vegetationszeit lag das Temperaturmaximum nur an einem Tag unter 0°C. Während der 3-jährigen Meßperiode betrug die höchste beobachtete Temperatur 25,4°C, die tiefste -15,5°C.

Um die Temperaturverhältnisse bioklimatisch anschaulicher zu machen, wurde die Häufigkeitszahl der Tagesmittelwerte und der absoluten Tagesminima nach 5°-Intervallen erfaßt, wobei wieder Jahresgang, Vegetationszeit und Höhenwachstumsperiode der Zirbe in Betracht gezogen wurde (Abbildung 3, Tabellen 6 und 7).

Der gemittelten Häufigkeitsverteilung des Tagesmittels ist zu entnehmen, daß Temperaturen zwischen 0° und 5°C während des Jahres 99 mal (27 %), während der Vegetationszeit 24 mal (17 %) und während des Höhenwachstums der Zirbe nur mehr an 8 Tagen (13 %) auftraten. Die etwa dem optimalen Temperaturbereich für das Wachstum der Vegetation entsprechenden Tagesmittel zwischen 10° und 14,9°C sind während der Vegetationszeit an 50 Tagen (36 %) vertreten. Demgegenüber wird bereits die Hälfte der wachstumsaktiven Zeit der Zirbe von Temperaturen dieses Bereiches beherrscht.

MITTELWERTE der LUFTEMPERATUR

3 MESSPERIODEN - 1974, 1975, 1976



Häufigkeitssummenkurven

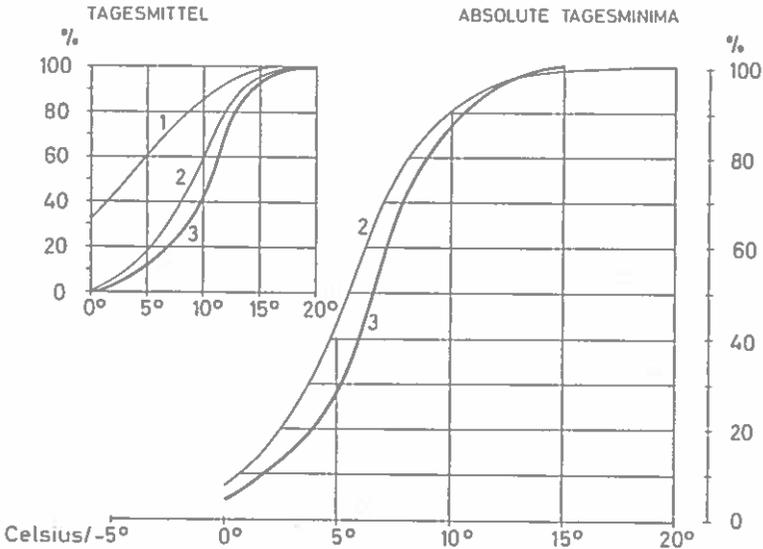


Abbildung 3: Mittelwerte der Lufttemperatur - Häufigkeitssummenkurven

Tabelle 6

Gemittelte Häufigkeitsverteilung des Tagesmittels

Temperaturbereich	Jahr			Vegetationszeit			wachstumsaktive Zeit		
	2 Jahre		S%	3 Jahre		S%	3 Jahre		S%
Mittel über:	Tage	%		Tage	%		Tage	%	
-15,0 ^o bis -10,1 ^o	7	2	2						
-10,0 ^o - 5,1 ^o	27	7	9						
- 5,0 ^o - 0,1 ^o	86	24	33	2	1	1			
0,0 ^o 4,9 ^o	99	27	60	24	17	18	8	13	13
5,0 ^o 9,9 ^o	87	24	84	57	42	60	20	32	45
10,0 ^o 14,9 ^o	56	15	99	50	36	96	31	50	95
15,0 ^o 19,9 ^o	3	1	100	6	4	00	3	5	100

Tabelle 7

Gemittelte Häufigkeitsverteilung des absoluten Tagesminimums

Temperaturbereich	Vegetationszeit			wachstumsaktive Zeit		
	3 Jahre		S%	3 Jahre		S%
Mittel über:	Tage	%		Tage	%	
-5,0 ^o bis -0,1 ^o	10	7	7	2	3	3
0,0 ^o 4,9 ^o	48	35	42	15	24	27
5,0 ^o 9,9 ^o	67	48	90	37	60	87
10,0 ^o 14,9 ^o	13	9	99	8	13	100
15,0 ^o 19,9 ^o	1	1	100			

Die Häufigkeitsverteilungen der absoluten Tagesminima informieren z.B. darüber, daß während der Vegetationszeit die tiefsten Temperaturen des Tages zwischen -0,1 und -5°C 10 mal (7 %) auftraten, hingegen nur mehr an 2 Tagen (3 %) während der wachstumsaktiven Zeit der Zirbe.

Durch fortlaufende Aufsummierung der prozentualen Anteile (Spalte 2) - beginnend mit der niedrigsten Temperaturstufe - ergeben sich die Häufigkeitssummen der Temperatur. Diese wurden sowohl für die Tagesmittel (Tab.6) als auch für die absoluten Tagesminima (Tab.7) gebildet und jeweils in Spalte 3 der obigen Tabellen unter (S%) eingetragen. In Abb.3 sind unter den beiden Häufigkeitsverteilungen die zugehörigen Häufigkeitssummenkurven dargestellt. Diese Summenkurven erhöhen die Anschaulichkeit und gestatten gleichfalls die Wahrscheinlichkeit oder Erwartung in Prozent abzulesen, mit der bestimmte Temperaturschwellen unterschritten oder überschritten werden. Die Wahrscheinlichkeitsprozente der Temperaturunterschreitung sind auf der Ordinate, die Temperaturschwellen auf der Abszisse aufgetragen.

Bei phänologischen Untersuchungen haben sich Tagesmittel von 5^o, 8^o und 10^oC als relevant für den Entwicklungsgang der Vegetation erwiesen (SCHNELLE 1955).

Bezüglich der Tagesmittel der Lufttemperatur ergibt sich beispielsweise folgende Wahrscheinlichkeit ihrer Unterschreitung (Die Erwartungsprozente der Überschreitung obiger Schwellenwerte sind in Klammer beigefügt).



Abbildung 4: Regen-Schnee-Gewichtsschreiber mit Nipherring im Bereich der BASIS in Haggen,
1800 m fl. A.

Die Unterschreitungswahrscheinlichkeit beträgt:

a) während der Vegetationszeit bei	5° C	....	18 % (82 %)
	8° C	....	40 % (60 %)
	10° C	....	60 % (40 %)
b) während der wachstumsaktiven Zeit der Zirbe	bei		
	5° C	....	13 % (87 %)
	8° C	....	27 % (73 %)
	10° C	....	45 % (55 %)

Die Häufigkeitssummenkurven des absoluten Minimums zeigen, daß die 0°-Schwelle während der Vegetationszeit mit einer Wahrscheinlichkeit von 7 % unterschritten wird. Hingegen lag die Wahrscheinlichkeitszahl der Unterschreitung des Nullpunktes während der wachstumsaktiven Zeit der Zirbe nur mehr bei 3 %.

2.4. Niederschlag

Der im Bereich der Bezugsstation in einer Höhe von 2,5 m über dem Boden aufgestellte Regen-Schnee-Schreiber (GLOSSMANN/Wien, Abb. 4) registrierte im 3-jährigen Mittel während des Sommers 615 mm, während der Vegetationsperiode (15.V. - 30.IX.) 552 mm. Im Mittel traten während der Vegetationszeit 70 Niederschlagstage auf (1974 : 61, 1975 : 73, 1976 : 75 Tage). Daraus resultiert eine mittlere Regenspende von 7,9 mm/Regentag innerhalb der Vegetationszeit. Die höchsten Tagesmengen (0^h - 24^h) fielen übereinstimmend in der 2. Julihälfte: 17. VII. 1974: 45,1 mm, 20. VII. 1975: 27,5 mm, 25. VII. 1976: 41,0 mm.

2.5. Wind in 3 m Höhe

Zur Erfassung der Windrichtung diente eine Windweg-Richtungssummieranlage mit Zählerregistrierung (BERNARD und CERNUSCA 1968, CERNUSCA 1969). Die hierfür erforderlichen Meßgeber, Windfahne und Schalenkreuzanemometer, wurden auf 3 m langen Eisenrohren angebracht (Abb. 5).

Funktionsprinzip: Die Windfahne zwingt die Schleifkontakte, die sich auf Metallsegmenten bewegen, in die Windrichtung und stellt damit die Weiche für den vom Anemometer abgegebenen Schaltimpuls, der jeweils in einem der 8 Impulzzähler gespeichert wird.

Die mittlere Windstärke wurde aus den Daten eines Summenzählers, der den gesamten Windweg speicherte, berechnet.

In den Tabellen 8 und 9 sind die Ergebnisse der 3 Vegetationsperioden und der dazwischen liegenden 2 Winterperioden dargestellt. Daran ist eine Übersicht der Windrosen angeschlossen (Abb. 6).

Tabelle 8

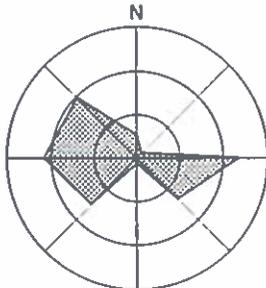
Meßperiode	Windweg- Richtungsverteilung (%) und mittlere Windgeschwindigkeit (km/h, m/sec) während der Vegetationszeit 3 m über dem Boden (Wipfelbereich)									km/h	m/sec
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW			
1974	5,24	1,47	23,45	13,23	1,25	14,84	21,07	19,45	3,50	0,97	
1975	5,82	1,96	30,84	14,78	1,64	11,68	13,10	20,18	4,67	1,30	
1976	3,14	2,43	24,23	9,24	1,42	14,25	29,70	15,95	4,81	1,33	
Mittel (%)	4,73	1,95	26,17	12,42	1,44	13,59	21,29	18,41	4,33	1,20	



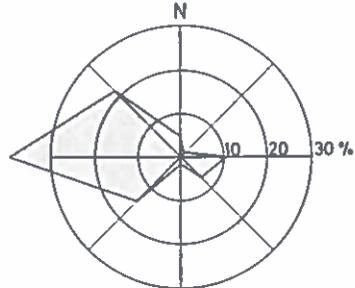
Abbildung 5: Windfahne und Schalenkreuzanemometer an der Bezugsstation 3 m über dem Boden 1790 m ü. A.

VEGETATIONSPERIODE

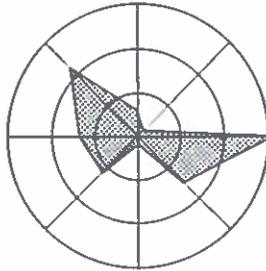
WINTERPERIODE



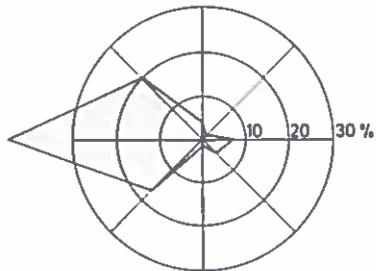
15.5. - 30.9. 1974



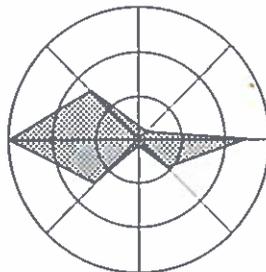
30.9. 1975 - 15.5. 1976



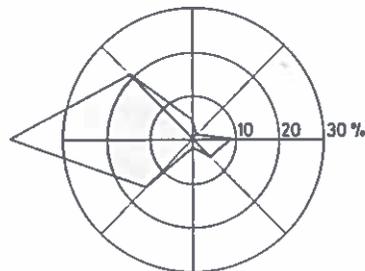
1975



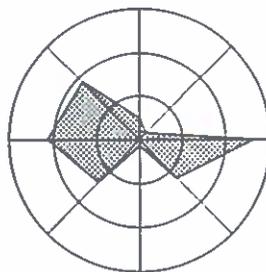
1977



1976



MITTEL der 2 WINTERPERIODEN



MITTEL der 3 VEGETATIONSPERIODEN

Abbildung 6: Windrosen der Vegetations- und Winterperioden 1974 - 1977.

Tabelle 9

Windweg- Richtungsverteilung (%) und mittlere Windgeschwindigkeit (km/h, m/sec) während der Winterperiode (30.IX-15.V), 3 m über dem Boden (Wipfelbereich)

Meßperiode	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	km/h	m/sec
1975-76	4,61	1,07	10,95	6,97	1,67	14,33	39,19	21,22	6,12	1,70
1976-77	4,01	1,29	7,33	4,48	1,57	16,56	44,91	19,85	5,36	1,49
Mittel (%)	4,31	1,18	9,14	5,73	1,62	15,45	42,05	20,54	5,75	1,59

In den Windrosen der Vegetations- und Winterperioden prägt sich der W - E gerichtete Talverlauf, der die Führungsrinne des Windes darstellt, sehr deutlich aus. Beide Vergleichsperioden sind durch geringe Anteile der N-, NE- und S-Strömungen gekennzeichnet. Während der Vegetationszeit traten häufiger E-Strömungen auf, hingegen waren Westströmungen während der Winterperioden vorherrschend. Bemerkenswert ist die Konstanz der Windverteilung während der Winterperioden. Die größten Schwankungen traten innerhalb der Vegetationsperiode auf und betrafen insbesondere die West- und Nordwest-Komponente.

Während der 3 erfaßten Vegetationsperioden betrug die mittlere Windgeschwindigkeit 3 m über dem Boden (d.i. die oberste Wipfelregion der Bäume) 4,33 km/h (1,20 m/sec) und erfuhr während der Winterperiode eine Zunahme auf 5,74 km/h (1,59 m/sec).

Die Zunahme der Windstärke, die etwa 1/3 beträgt, wird offenbar durch die Herabsetzung der Rauigkeit durch Schneelage und Entnadelung bewirkt.

3. KLEINKLIMATISCHE MESSUNGEN IN DER AUFFORSTUNGSFLÄCHE

Im einzelnen wurden folgende Faktoren untersucht:

- 1) Windstärke
- 2) Niederschlagabsatz und Interception
- 3) Verdunstung und klimatische Wasserbilanz

Für das Intensivprogramm wurden insgesamt 5 Meßstellen ausgewählt (Abb. 7). Davon liegen 3 Standorte (2, 3, 4) innerhalb der Aufforstung und weisen durch geländebedingte Unregelmäßigkeit bei der Aufforstung eine unterschiedliche Bestockungsdichte auf. Auf diesen Standorten wurden keine Durchforstungen vorgenommen, wodurch der ursprüngliche Zustand der Holzartenzusammensetzung und Stammzahlverteilung nicht gestört wurde.

Um einen Vergleich mit den Freilandverhältnissen zu ermöglichen, wurden 2 Standorte am Rande der Testfläche ausgewählt, von denen die westliche (1) völlig frei in der Zwergstrauchheide liegt, die östliche (5) an eine mit Zirbe bestockte Teilfläche angrenzt. Letztere weist eine Baumhöhe von etwa 1 m auf.

Meßstellenübersicht

Nr.	Seehöhe m	Bestockung Stämme/ar
1	1795	-
2	1793	130
3	1775	155
4	1758	173
5	1779	-

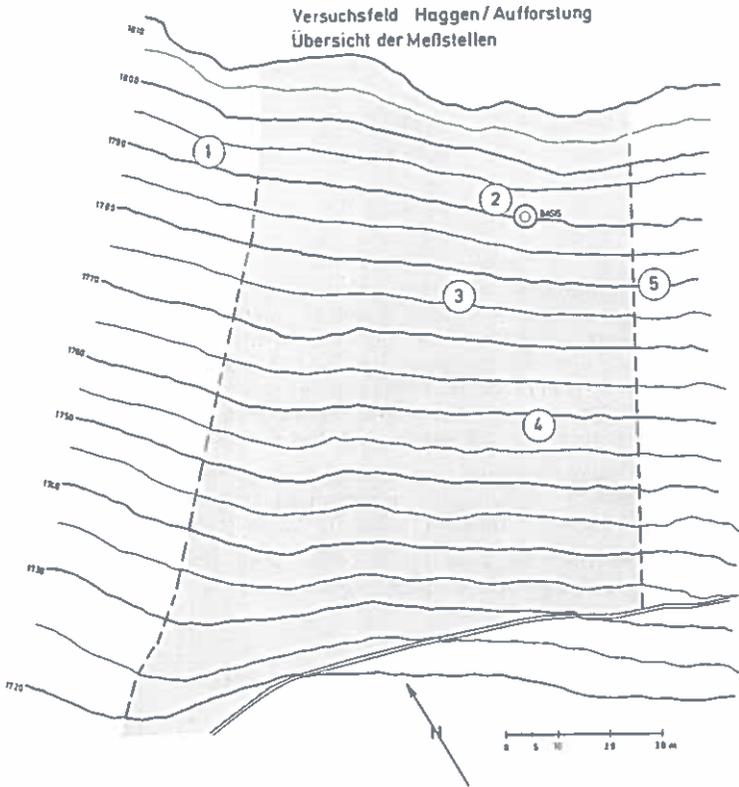


Abbildung 7: Verteilung der Meßstellen im Versuchsfeld Haggen.

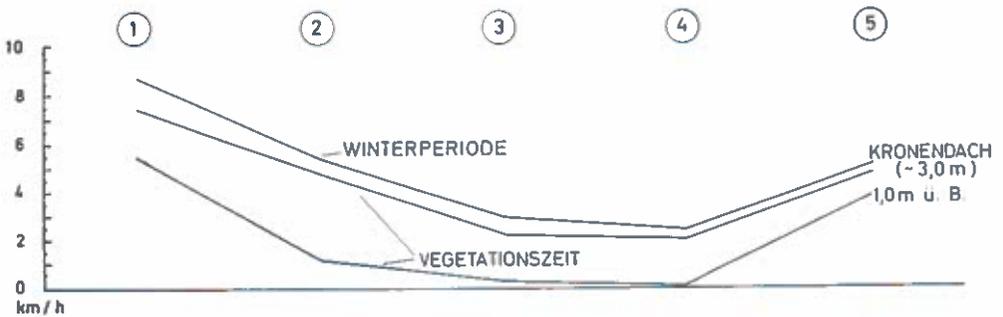


Abbildung 8: Verringerung der mittleren Windgeschwindigkeit durch verschiedene Bestockungsdichten (Meßpunkte 2, 3, 4) im Bestand im Vergleich zu den angrenzenden unbestockten Flächen (1, 5).

3.1. Wind in- und außerhalb der Aufforstung

Im Bereiche der Aufforstung wurde die Intensität der Windströmungen während der Vegetationsperiode 1976 und der darauffolgenden Winterperiode untersucht. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt.

Die Messungen erfolgten mittels Kontaktanemometern (K 1000) der Firma Lambrecht/Göttingen im Wege einer Windwegsummierung auf Zähler.

Während der Vegetationszeit erfolgten die Messungen in 2 Niveauhöhen (3 m und 1 m über dem Boden), im Winter, durch die Schneelage bedingt, in 3 m Höhe. Der Bodenabstand von 3 m entspricht ungefähr der mittleren Baumhöhe der Vorwüchse, wo starke Verwirbelungen auftreten.

Der Bereich zwischen 1 m und der Bodenoberfläche ist durch die enge Stellung der Seitenäste sehr dicht und weist sehr schwache Windströmungen auf.

Bereits im Wipfelbereich zeigte sich, daß die Windgeschwindigkeit mit zunehmender Bestockungsdichte abgeschwächt wird. Dies gilt sowohl für die Vegetations- als auch für die Winterperiode. Ausgehend von der Anströmflanke im Westen, Meßstelle (1), nimmt die mittlere Windstärke während der Vegetationszeit in der folgenden prozentualen Reihung ab - 100 (7,4 km/h) : 65 : 30 : 28 : 66. Für die Winterperiode wurde folgende Relation gefunden - 100 (8,7 km/h) : 61 : 33 : 28 : 58. Daraus ersehen wir, daß die Winde in der Wipfelregion des Bestandes während der beiden Vergleichszeiträume in einem beinahe gleich großen Verhältnis abgeschwächt wurden.

Während der Vegetationszeit nimmt die Windstärke in einer Höhe von 1 m über dem Boden mit zunehmendem Bestockungsgrad bedeutend stärker ab als im Wipfelbereich infolge des höheren Rauheitswiderstandes von Benadelung und Beastung. Wir fanden von W nach E fortschreitend folgende Relation - 100 (5,5 km/h) : 22 : 4 : 1 : 68. Bereits in einer mittleren Entfernung von 50 m vom Bestandesrand im W betragen die Werte der mittleren Windgeschwindigkeiten auf den 3 Meßstellen, gereiht nach zunehmendem Beschirmungsgrad, (0,8, 0,9, 1,0) - 1,2 km/h (0,34 m/sec) - 0,24 km/h (0,07 m/sec) - 0,08 km/h (0,02 m/sec).

Diese Werte ergeben sich bei der Verwendung von Geräten, die eine Ansprechschwelle von etwa 50 cm/sec haben. Die tatsächlichen mittleren Windgeschwindigkeiten liegen daher höher.

Durch einen Verwirbelungseffekt im Windfeld wurde an der nahe dem Ostrand der Testfläche im Freiland gelegenen Meßstelle (5) gegenüber der im Luv befindlichen Meßstelle (1) eine signifikante Abnahme der Windstärke festgestellt. Die Windgeschwindigkeit verringerte sich während der Vegetationszeit in 3 m Höhe über der Bodenoberfläche von 7,4 km/h auf 4,9 km/h. Im gleichen Zeitraum sank bei 1 m Bodenabstand die Windgeschwindigkeit von 5,5 km/h auf 3,7 km/h ab.

Bezogen auf die aus dem Westsektor kommende Windströmung lag diese Verringerung der Windstärke bei 1 und 3 m Bodenabstand in einer Größenordnung zwischen 32 und 34 %. Es verbleibt noch zu vermerken, daß die Windstärke während der Winterperiode auf den Freiflächen (1) und (5) in 3 m Höhe um 10 bzw. 12 % größer war als jene während der Vegetationsperiode.

3.2. Niederschlagabsatz am Boden und Interception

Der Niederschlag gelangt im Bestand durch das Kronendach auf den Boden, ein geringer Teil läuft an den Stämmen ab. Dieser Anteil entzieht sich jedoch in einer Kultur der exakten Erfassung. Von Bedeutung sind der Niederschlagabsatz am Boden (Kronendurchlaß) und die Interception, jene Komponente, welche die Krone benetzt und dort verdunstet. Der Niederschlagabsatz im Profil 1 - 5 wurde 3 Meßperioden hindurch gemessen. Für die Meßstellen im Bestand (2, 3, 4) wurde auch die Interception abgeleitet.

Als Auffangfläche für den Niederschlag dienen Kleinregenschner nach FRIEDEL, trichterförmig zulaufende Blechgefäße, die hangparallel in den Boden eingesenkt wurden (Abb.9), (PRUTZER 1967).

Das atmosphärische Niederschlagangebot während der Meßzeit betrug nach Registrierungen mit dem Regen-Schnee-Gewichtsschreiber im Mittel 490 mm. Im Vergleich dazu wurden am

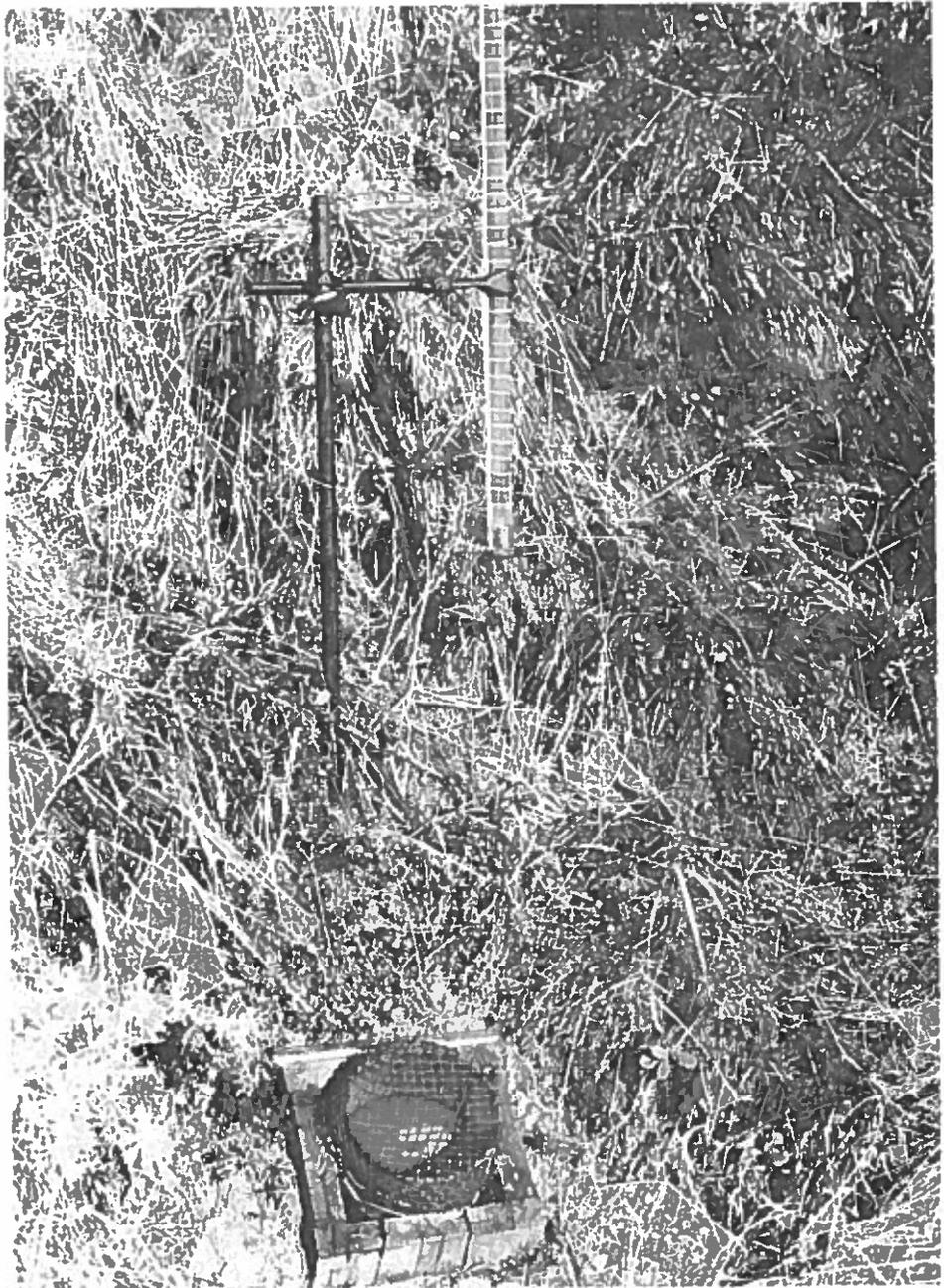


Abbildung 9: Meßstelle (1) am Aufforstungshang in Haggen, im Vordergrund FRIEDEL'scher

Boden der Freifläche (1), expositions- und neigungsbedingt, um 110 mm (28,9 %) weniger abgesetzt. Bei gegebener Relieflage wird Meßstelle (1) als repräsentativ für den Niederschlagsabsatz auf dem unbestockten Hang angenommen und darauf der Niederschlagsabsatz der Meßstellen im Bestand bezogen. Erwartungsgemäß nimmt dieser mit zunehmender Bestockungsdichte ab. Wir fanden folgende Reihung in mm ausgedrückt - 350 : 330 : 300; in Prozenten - 92,1 : 86,8 : 78,9.

In bezug auf die Freifläche beträgt demnach die Interception bei zunehmender Bestockung 30 mm (7,9 %) : 50 mm (13,2 %) : 80 mm (21,1 %).

Dies besagt, daß der Niederschlagsabsatz in den vollüberschirmten Flächen bei vorwiegender Bestockung mit Lärche, die durch tiefen Kronenansatz und starker Kronendurchdringung gekennzeichnet ist, (173 Stämme/ar) nahezu 80 % des Freilandniederschlags, die Interception der Baumschichte 20 % beträgt. Die Größe der Interception verringert sich mit abnehmendem Beschirmungsgrad folgendermaßen:

Beschirmung 1,0	-	Interception \pm 20 %
0,9	-	\pm 13 %
0,8	-	\pm 8 %

Beschirmungsgrade kleiner als 0,8 werden auf ihr Interceptionsvermögen erst nach systematischer Durchforstung untersucht. Vergleichswerte lieferte DELFS (1958, zit. n. GEIGER 1961), der in Fichtenkulturen des Harzes eine Interception von durchschnittlich 11 % maß.

Im Hinblick auf das Interceptions- und Durchlaßvermögen von Hochlagenbeständen und Kulturen bestehen derzeit noch unzureichende Einsichten. Mangels vergleichbarer Ergebnisse aus Hochlagen wird auf das umfangreiche Datenmaterial aus verschiedenartigen Beständen ebener Tief- bis Mittellagen verwiesen (BRECHTEL und PAVLOV 1977). Dort sind weitere Literaturangaben zu finden.

Unter der Annahme ähnlicher Holzartenzusammensetzung, Wuchsformen und Bestandeshöhen, wie sie im Untersuchungsgebiet vorliegen, kann zunächst modellhaft zwischen Stammzahl und Interception (bzw. Kronendurchlaß) eine einfache Beziehung mit dem Regressionskoeffizienten $b = 0,295$ aufgestellt werden. Bei den gegebenen Voraussetzungen ist daraus abzuleiten, daß die Interception im Durchschnitt um 3 % zunimmt, wenn die Bestockung um 10 Stämme/ar (1000 Stämme/ha) ansteigt. Der Kronendurchlaß nimmt daher im gleichen Verhältnis ab.

3.3. Verdunstung und klimatische Wasserbilanz

Als grobes Maß für den Wasserhaushalt der Pflanzen kann die klimatische Wasserbilanz dienen (MITSCHERLICH 1954). Diese ergibt sich aus der Differenz zwischen Niederschlag und Verdunstung, $B_k = N - V$ (Tab.10 und Abb.10).

Die klimatische Wasserbilanz wurde für die Vegetationszeit des Jahres 1976 für obige Standorte erstellt, da erst für diesen Zeitraum eine lückenlose Verdunstungsmeßreihe vorlag.

Die Größe N der Bilanz ist ident mit dem Kronendurchlaß, umfaßt also jene Regenmengen, die durch das Kronendach hindurch parallel am Boden zum Absatz gelangten. Als Abzugsglied wird die maximal mögliche (potentielle) Verdunstung eingesetzt.

Die Verdunstungsmessungen wurden 25 cm über dem Boden mit dem Evaporimeter nach PICHE vorgenommen (Abbildung 9).

Evaporimeter bestehen aus einem mit destilliertem Wasser gefüllten einseitig geschlossenen Glasrohr, das in Milliliter geteilt ist und einer Filterpapierscheibe, die mittels einer Spiralfeder an das Glasrohr angepreßt wird.

Die als Verdunstungsfläche dienende kreisrunde, grüne Filterpapierscheibe (Schleicher Schüll Nr.2653) wurde an jeder Meßstelle in einer Höhe von 25 cm über dem Boden exponiert. Das PICHE-Rohr wurde mittels Klemmen an einem Stab befestigt, um ein Pendeln durch den Wind zu verhindern. Die Kontinuität der Messungen wurde durch Plexiglasröhrchen eigener Anfertigung erreicht, die gegenüber den herkömmlichen Glasröhren den Vorzug der Unzerbrechlichkeit bei Frösten besitzen.

Die in ml erhaltene Verdunstungshöhe wurde entsprechend der Verdunstungsoberfläche der Filterpapierscheibe mit dem Faktor 0,813 in mm umgewandelt.

KLIMATISCHE WASSERBILANZ WÄHREND DER VEGETATIONSZEIT 1976

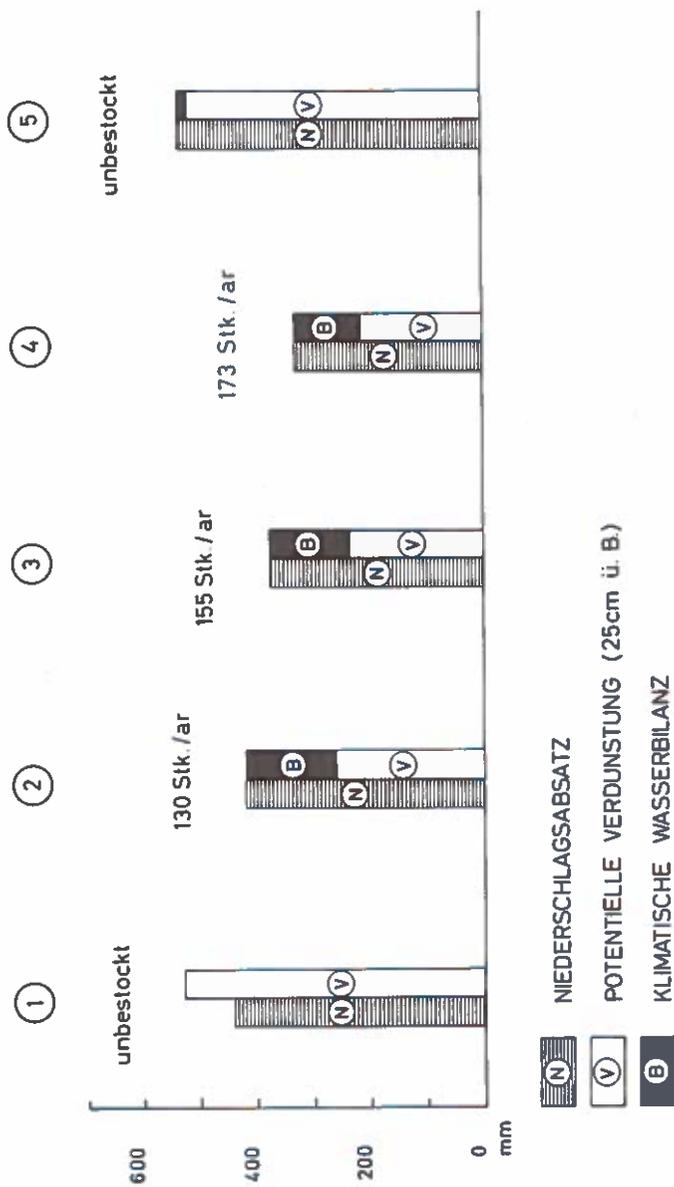


Abbildung 10: Klimatische Wasserbilanz, d. i. Niederschlagsabsatz - Potentielle Verdunstung, in der Aufforstungsfläche bei verschiedener Bestockungsdichte (Messpunkte 2, 3, 4) im Vergleich zu den angrenzenden unbestockten Flächen (1, 5).

Tabelle 10

Klimatische Wasserbilanz während der Vegetationszeit (mm)
1976

Meßstelle:	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Verdunstungshöhe	526	262	235	215	518
Niederschlagabsatz	442	418	373	333	537
klimatische Wasserbilanz	-84	156	138	118	19

Wir finden während der Vegetationszeit auf der bestockten Fläche eine ähnliche Verteilung des Niederschlagabsatzes vor, wie sie uns bereits im vorigen Abschnitt der 3-jährigen Meßreihe begegnete. Gleichfalls ist mit zunehmender Bestockungsdichte eine signifikante Abnahme des Kronendurchlasses verbunden. Mit Bezug auf die westliche Freifläche (1) verhielt sich der Absatz am Boden der Bestandesfläche (Meßstellen (2), (3), (4) wie 95 : 84 : 75, (Mittel 85). Die effektiven Absatzmengen im Bestand liegen im Mittel bei 375 mm. Die Abweichungen vom Mittelwert betragen +43 mm, -2 mm, -42 mm. Die auf die Freifläche (1) abgesetzte Niederschlagshöhe (442 mm) lag um 27 % niedriger als das mit dem Regenschreiber erfaßte Niederschlagangebot.

Wenn wir uns nun der Verdunstung auf der bestockten Fläche in Bodennähe zuwenden, finden wir die erwartete gleitende Verdunstungsabnahme mit zunehmender Bestockungsdichte. Beziehen wir die Verdunstungshöhe wieder auf die Freifläche (1), ergibt sich (in Prozenten ausgedrückt) mit zunehmender Bestockungsdichte folgende Reihung - 100 (526 mm) : 50 : 45 : 39 (Mittel 45). Die aus Niederschlagabsatz und potentieller Verdunstung abgeleiteten klimatischen Wasserbilanzen (N - V) ergaben auf den ausgewählten 5 Standorten (in mm ausgedrückt) folgende Relation: -84 : 156 : 138 : 118 : 19.

Die bei Freifläche (1) aufscheinende negative klimatische Wasserbilanz ist vor allem das Ergebnis des hohen Verdunstungsanspruches der Luft (Wasserdampfung), der in der potentiellen Verdunstung zum Ausdruck kommt und stets höher liegt als die aktuelle, von der Pflanze gesteuerte Verdunstung.

Die im Freiland auf Meßstelle (1) verzeichnete "negative" Wasserbilanz weist primär auf aride Verhältnisse hin. Demgegenüber ist das Kleinklima im Bestandesinneren als humid anzusprechen. Von den 3 ausgewählten Probestellen im Bestand weist Meßstelle (2) mit der geringsten Stammzahl (130 Stämme/ar) die günstigste klimatische Wasserbilanz auf. Es ist die Tendenz erkennbar, daß die Bilanz mit zunehmender Bestockung ungünstiger gestaltet wird, weil die stärkere Beschirmung der Fläche den Niederschlagabsatz in höherem Maße verringert als die Verdunstung eingeschränkt wird.

Aus vorliegenden hygrischen Daten ist zu ersehen, wie wichtig eine dem Standort angepaßte, reduzierte Stammzahlhaltung für die Schaffung eines günstigeren Wasserhaushaltes und damit für die Zukunft des Bestandes wäre.

Auf Grund der hier vorgelegten Ergebnisse einer dreijährigen Meßreihe kann abschließend festgestellt werden, daß sich innerhalb der Aufforstung bereits ein eigenständiges Bestandesklima ausgebildet hat, das sich vom Freilandklima der angrenzenden Grasheide erheblich unterscheidet.

ZUSAMMENFASSUNG

Auf dem südwestexponierten Hang des Haggener Sonnberges, der zum Teil mit Lärche, Zirbe und Fichte aufgeforstet ist, wurden von 1974 bis 1976 Klimamessungen innerhalb und außerhalb des nunmehr 15-jährigen Bestandes durchgeführt, um klimatische Grundlagen für die Ertragsleistung und waldhauliche Behandlung der heranwachsenden Kultur zu erhalten.

Auf der Klimastation im Bestand in 1790 m Seehöhe gehen während der Vegetationszeit (15. V. - 30. IX.) 30 % der astronomisch möglichen Sonnenscheinzeit durch Horizonteinengung verloren. Von dieser örtlich maximal möglichen Sonnenscheindauer wurden 46 % tatsächlich beobachtet. Das Jahresmittel der Lufttemperatur betrug 3,2°C, während der Vegetationszeit 8,8°C und während der Zeit des Höhenwachstums von Zirben (10. VI. - 10. VIII.) 10,0°C.

Im Durchschnitt der 3 Beobachtungsjahre traten im Jahresverlauf 179 Frosttage, während der Vegetationszeit 10 und während des Wachstums der Zirbe nur 2 Frosttage auf. Die Temperaturextreme des Beobachtungszeitraumes betragen +25,4° und -15,5°C. Im Sommerhalbjahr fielen durchschnittlich 615 mm Niederschlag, während der Vegetationszeit 552 mm. In der Vegetationszeit war der Anteil der Ostwinde verhältnismäßig hoch, im Winter herrschten im allgemeinen Westströmungen vor.

In der Aufforstungsfläche, in der 5 Meßstellen eingerichtet wurden (W- und E-Rand, 3 verschieden bestockte Flächen), betrug die mittlere Windgeschwindigkeit in 3 m Höhe über dem Boden 65, 30 bzw. 28 % (Bestockung 130, 155 bzw. 173 Stämme/100 m²), in 1 m Höhe nur mehr 22,4 bzw. 1 % des Wertes auf der Freifläche, die sich am Westrand des Bestandes befand. Vom Niederschlag gelangten während der Vegetationszeit auf den 3 Stellen im Bestand 92, 87 bzw. 79 % auf den Boden, der Rest ging durch Interception verloren. Diese nimmt um 3 % zu, wenn die Bestockung um 10 Stämme/ar höher liegt. Auch die potentielle Verdunstung (PICHE-Evaporimeter) nahm mit zunehmender Bestockungsdichte ab. Sie betrug 50, 45 bzw. 39 % der Freiflächenverdunstung. Verglichen mit dem Niederschlagabsatz ergab sich im Bestand, im Gegensatz zur Freifläche, eine positive Wasserbilanz (Niederschlag - Verdunstung). Diese betrug an den 3 Meßstellen 156, 138 und 118 mm, nahm also mit zunehmender Dichte des Bestandes ab.

Der Kronendurchlaß für den Niederschlag wird bei zunehmender Bestockungsdichte stärker verringert als die Verdunstung.

Schlüsselwörter: Phänologie, Temperatur, Wind, Wasserbilanz.

SUMMARY

Stand Climate of a Sunny Slope Afforestation at High Altitude

On the south-west facing slope of the Haggener Sonnberg, which has been partly reafforested with larch, stone pine and Norway spruce, weather records were kept for within and outside of the 15-year-old stand from 1974 to 1976 in order to establish a climate-oriented basis for productivity and silvicultural treatment of the growing culture.

At the weather station in the stand at 1790 m above sea-level, 30 % of the astronomically possible duration of sunshine is lost through the restricted horizon during the vegetation period (15 May - 30 September).

Mean annual air temperature was 3.2°C, during the vegetation period 8.8°C and during the period of height growth for stone pine (10 June - 10 August) 10.0°C.

As an average for the three years of observation, there were 179 days frost, 10 during the vegetation period and 2 during the growth period for stone pine. During the observation period, the temperature extremes were +25.4° and -15.5°C. In the summer half year, precipitation averaged 615 mm, and 552 mm during the vegetation period. The frequency of east winds was relatively high in the vegetation period, while west winds generally prevailed in winter.

In the reafforestation area mean wind speed, as a percentage of the readings for the bare slope on the western edge of the stand, was 65, 30 and 28 % for a stocking level of 130, 155 and 173 stems/100 m² at 3 m above the ground and only 22, 4 and 1 % at 1 m above the ground. During the vegetation period, the percentage of precipitation that reached the ground at the three measuring stations in the stand was 92, 87 and 79 % respectively, the remainder

being lost due to interception. This figure increases by 3 % for an increase in stocking level of 10 stems/100 m². Potential evaporation (PICHE Evaporimeter) also dropped with increasing degree of stocking. The figures were 50, 45 and 39 % of the evaporation on the bare slope. Compared with precipitation, there was a positive water-balance in the stand, unlike the bare slope (precipitation-evaporation). The readings at the three stations were 156, 138 and 118 mm, which is to say it declines with increasing degree of stocking.

Crown throughfall is reduced more than evaporation with an increasing density of stock.

Keywords: Phenology, temperature, wind, water balance.

LITERATUR

- BERNARD J. und CERNUSCA G., 1968: Registrierung und Dokumentation von Wind- und Schnee-
verhältnissen in Lawinengebieten. Allg. Forstzeitung, Wien, 111, 19 - 20.
- BRECHTEL H. M. und PAVLOV M. B., 1977: Niederschlagsbilanz von Waldbeständen verschiede-
ner Baumarten und Altersklassen in der Rhein-Main-Ebene. Arbeitspapier des
Kuratoriums für Wasser und Kulturbauwesen, Hessische Forstliche Versuchsan-
stalt.
- CERNUSCA G., 1969: Die photographische Meßdatenerfassung im Hinblick auf den Einsatz in
einer kleinklimatischen mobilen Station. Cbl. f. ges. Forstwesen, 86, 40 - 58.
- FLIRI F., 1975: Das Klima der Alpen im Raum von Tirol. Monographien zur Landeskunde
Tirols, Folge I, Universitätsverlag Wagner, Innsbruck-München.
- FRIEDEL H., 1965: Kleinklima-Kartographie. In: Beiträge zur subalpinen Waldforschung.
Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn (Wien), 66, 13 - 32.
- GEIGER R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 4. Aufl., Verlag Vieweg und Sohn,
Braunschweig.
- GUTMANN J., 1948: Beobachtungs- und Meßmethoden des Wetterdienstes. Publikation Nr. 158
der Zentralanst. f. Met. u. Geodyn. Wien. Verlag der Österr. Staatsdruckerei.
- HENSLER W., 1972: Erfahrungen bei der Hochlagenaufforstung Haggen. In: Hochlagenauffor-
stung in Forschung und Praxis. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien, 96, 209 -
219.
- MITSCHERLICH E. A., 1954: Bodenkunde für Landwirte, Forstwirte und Gärtner. Verlag Parey,
Berlin, Hamburg.
- NEUWINGER I., 1972: Standortsuntersuchungen am Sonnberg im Sellrainer Obertal, Tirol.
In: Hochlagenaufforstung in Forschung und Praxis. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst.
Wien, 96, 177 - 207.
- PRUTZER E., 1967: Die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze. In: Ökologie der al-
pinen Waldgrenze. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien, 75, 175 - 194.
- REITER W., 1975: Die Wiederbesiedlung einer Hochlagenaufforstung durch phytophage Insek-
ten (Haggen, Sellrain). Hausarbeit aus Zoologie im Rahmen des Lehramtsstudiums
für Naturgeschichte. Institut für Zoologie der Universität Innsbruck.
- SCHNELLE F., 1955: Pflanzen-Phänologie. Akad. Verlagsges. Geest und Portig K. - G., Leipzig.

MESSGERÄTE UND MESSMETHODEN FÜR FORSTÖKOLOGISCHE FREILANDMESSUNGEN IN HAGGEN/SELLRAINTAL

Josef PLATTNER

EINLEITUNG

Der rasche Fortschritt bei der Entwicklung von elektronischen Bauteilen in den letzten Jahren brachte auch auf dem Gebiet der Meßdatenerfassung und -Registrierung, sowie bei der Auswertung derselben verschiedenste Vorteile (PRETTU, LINDGREN, LINDROTH und NOREN 1977, UHLIG 1977). So sind zum Beispiel an die Stelle von transistorisierten Schaltungen integrierte Bauteile und Module getreten. An Stelle eines Rechenschiebers werden vielfach programmierbare Taschenrechner verwendet. Ebenso sind bereits komplette Meßanlagen im Handel erhältlich, mit denen gewisse Vorauswertungen und Klassierungen vorgenommen werden können. Die meisten dieser Anlagen sind jedoch, abgesehen von den hohen Kosten, netzabhängig, sodaß sie für einen Einsatz in batteriebetriebenen Freilandstationen nicht in Frage kommen.

Vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die in der Außenstelle für subalpine Waldforschung entwickelten Anlagen und Verfahren zur Temperatur-, Strahlungs- und Windmessung, die derzeit in der batteriebetriebenen Freilandstation Haggen verwendet werden.

1. ÜBERBLICK ÜBER DIE IN HAGGEN EINGESETZTEN MESSGERÄTE

Für die **Temperaturmessungen** stehen folgende Anlagen zur Verfügung:

- 1.1 Mobile Temperaturmeßanlage für 26 Stück Pt-100 DIN-Meßwiderstände auf der Basisstation (1790 m Seehöhe). Die Erfassung der Temperaturdaten erfolgt mit einer im eigenen Labor entwickelten Anlage (CERNUSCA G. 1972), die am Lutschauner in 2080 m Seehöhe bereits im Einsatz stand (STERN 1973).

Die Auswertung der Meßdaten wird im Rechenzentrum der FBVA in Wien durchgeführt, wofür dem Leiter des Rechenzentrums, Herrn Dipl. Ing. J. Foissner, und seinen Mitarbeitern herzlich gedankt sei. Die in IBM-Mappen zusammengefaßten Ausdrücke sind wie folgt aufbereitet:

Stündliche Temperaturwerte, Tagesmaxima, Tagesminima, Monatsübersichten der Maxima und Minima und Kurvenpunkte für eine graphische Darstellung der Temperaturwerte.

- 1.2 Mobile Temperatursummieranlage für 6 Valenzen in 1950 m Seehöhe (siehe CERNUSCA A. und G. 1975). In Intervallen von 20 Sekunden werden 6 Pt-100 DIN-Meßwiderstände abgefragt und die in Impulse umgesetzten Temperaturwerte auf Schnellzählern aufsummiert, die dann stündlich fotografiert oder vom Betreuer abgelesen werden.

- 1.3 Mobile, batteriebetriebene Meßdatenerfassungsanlage mit Facit-Locher in 1950 m Seehöhe.

Von den derzeit möglichen 9 Valenzen sind 3 mit Pt-100 DIN Temperaturfühlern belegt. Strahlung, Strahlungsbilanz und augenblickliche Windgeschwindigkeit sind auf die restlichen Valenzen aufgeteilt. Eine genauere Beschreibung dieser Anlage siehe in Punkt 2.

Zur Messung von **Strahlung und Strahlungsbilanz** wird ferner eine

- 1.4 Mobile Strahlungssummieranlage für 6 Valenzen verwendet:

An einem höhenverstellbaren Galgen sind 6 Sternpyranometer in verschiedenen Höhen montiert.

Diese Sternpyranometer werden in Intervallen von 20 Sekunden abgefragt und die in Impulse umgesetzten Thermospannungen auf Schnellzählern aufsummiert, die dann täglich abgelesen werden. Ein Meßintervall von 20 Sekunden ergibt einen Abfragezyklus von 2 Minuten pro Meßstelle, was für eine ausreichende Genauigkeit der Strahlungserfassung genügt (CERNUSCA A.1972).

Für die **Windmessung** stehen neben der unter (3.) näher beschriebenen mobilen batteriebetriebenen Meßdatenerfassungsanlage mit Facit-Locher, welche die augenblickliche Windgeschwindigkeit mißt, folgende Anlagen zur Verfügung:

1.5 Windwegsummierer mit Schalenkreuzanemometer.

Die auf Impulszählern aufsummierten Winddaten, die von Kontaktanemometern (K-100 bzw. K-1000) abgenommen werden, werden im Zuge der Stationsbetreuung täglich abgelesen. Die Geber sind im Umkreis von 100 m an verschiedenen Standorten, im Gelände in unterschiedlichen Höhen zur Bestimmung des Windgradienten verteilt.

1.6 Optoelektronische Windmeßanlage zur Windweg - Windrichtungssummierung:

Als Ergänzung zu der von PLATTNER und STERN 1977 beschriebenen Anlage wird hier auf die Notwendigkeit einer Korrektur der Teilrichtungswindwege hingewiesen und auf den Vorteil, diese mit Hilfe programmierbarer Taschenrechner durchzuführen (vgl. MAYER 1977). Auch die Berechnung des resultierenden Vektors nach Lambert (NÄGELI 1971) kann genauer, wesentlich einfacher und zeitsparender mit dem Taschenrechner (z. B. Texas SR 56) erfolgen.

1.6.1 Beispiel zur Korrektur des Teilwindweges:

Bei starker Richtungsböigkeit des Windes können zum Zeitpunkt der Impulsabgabe durch das Kontaktanemometer zwei benachbarte Zähler zugleich ansprechen, was einer Verdoppelung des Windweges zu diesem Zeitpunkt und damit einer Verfälschung des Meßergebnisses gleichkäme. Da jedoch der tatsächlich zurückgelegte Windweg durch einen Kontrollzähler (K-1000) mitregistriert wird, kann der auf jede Richtung der 8-teiligen Windrose entfallende Absolutwindweg berechnet werden.

Unter der Annahme, daß die durch Böigkeit verursachte Verfälschung des Windweges in allen Windrichtungen gleich häufig auftritt, läßt sich der tatsächlich zurückgelegte Windweg (Absolutwert) für eine Teilrichtung nach folgender Formel bestimmen:

$$N_{\text{Abs.}} = \frac{\text{Summe}_{\text{Abs.}}}{\text{Summe}_{\text{Teil}}} \cdot N_{\text{Diff.}}$$

Hierbei bedeuten:

$\text{Summe}_{\text{Abs.}}$ = Tatsächlich zurückgelegter Gesamtwindweg, abgelesen am Kontrollzähler (z. B. 13054 km).

$\text{Summe}_{\text{Teil}}$ = Summe der Teilrichtungen, gebildet aus den abgelesenen Differenzen der 8 Richtungs-zähler (z. B. 13242 km).

$N_{\text{Diff.}}$ = Differenz der beiden Zählerstände am Richtungs-zähler Nord (z. B. 3881 km).

$N_{\text{Abs.}}$ = Absolutwert für die Teilrichtung Nord
(= z. B. $\frac{13054 \text{ km}}{13242 \text{ km}} \cdot 3881 \text{ km} = 3826 \text{ km}$).

Diese Berechnung für die jeweils acht Teilrichtungen erspart einem der programmierbare Taschenrechner, der nach einmaliger Programmeingabe alle-eingetippten Teilwindwege auf Tastendruck in Absolutwerten (= korrigierte Teilwindwege) ausgibt.

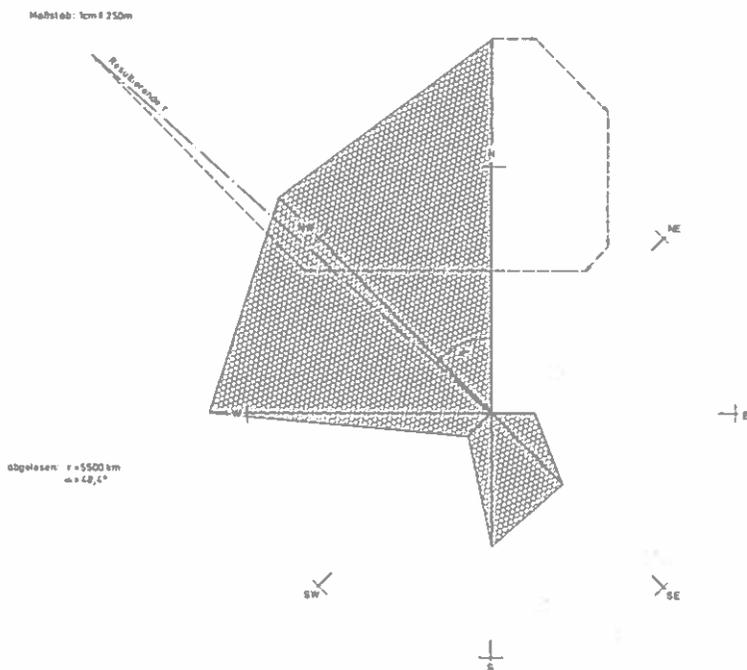


Abbildung 1: Graphische Darstellung der Windverteilung und Ermittlung der Resultierenden mittels Kräftezug.

1.6.2 Beispiel zur Bestimmung des resultierenden Vektors nach der Formel von Lambert:

Die Resultierende aus den acht Teilwindrichtungen kann durch graphische Aufsummierung der einzelnen Vektoren bestimmt werden (Abb.1). Diese Art der Bestimmung der Resultierenden ist jedoch aufwendig und auch etwas ungenauer als die rechnerische Bestimmung (aus Abbildung 1 abgelesener Wert: $r = 5500 \text{ km}$, während der berechnete Wert von $r = 5555 \text{ km}$ beträgt).

2. BESCHREIBUNG EINER NETZUNABHÄNGIGEN DATENERFASSUNGSANLAGE mit Speicherung der Meßdaten auf Lochstreifen

Das Prinzip dieser Anlage (Abbildung 2) besteht darin, daß die Meßgeber in einer vorgewählten Reihenfolge von der Meßstellenanwahl angesteuert werden, und die Werte von einem Digitalmillivoltmeter (DMVM) mit BCD-Ausgang gemessen und angezeigt werden. Vom BCD-Ausgang werden die Meßwerte über ein Codiergerät^{*)} mit Multiplexern und ein Interfacegerät an den Streifenlocher Facit-4070 gelegt, wo sie dann seriell (Hunderter, Zehner, Einer) ausgedruckt werden.

^{*)} Codiergerät und Interface wurden im Labor der Außenstelle in Zusammenarbeit mit Herrn Ing.G.Cernusca, dem an dieser Stelle unser Dank ausgesprochen sei, entwickelt.

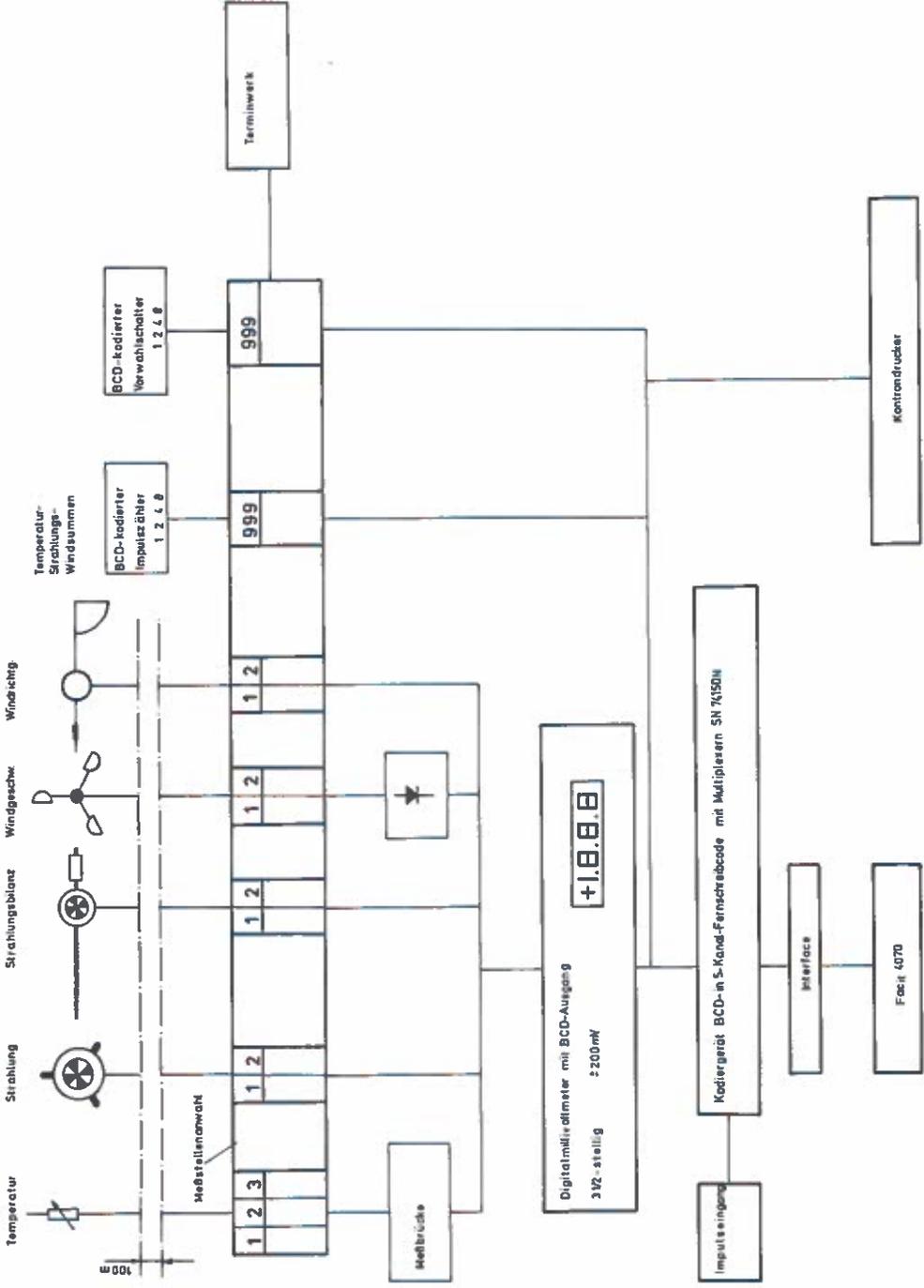


Abbildung 2: Blockschaltbild der Datenerfassungsanlage; Möglichkeiten der Geberbestückung.

Die Erfassung von Augenblickswerten wurde bereits in mehreren Arbeiten (CERNUSCA G. 1972, CERNUSCA A. 1973, CERNUSCA A. und G. 1975) beschrieben und basiert auch bei dieser Anlage zum Teil auf diesen Arbeiten. Eine Erweiterung stellt jedoch die Erfassung von Mittelwerten (Wind, Strahlung, Temperatur) dar, die von getrennten Meßanlagen (Wind, Strahlungs- und Temperatursummierern) übernommen werden können. Diese auf Zählern mit BCD-Ausgang aufsummierten Meßwerte werden von der Meßstellenanwahl direkt auf das Codiergerät gelegt und ausgedruckt. Eine zusätzliche Verbesserung bringt die Möglichkeit eines Druckeranschlusses, der die gemessenen Daten mit entsprechender Meßstellennummer und einem zusätzlichen Kommentar ausdrückt, sodaß gewisse Kontroll- und Vorauswertmöglichkeiten gegeben sind.

Abschließend kann gesagt werden, daß hier eine weitere Möglichkeit zu den bisher bekannten und beschriebenen Datenmeß- und Registrierverfahren aufgezeigt wird, wobei eine Kombination von integrierter Bauteilen, sowie Schrittwerken und Relais angewendet wird.

Der Energieverbrauch dieser Anlage konnte so klein gehalten werden, daß bei stündlicher Abfrage von neun Meßstellen die gesamte Anlage (incl. Lochstreifengerät) mit Akkumulatoren, die eine Speicherfähigkeit von 70 Ah haben, ca. 25 Tage ohne Nachladen betrieben werden kann. Im Folgenden werden die technischen Details dieser Anlage beschrieben.

(ANHANG:)

Das Codiergerät (Abbildung 3):

Bei diesem Gerät kann entweder eine Impulszahl (0-999) über ein NAND-Gatter (SN 7400) und über 3 Dezimalzähler mit BCD-Ausgang (SN 7490) oder eine BCD-codierte Dezimalzahl (1/2/4/8, 10/20/40/80, 100/200/400/800) an den Eingang des Codiergerätes gelegt werden. Die Kontrolle der Datenübernahme in das Codiergerät erfolgt mit 3 x 4 St. Leuchtdioden TIL 121, die auch die Kontrolle für die BCD-Codierung ergeben und mit 3 7-Segmentanzeigen TIL 302, die wieder von 3 BCD-zu-7-Segment-Decoder/Treibern (SN 7446) angesteuert werden und die Daten im Dezimalcode anzeigen (0-999). Die vom Codiergerät übernommenen Daten werden an den Eingang von 3 Blöcken Multiplexer (5 x SN 74150) gelegt und von diesen in den 5-Kanal-Fernschreibcode umgewandelt. Die an Ausgängen der Multiplexer anliegenden Daten werden von 3 Stück 2 x SN 7400 invertiert und an das Interface weitergegeben.

Das Interface (Abbildung 3):

Dieses hat die Aufgabe, die parallel anliegenden Daten im Fernschreibcode in der Reihenfolge Hunderter, Zehner, Einer auf den Eingang des Lochers zu legen und diesen so zu steuern, daß die Daten seriell in obiger Reihenfolge ausgedruckt werden.

Von der Zeitbasis (SN 7400 und SN 74121) werden das Minischrittschaltwerk (RN 511 024) für die Anwahl der entsprechenden Relaisgruppen (2 x RA 400 024) in der richtigen Reihenfolge und der Locher nach erfolgtem Druckbefehl angesteuert. Die 3 Relaisgruppen (2 x RA 400 024) schalten die Daten über ein System von Optokopplern (5 x H 13 B 1) und über eine Gruppe von Reedrelais (5 x 851A 24B 2A) auf den Ansatzlocher für den programmierten Ausdruck.

Die Relaisgruppe 2 x RA 400 024 ist für die Programmierung der Zeichen Wagenrücklauf, Zeilenvorschub, Zwischenraum und Vorzeichen vorgesehen.

Der Datenausdruck am Lochstreifen (Abbildung 4):

Die Kolonnen entsprechen den Meßzyklen (Meßterminen), die ihrerseits aus den Meßwerten (Meßgeber 1 bis 9) bestehen.

Die Kolonnen werden durch die Zeichen Wagenrücklauf, Zeilenvorschub, die zur Steuerung des Fernschreibers beim Protokollausdruck dienen, getrennt. Die in den Kolonnen enthaltenen 3-stelligen Werte sind durch ein Zwischenraumzeichen voneinander getrennt. Steht an Stelle des Zwischenraumzeichens ein Beistrichzeichen (Kolonne 1: Trennung zwischen 8. und 9. Meßwert), so ist der vorhergehende Meßwert negativ zu interpretieren.

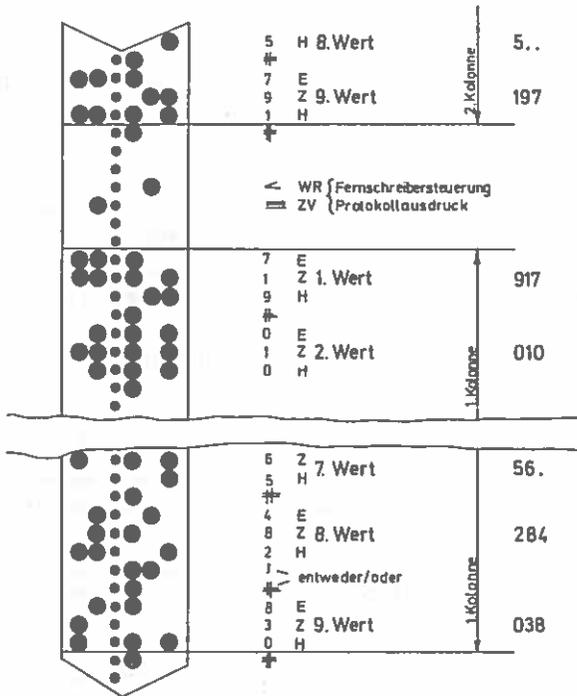


Abbildung 4: Darstellung der Daten auf dem Lochstreifen (5-bit-Fernschreibcode).

ZUSAMMENFASSUNG

Im ersten Teil dieser Arbeit wird ein Überblick über die in der Freilandmeßstation Haggen zur Erfassung von Temperatur, Strahlung und Wind verwendeten automatischen Meß- und Registriergeräte gegeben.

Im zweiten Teil wird eine verbesserte mobile Datenerfassungsanlage mit Lochstreifenregistrierung beschrieben, deren technische Details im Anhang zusammengestellt sind.

Schlüsselwörter: Klimadatensummierung, Batteriebetrieb, Lochstreifenspeicherung.

SUMMARY

Equipment and Methods for Ecological Measurements in the Forest Field Station Haggen/ Sellrain Valley

The first part of the paper gives a survey of the automatic equipment used in the Haggen field station for measuring and recording temperature, irradiation and wind.

The second part describes an improved battery-operated data acquisition unit with punched tape recording system. The technical specifications are summarised in the appendix.

Keywords: Climatic data-integration, battery-operation, punched tape recording.

LITERATUR

- CERNUSCA A., 1972: Zur Frage der Meßhäufigkeit von Mikroklimamessungen bei Ökosystemanalysen. *Oecologia* (Berl.) 9, 113 - 122.
- CERNUSCA A., 1973: B. Einsatz mobiler Meßeinrichtungen in der Ökosystemanalyse. Springer-Verlag Berlin, 195 - 201.
- CERNUSCA A. und G., 1975: Ein Schreiber für 6 Meßstellen mit Meßwertintegration und Datenspeicherung für Lochstreifen. *Wetter und Leben*, 27, 227 - 232.
- CERNUSCA G., 1972: Die Entwicklung mobiler Kleinstationen für forstökologische Standortserkundung zur Wiederbewaldung von Hochlagen. *Mitt. Forstl. Bundesvers. Anstalt*, Wien, 96, 137 - 157.
- MAYER W.H., 1977: Rund- und Schnittholzkubierung problemlos, ohne Zeitaufwand! *Allgemeine Forstzeitung Wien*, S 88.
- NÄGELI W., 1971: Der Wind als Standortsfaktor bei Aufforstungen in der subalpinen Stufe. *Mitt. Schweiz. Anst. forstl. Versuchswesen*, 47, 35 - 147.
- PRETTU K., LINDGREN A., LINDROTH A., NOREN B., 1977: Micro and biometeorological measurements at Jädraas. *Instrumentation and measurement technics. Swedish Conferous Forest Project, Technical Report 7.*
- PLATTNER J. und STERN R., 1977: Windmessungen in einem Projektgebiet für Hochlagenaufforstung und Lawinenverbauung in den westlichen Karnischen Alpen (Osttirol). *Cbl. f. d. ges. Forstw.* 94, 163 - 179.
- STERN R., 1973: Forstliche Forschung im Gebirge. Neue Ergebnisse von der Außenstelle für subalpine Waldforschung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. *Allgem. Forstzchr.* 28, 769 - 772.
- UHLIG K., 1977: Ein Meßsystem zur Erfassung von Mittelwerten meteorologischer Größen. *Archiv techn. Messen*, 10, 343 - 350.

ERWÄRMUNG, WASSERRÜCKHALT UND EROSIONSBEREITSCHAFT SUBALPINER BÖDEN

Irmentraud NEUWINGER

EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

An der alpinen Waldgrenze prägt die Vielfalt des Reliefs einen kleinräumigen Wechsel ökologischer Bedingungen, deren Summenwirkung Vegetation und Boden beeinflusst. Auf eng benachbarten Standorten können daher Erwärmung und Verfügbarkeit von Wasser und Nährstoffen für die Pflanzen so verschieden sein, daß sich Begrenzungen für Aufforstungen ergeben.

FRIEDEL legte diese Erkenntnisse in seinen Arbeiten über Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge (1952), Kleinklimakartographie (1965) und Verlauf der alpinen Waldgrenze (1967) ausführlich dar und konzipierte eine Ökographie der subalpinen Region durch die Kartierung relieforientierter Klimafaktoren.

Im Laufe bodenkundlicher Arbeiten an der Waldgrenze konnten in Zusammenarbeit mit FRIEDEL reliefabhängige Boden- und Vegetationsformen gefunden werden, die sich decken, gut abgrenzen und kartieren lassen (NEUWINGER und CZELL 1959, NEUWINGER 1965). Weitere Arbeiten sollten die Standorteinheiten durch Daten des Nährstoff-, Feuchte- und Wärmeangebotes im Boden ökologisch charakterisieren, um sie später mit Karten von Klimafaktoren in Deckung bringen zu können. Bis jetzt liegen Kennwerte für den Bodenwasserhaushalt (CZELL 1967, 1972) und eine Charakterisierung des Nährstoffangebotes in subalpinen Böden vor (NEUWINGER 1967, 1972).

Die folgenden Ausführungen erläutern Zusammenhänge zwischen Bodenwärme und Bodenfeuchte in den reliefabhängigen Standorteinheiten mit Hinweisen auf die Abhängigkeit dieser Klimafaktoren von der Sonneneinstrahlung und der Schneeverteilung.

Der Gang der Untersuchungen bezog sich vorwiegend auf die Interessen der Hochlagenaufforstung und wurde wie folgt gegliedert:

Vergleichende Untersuchung subalpiner Standorte in bezug auf:

Bodenerwärmung,

Bodenwasser,

Zusammenhänge zwischen Bodenwärme und Bodenfeuchte,

Erhebung von Richtwerten für Bodenwärme und -feuchte,

Zusammenhänge zwischen Wasserkapazität und Erosionsbereitschaft,

Begrenzung für Aufforstungen.

UNTERSUCHUNGSGEBIETE

Um die Wechselwirkung von Bodenwärme und Bodenfeuchte untersuchen zu können, wurden mehrere Standorte mit teilweise gleicher Exposition, aber verschiedener Hauptwindrichtung und verschiedener Schneelage gewählt. Diese Standorte befanden sich auf zwei Stationen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, in Obergurgl-Poschach und in Hagen/Sellraintal.

Da sich die Bodenbeschaffenheit sehr stark auf die Erwärmung und das Verhalten des Wassers im Boden auswirken kann, wurden neben den silikatischen Böden auch Böden auf Kalk untersucht; diese Standorte befanden sich in den nördlichen Kalkalpen im Gelände um Seefeld-Wildmoos und an der Innsbrucker Nordkette. In diesen vier Gebieten wurden mehrere Meßstellen für Bodenwärme und Bodenfeuchte sowie für die Frühjahrs-Schneelage angelegt.

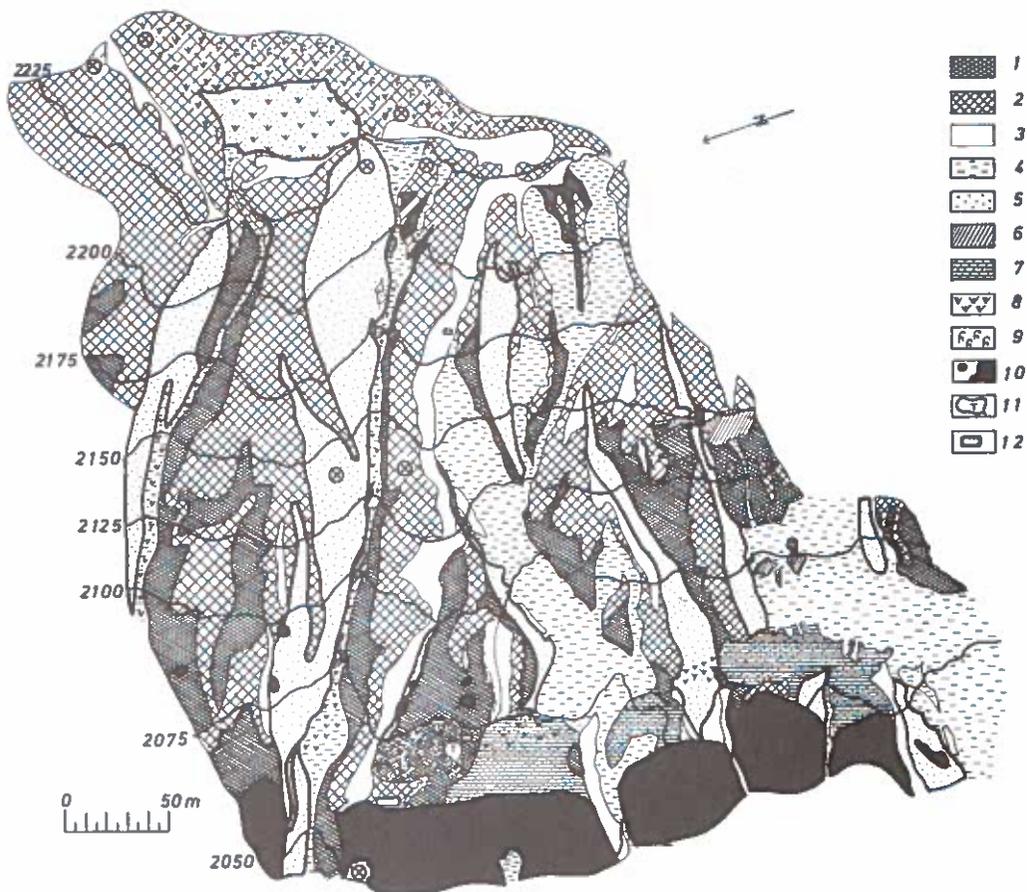


Abb. 1: Lage der Meßpunkte für Bodenwärme, -feuchte und Schneehöhe am Stationshang Obergurgl-Poschach (Signatur Ringe). Schematisierte Karte der Boden- und Vegetations-einheiten nach NEUWINGER und CZELL 1959.

- 1 = dichte moosreiche Alpenrosenheiden auf Eisenpodsol,
- 2 = dichte Alpenrosen-, Beeren- und Flechtenheiden auf Eisenhumuspodsol,
- 3 = Windblaiken und Spalierheiden mit Podsolresten
- 4 = Schuttfuren und offene Pionierheiden auf jungen Bodenbildungen,
- 5 = Schütterere Alpenrosen-Beerenheiden mit Besenheide und Wacholder auf Podsolkolluvien,
- 6 = Fels,
- 7 = geschlossene Pionierheide auf übermurten Podsolen,
- 8 = Heiden mit Bürstlinggrasen auf Podsolkolluvien,
- 9 = Heiden mit Krummseggenrasen auf flachgründigen Eisenhumuspodsolen,
- 10 = Zirben-Altbestand,
- 11 = Tümpel und Quellfuren,
- 12 = Baracken.

1. Obergurgl-Poschach

Geographische Lage: $11^{\circ}02' - 03' \delta L$, $46^{\circ}51' - 53' nB$, Nordwesthang.

Vegetations- und Bodenstufe: subalpine Entwaldungszone im Podsolbereich der oberen Zirbenwaldgrenze vom Zirbenwald bis zum Krummseggenrasen (*Carex curvula*) 1900 - 2300 m SH.

Klimatische Lage: Inneralpines Klima der Zentralalpen mit geringen Sommerniederschlägen und vorwiegend perhumiden Bodenverhältnissen. Eine genaue Beschreibung des Stationsgebietes Obergurgl-Poschach und seiner Ökologie erfolgte in dem zweiteiligen Sammelband der Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Mariabrunn (1961). In dem stark reliefierten Gelände finden sich vorwiegend zwei Gruppen von Bodenformen mit kennzeichnender Vegetation:

Im Luv der schneeverfrachtenden Winde aus N bis E sind es Böden der Podsolserie unter dichten, moos- und flechtenreichen Alpenrosen- und Beerenheiden; im Lee dieser Winde Podsolkolluvien unter schütterten und vergrastem Zwergstrauchheiden.

Die Abbildung 1 zeigt die Anlage einer Meßreihe in einem schematisierten Kärtchen der Boden- und Vegetationseinheiten nach NEUWINGER und CZELL (1959) und NEUWINGER (1965).

Eine zweite Meßreihe wurde mit Hilfe der Alpenen Forschungsstelle der Universität Innsbruck am Nordwesthang der Hohen Mut bei Obergurgl angelegt, mit den Grenzbereichen Zirbenwald bei 2050 m SH und Flechtenheide bei 2300 m SH. Die Meßstellen sind in der Tabelle 1 a, b und c beschrieben.

Tabelle 1a

Exponentielle Mitteltemperaturen (eT) am Stationshang Obergurgl-Poschach für die Zeit vom 24.6. bis 13.10.1971.

Standort	Seehöhe m	Neigung	Exposition	$eT^{\circ}C$
Krummseggenrasen auf Eisenhumuspodsol	2300	10°	NW	8,2
Flechtenheide auf Eisenhumuspodsol	2260	15°	NE	6,8
schütterere Beerenheide auf Podsolkolluvium	2260	15°	SW	11,5
verheideter Krummseggenrasen auf Eisenhumuspodsol	2220	15°	NW	7,8
Flechtenheide auf Eisenhumuspodsol	2220	15°	NE	6,9
schütterere Beerenheide auf Podsolkolluvium	2220	20°	SW	9,7
dichte Alpenrosenheide auf Eisenhumuspodsol	2140	20°	NE	6,8
schütterere Alpenrosenheide auf Podsolkolluvium	2140	20°	SW	9,3

Tabelle 1b

Exponentielle Mitteltemperaturen (eT) am Stationshang Obergurgl-Poschach für die Zeit vom 2.8.1976 bis 21.9.1977.

Standort	Seehöhe	Neigung	Exposition	$eT^{\circ}C$		
				2.8. 22.9. 1976	22.9. 30.6. 1976	30.6. 21.9. 1977
Krummseggenrasen auf Eisenhumuspodsol	2300	10 ⁰	NW	7,4	<-3	8,8
Flechtenheide auf Eisenhumuspodsol	2260	15 ⁰	NE	7,7	<-3	6,3
schütterere Beerenheide auf Podsolkolluvium	2260	15 ⁰	SW	8,6	-0,9	14,6
verheideter Krumm- seggenrasen auf Eisenhumuspodsol	2220	10 ⁰	NW	8,5	-2,5	11,0
Flechtenheide auf Eisenhumuspodsol	2220	15 ⁰	NE	7,8	-2,1	8,5
schütterere Beerenheide auf Podsolkolluvium	2220	20 ⁰	SW	8,9	-0,9	12,0
dichte Alpenrosenheide auf Eisenhumuspodsol	2140	20 ⁰	NE	7,1	-0,3	8,3
schütterere Alpenrosenheide auf Podsolkolluvium	2140	20 ⁰	SW	9,1	1,9	10,4
Alpenrosen-Zirbenwald auf Eisenpodsol	1960	20 ⁰	NW	8,0	1,4	10,0

Tabelle 1c

Exponentielle Mitteltemperaturen (eT) am NW-Hang der Hohen Mut, Obergurgl, für die Zeit vom 2.8.1976 bis 21.9.1977

Standort	Seehöhe	Neigung	Exposition	$eT^{\circ}C$		
				2.8. 22.9. 1976	22.9. 30.6. 1976	30.6. 21.9. 1977
Flechtenheide auf Eisenhumuspodsol	2300	15 ⁰	NNE	7,5	-1,5	10,2
vergraste Heide auf Podsolkolluvium	2300	20 ⁰	NW	8,3	<-3	10,6
Flechtenheide auf Eisenhumuspodsol	2200	15 ⁰	N	8,1	-2,8	7,8
Alpenrosen-Zirbenwald auf Eisenpodsol	2050	15 ⁰	NW	8,5	<-3	8,5
schütterere Alpenrosenheide auf Podsolkolluvium	2050	10 ⁰	E	8,7	0,9	8,6

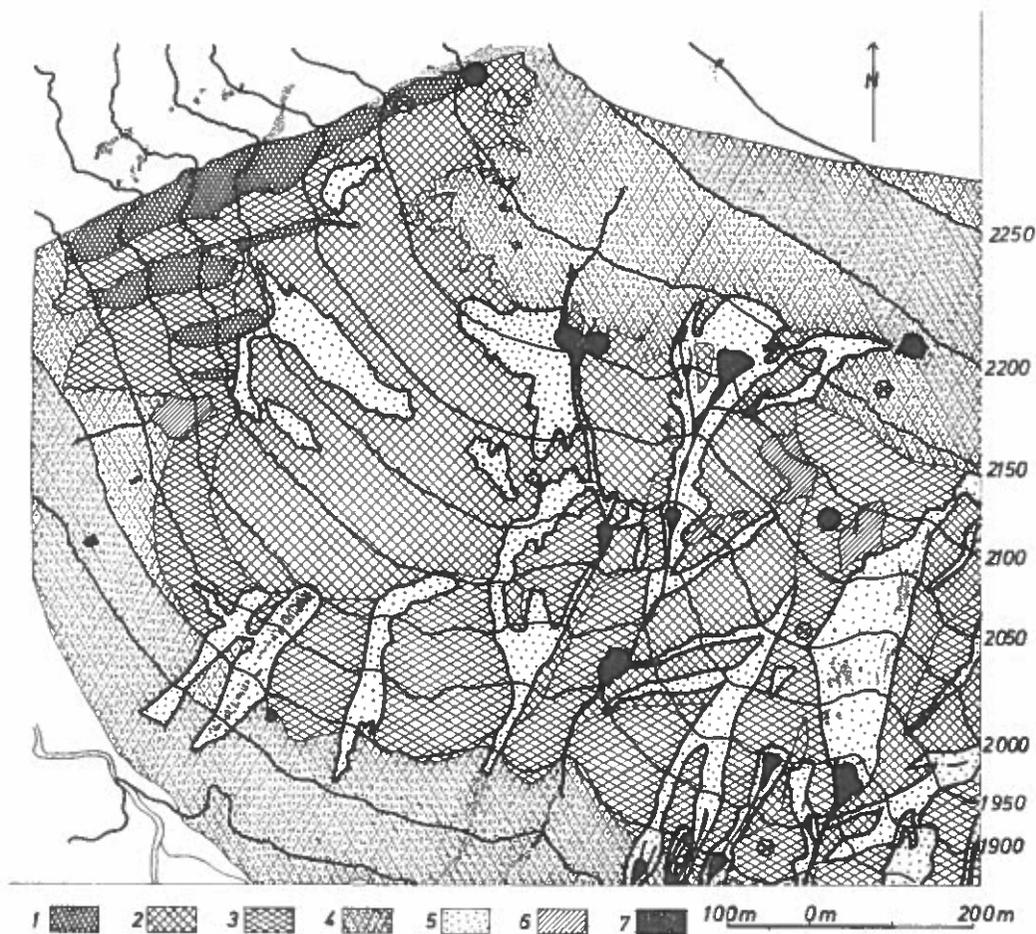


Abb. 2: Lage der Meßpunkte für Bodenwärme, -feuchte und Schneehöhe am Sonenberg bei Hagen im Sellraintal. Schematisierte Karte der Boden- und Vegetationseinheiten nach NEUWINGER 1972.

- 1 = Alpenrosen-Beerenheide auf reifen Eisenpodsolen,
- 2 = dichte Beerenheiden mit Besenheide auf Podsolkolluvien mit Girlandenbildung,
- 3 = vergraste Heide auf kolluvialen Podsolresten,
- 4 = verheideter Weiderasen auf Rankern und kolluvialen Podsolresten,
- 5 = Muldenrasen auf Rankern und jungen Podsolkolluvien,
- 6 = Fels,
- 7 = Wasserzüge, Quellfluren, Anmoore, Moore.

2. Sellraintal bei Haggen

Geographische Lage: 11°04' - 06' öL, 47°12' - 13' nB.

Vegetations- und Bodenstufe: subalpines Entwaldungsgebiet im Podsolbereich an der Obergrenze des potentiellen Fichten-Zirben-Mischwaldes von 1800 - 2200 m SH.

Der untersuchte SSW-exponierte Hang, der "Sonnberg", ist nahezu entwaldet, es herrschen Calluna-reiche Zwergstrauchheiden und Bürstlingsrasen auf Podsolkolluvien vor. Wie in Gurgl bestimmen auch hier vorwiegend Wind und Schneeverteilung die Ausbildung der Böden und der Vegetation. Die schneeverfrachtenden Winde kommen aus S bis NW; in diesen Lagen findet man regenerierte Podsolkolluvien unter dichten, Calluna-reichen Beerenheiden, in NW-Lagen auch typische Podsole; in den SE-Lagen an Wüchtenstandorten Rasengesellschaften auf jungen Podsolkolluvien, die durch ständige kleine Erosionsvorgänge gestört werden.

Klima: gemäßigt kontinentales Klima der nördlichen Randzone der Zentralalpen.

Genauere Beschreibungen des Gebietes geben GUNSCH (1972), KRONFUSS (1972) und NEUWINGER (1972).

Die Meßpunkte sind in einem schematisierten Kärtchen der Boden- und Vegetationseinheiten nach NEUWINGER (1972) in Abbildung 2 eingezeichnet und werden in Tabelle 2 beschrieben.

Tabelle 2

Exponentielle Mitteltemperaturen (eT) am Sonnberg bei Haggen/Sellraintal für die Zeit vom 21.6. bis 12.10.1971

Standort	Seehöhe	Neigung	Exposition	$eT^{\circ}\text{C}$
vergraste Beeren- und Besenheide auf Podsolkolluvium	2080	10°	SW	9,9
vergraste Beeren- und Besenheide auf Podsolkolluvium	2080	8° (Kuppe)	SSW	10,7
Muldenrasen auf Podsolkolluvium	2080	25°	SE	11,0
vergraste Beeren- und Besenheide auf Podsolkolluvium	2100	15°	SW	9,9
vergraste Beeren- und Besenheide auf Podsolkolluvium	2100	10° (Kuppe)	SSW	9,4
Muldenrasen auf Podsolkolluvium	2100	25°	SE	11,1
Bürstlingsrasen (Nardetum) auf Podsolkolluvium	2200	10°	SSW	9,9
dichte Alpenrosenheide auf Eisenpodsol	2160	15°	WNW	8,6

3. Seefeld-Wildmoos

Geographische Lage: 11°08' - 11' öL, 47°18' - 21' nB.

Vegetations- und Bodenstufe: In Nordlagen Laub-Nadel-Mischwald mit moosreichem Zwergstrauch-Unterwuchs auf Podsolen und Rendsinen mit Auflage, in Südlagen Fichten-Föhren-Mischwald mit Schneeheide-Preiselbeer-Unterwuchs auf Braunerden und mullartigen Rendsinen; obere Montanstufe, um 1200 m SH.

Klima der nördlichen Alpenrandgebiete mit Staulagen feuchter Nordwestströmungen in nördlich und leichtem Föhnwind einfluß in südlichen Lagen.

Die Abbildung 3 zeigt die Anlage der Meßpunkte in einem schematisierten Kärtchen der Boden- und Vegetationseinheiten nach ZECH und NEUWINGER (1974); ihre Beschreibung wird in Tabelle 3 gegeben.

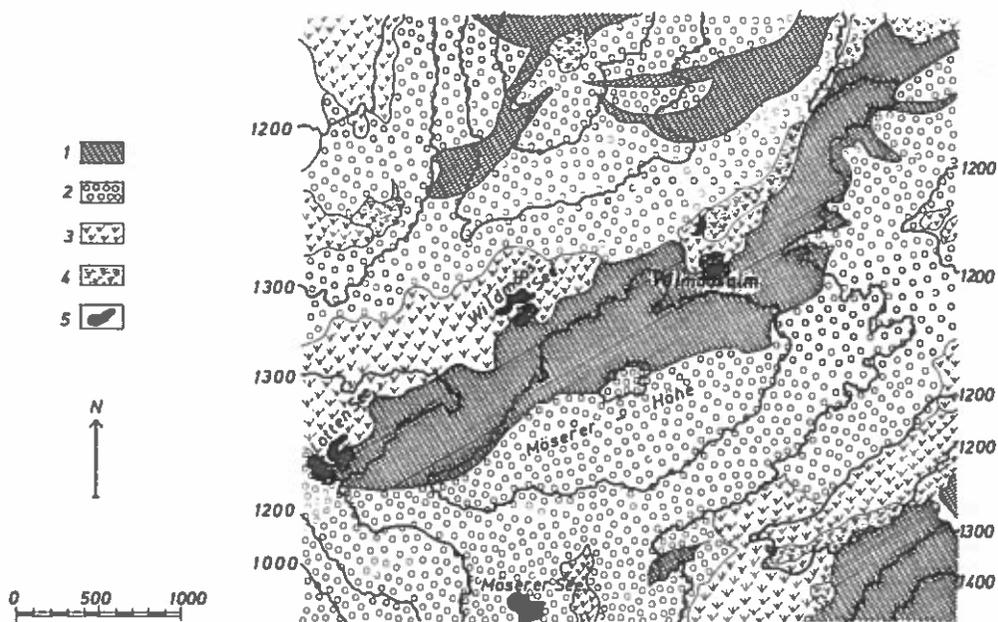


Abb. 3: Lage der Meßpunkte für Bodenwärme, -feuchte und Schneehöhe im Gebiet Wildmoos-Lottensee bei Seefeld. Schematisierte Karte der Boden- und Vegetationseinheiten nach ZECH und NEUWINGER 1974 (Ringe: Meßpunkte Lottensee bis Wildmoos fortlaufende Nummern der Tabelle 3):

- 1 = moosreiche Heidelbeer-Fichten-Mischwälder auf Böden mit starker Rohhumusbildung: Eisenhumuspodsole und Rendsinen mit organischer Auflage,
- 2 = Preiselbeer-Föhren-Fichten-Mischwälder auf Braunerden und Rendsinen ohne Rohhumusbildung,
- 3 = Kulturland mit anthropogen veränderten Böden,
- 4 = Anmoore und Moore,
- 5 = Seen.

Tabelle 3

Exponentielle Mitteltemperaturen (eT) aus dem Gebiet Wildmoos-Lottensee bei Seefeld für die Zeit vom 9.7.1976 bis 20.9.1977; Nummerierung durchlaufend vom Lottensee bis Wildmoosalm, siehe Abbildung 3.

Standort	Exposition	$eT^{\circ C}$			
		9.7. 20.9. 1976	20.9. 16.5. 1976	16.5. 30.6. 1977	30.6. 20.9. 1977
1 schütterere Zwergstrauchheide auf Braunerde	SW	17,5	4,5	18,2	15,7
2 vergraste Zwergstrauchheide auf Braunerde	SW	-	4,6	17,3	13,8
3 dichte vergraste Zwergstrauchheide auf Braunerde/Podsol	W	14,6	2,7	16,4	13,2
4 dichte moosreiche Zwergstrauchheide auf Eisenpodsol	NW	13,6	3,0	16,3	12,9
5 wie 4	NW	12,4	3,3	14,7	11,1
6 wie 4	NNW	14,1	3,5	14,2	11,1
7 wie 4	NNW	14,4	2,4	13,5	12,3
8 wie 4	N	14,7	2,1	14,1	10,7
9 wie 4	N	15,4	2,1	14,4	11,3
10 vergraste Zwergstrauchheide auf Braunerde	S	16,3	4,6	15,4	13,1
11 schütterere Zwergstrauchheide auf Mullrendsina	S	17,9	4,9	19,9	14,1

4. Nordkette bei Innsbruck

Geographische Lage: $11^{\circ}20' - 25'$ öL, $47^{\circ}18' - 21'$ nB.

Vegetations- und Bodenstufe: Die Reihe der Meßstellen umfaßt mehrere Stufen; von rd. 1200 m bis 1500 m SH erstreckt sich montaner Laub-Nadel-Mischwald, dessen Unterwuchs expositionsabhängig ist; in Südexposition findet man Rasen, grasreiche Zwergstrauchgesellschaften und Hochstaudenfluren auf Braunlehmen und Mullrendsinen, in Nordexposition dichte, meist moosreiche Zwergstrauchgesellschaften auf Podsolen und Rendsinen mit organischer Auflage (Auflage-Rendsinen). Ab 1500 m SH wird der Wald allmählich durch einen Latschengürtel abgelöst, der bis 1800 m SH reicht und ähnliche Verteilung der Vegetations- und Bodenformen zeigt, ab rund 1800 m bis 2300 m SH erscheinen dichte Rasen auf Braunlehmen, vergraste Zwergstrauchheiden auf Braunlehmen und Mullrendsinen sowie Polstergesellschaften auf Fehrendsinen.

Klima der nördlichen Randalpen mit Stauwirkungen kühlfeuchter Strömungen in Nordlagen und Föhninfluß in Südlagen.

Die Skizze Abbildung 4 zeigt die Anlage der Meßpunkte, die in den Tabellen 4a und b beschrieben werden.

Tabelle 4

Exponentielle Mitteltemperaturen (eT) des Bodens in 10 cm Tiefe an der Nordkette/Innsbruck für die Zeit vom 5.7.1976 bis 22.9.1977.

4a Südhang:

Standort	Seehöhe	Neigung	Exposition	$eT^{\circ}C$		
				6.7. 21.9. 1976	21.9. 31.5. 1976	5.7. 22.9. 1977
Hafelekar, Polstervegetation auf Pechrendsina	2330	20°	NNW		0,4	8,8
Hafelekar, Treppenrasen auf Mullrendsina	2330	20°	SSW	11,4	1,8	10,2
Grubeck, Rasen auf Braunlehm	1960	30°	S	14,9	3,7	14,3
Schneggengufel, schütterere Zwergstrauchheide auf Braunlehm	1830	25°	SW	13,5	1,9	11,3
Zunterkopf, schütterere Zwergstrauchheide auf Mullrendsina	1800	40°	SSE	14,2	3,1	12,9
Zunterkopf, Rasen auf Braunlehm	1790	30°	S	13,8	3,8	13,2
Zunterkopf, Rasen auf Braunlehm	1790	30°	SW	13,5	4,0	12,3
Zunterkopf, vergraste Zwergstrauchheide auf Braunlehm	1790	30°	SE	14,1	2,2	12,7
Gerschrofen, vergraste Zwergstrauchheide auf Braunlehm	1780	50°	SW	15,9	4,0	13,0
Gerschrofen, vergraste Zwergstrauchheide auf Braunlehm	1650	35°	SSE	15,7	4,9	12,3
Herzwiesen, Rasen auf Braunlehm	1550	40°	S	16,1	5,1	14,1
Herzwiesen, schütterere Zwergstrauchheide auf Mullrendsina	1550	40°	S	16,5	6,2	16,1
Herzwiesen, Rasen auf Braunlehm	1450	40°	S	16,5	6,0	15,8
Arzlerarl, vergraste Zwergstrauchheide auf Mullrendsina	1200	30°	SW	18,3	6,2	17,7
Titschenbrunn Waldrand mit Hochstauden auf Braunlehm	1180	20°	S	17,1	5,8	15,2

4b Nordhang:

Standort	Seehöhe	Neigung	Exposition	t_e °C	
				7.7. 24.9. 1976	29.6. 20.9. 1977
Tunigskar, moosreiche Zwergstrauchheide, Auflage-Rendsina	2040	10°	N	11,3	8,6
Tunigskar, Polster- vegetation auf Pechrendsina	2040	10°	N	11,8	12,2
Mannlital, dichte Alpen- rosenheide auf Eisen- podsol	1800	15°	NW	10,4	8,5
Mannlital, Polster- vegetation auf Pechrendsina	1800	15°	NNW	11,1	8,6
Angerle, Wiese auf Braunlehm	1580	8°	NE	14,9	14,3
Mannlital, Waldrand, dichte Zwergstrauch- heide, Auflage-Rendsina	1560	10°	NNE	11,9	10,4
Mannlital, Waldrand, dichte Zwergstrauch- heide auf Eisenpodsol	1460	10°	NW	13,5	11,7
Amtssäge, Waldrand, dichte Zwergstrauchheide auf Eisenpodsol	1200	10°	NNE	15,3	12,0
Amtssäge, Waldrand, dichte Zwergstrauchheide, Auflage-Rendsina	1200	10°	NNE	14,6	12,4

METHODEN

Mit Hilfe einfacher Methoden, die es erlauben, ein großes Areal in nahezu gleichen Zeitabständen zu beobachten, konnten Vergleichswerte für Bodenwärme und -feuchte gefunden werden.

Bodenwärme:

Vergleichswerte für Bodenwärme wurden durch Messungen der exponentiellen Mitteltemperaturen (t_e) in 10 cm Tiefe erhalten, nach der Methode der Rohrucker-Inversion nach PALLMANN, EICHENBERGER und HASLER (1940), PALLMANN und FREI (1943), modifiziert nach SCHMITZ und VOLKERT (1959) und SCHMITZ (1964). Auf eine Voruntersuchung im Sommer 1971 folgte eine durchgehende Messung vom Sommer 1976 bis Herbst 1977.

Die Zuckerampullen wurden auf einer kleinen Fläche (30 x 30 cm) in 10 cm Tiefe ausgelegt; nach Vorversuchen genügten drei Proben bei ungestörten, sechs bei gestörten Böden. Die Zucker-Inversion wurde mit dem Polarimeter CENKO bei Na-Licht gemessen.

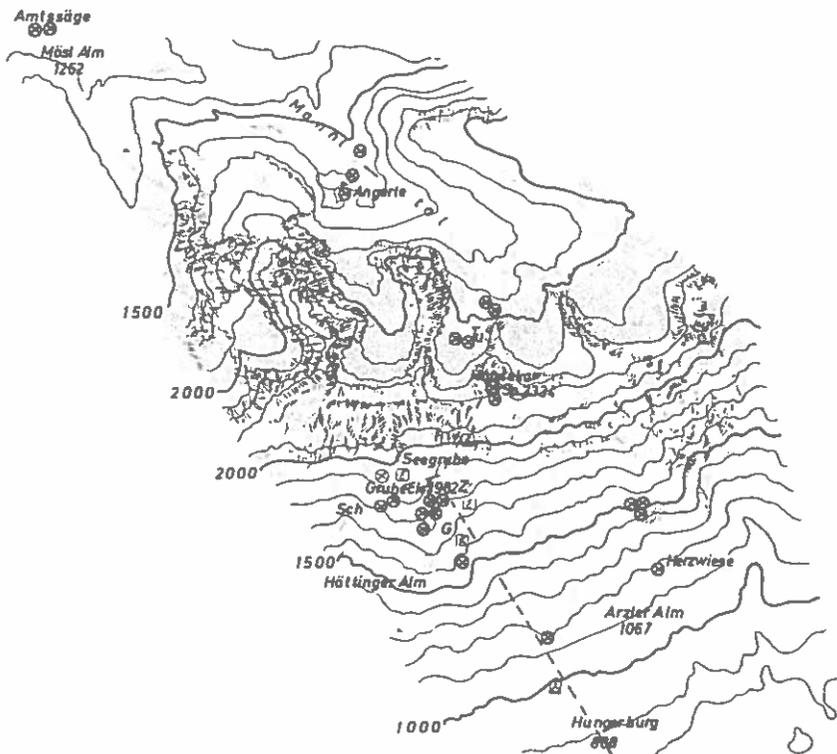


Abb. 4: Lage der Meßpunkte für Bodenwärme, -feuchte und Schneehöhe an der Nordkette bei Innsbruck. Kartengrundlage: Alpenvereinskarte 1 : 25.000. Die meisten Meßpunkte befinden sich zwischen 1700 und 1900 m SH und sind zu folgenden Gruppen zusammengefaßt: Z = Zunterkopf, G = Gerschrofen, Sch = Schneggengufel, Tu = Tunigskar.

Bodenfeuchte:

Bestimmung der aktuellen Feuchte durch Trocknung von Stechzylinderproben aus 10 cm Tiefe an den Meßstellen der Bodentemperaturen, jeweils beim Wechsel der Zuckerampullen. Für die Kennwerte des Wasserhaushaltes nach SCHLICHTING und BLUME (1966, S 61ff) und CZELL (1967) wurden aus Bodenaufschlüssen der untersuchten Standorte je vier Stechzylinderproben aus den einzelnen Horizonten entnommen und folgende Werte ermittelt:

1. Wassergehalt (W) in Gewichts- und Volumsprozent durch Trocknung von Stechzylinderproben.
2. Porenvolumen über Raumgewicht und Dichte.
3. Bodensaugspannung aus einer Saugspannungskurve : Bezug zwischen Wassergehalt und Saugspannung des Bodens durch stufenweise Bestimmung von W bei variiertem Druck mittels Kapillarimeter für 0,01 bis 0,1 bar, Wasserstrahlpumpe für 0,33 bar, Hochdruckapparat nach RICHARDS für 1 - 8 bar, 15 bar errechnet aus dem Wert der Hygroskopizität (Hy): $Hy \cdot 1,5$.

Hygroskopizität: Bestimmung aus W bei Saugspannungsgleichgewicht des Bodens mit dem Dampfdruck einer gesättigten Na₂SO₄ · 10 H₂O-Lösung.

Kennwerte der Saugspannung:

maximale Wasserkapazität (WK_{\max}) Saugspannung 0,01 bar,

minimale Wasserkapazität (WK_{\min}) Saugspannung 0,33 bar,

permanenter Welkepunkt (PWP) Saugspannung 15 bar,

Hygroskopizität (Hy) Saugspannung 50 bar.

Berechnete Kennwerte:

Feldkapazität (FK) aus $WK_{\max} + WK_{\min} / 2$.

minimale Retention (Ret_{\min}) aus $WK_{\max} - FK$.

4. Fließgrenze des Bodens nach CASAGRANDE aus KULLMANN (1968).

ERGEBNISSE

1. Bodenwärme

An Hand der Tabellen für die Bodenmitteltemperaturen können Zusammenhänge zwischen Bodenwärme, Hangexposition, Höhenlage und Bodenart gefunden werden. Zusammenhänge mit der Bewindung lassen sich teilweise durch die Frühjahrs-Schneelage und die Bodenfeuchte deuten.

In den Tabellen sind die Standorte nach Höhenstufen zusammengefaßt; diese werden nach zwei oder drei Expositionen gegliedert.

1.1 Einfluß der Exposition:

Erwartungsgemäß nimmt die Exposition großen Einfluß auf die Bodenwärme. An Hand der Tabellen können für drei Standortgruppen drei Bereiche der Sommer-Mitteltemperaturen 1976/77 gefunden werden:

Standortgruppen	eT in 10 cm Bodentiefe in $^{\circ}C$	
	alpin und subalpin	montan
dichte Zwergstrauch- und Flechtenheiden auf Podsolen, Rendsinen mit organischer Auflage und Pechrendsinen NE bis NW-Exposition	6,3 - 13,5	bis 16,3
schütterer Zwergstrauchheiden auf Podsolokolluvien, SE-SW-Exposition	8,6 - 14,6	
schütterer Zwergstrauchheiden und Rasen auf Braunerden, Braunlehmen, Mullrendsinen in E über S bis W-Exposition	10,2 - 16,5	bis 18,3

1.2 Einfluß der Höhenlage:

Erstreckt sich die Reihe der Meßpunkte über mehrere Vegetationsstufen, dann läßt sich eine Abnahme der eT -Werte mit der Höhe erkennen, siehe die Abbildung 5, Nordkette bei Innsbruck. Obwohl Podsole und Braunlehme deutlich verschiedene Bereiche aufweisen, ist die Streuung doch sehr groß, da die Exposition und die Lage im Relief großen Einfluß nehmen.

Bei Berücksichtigung dieser Faktoren könnten für einzelne Bodenarten Höhengradienten errechnet werden.

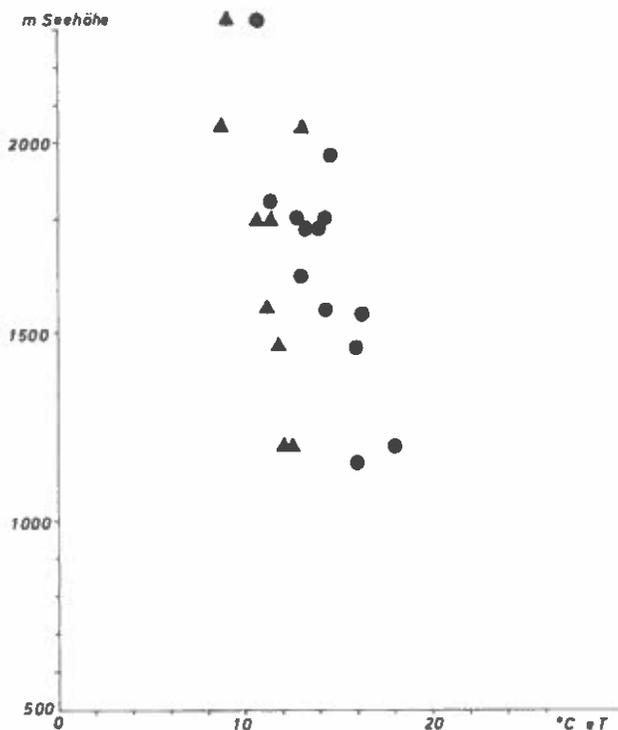


Abb. 5: Abhängigkeit des exponentiellen Temperaturmittels ($\bar{e}T$) in Böden der Nordkette bei Innsbruck von der Seehöhe.

Meßtiefe: 10 cm, Meßdauer: 5.7. - 22.9.1977.

Dreiecke: Podsole, Rendzinen mit organischer Auflage, Pechrendzinen.

Punkte: Braunlehme und Mullrendzinen.

1.3 Wirkung der Bodenart:

Bodenarten werden durch die Gehalte an organischer Substanz und Feinkorn gekennzeichnet, durch welche die spezifische Wärmeleitfähigkeit bestimmt wird. In sehr engem Zusammenhang mit diesen Beziehungen steht auch die Speicherfähigkeit für Bodenfeuchte, die ebenfalls artspezifisch ist. Die Haftwasserkapazität steigt mit dem Feinkorngehalt, Lehme bleiben daher länger feucht als Feinsande und sind auch wegen der Verdunstung des Bodenwassers kühler als Sande. Man kann diese komplexe Wirkung der Bodenart auf die Erwärmung nur dann eindeutig feststellen, wenn verschiedene Bodenarten bei gleicher Höhenlage, Hangneigung und Exposition verglichen werden können.

Zwei nebeneinander vorkommende Böden auf den Herzwiesen an der Nordkette, Südhang (Tabelle 4a), sind ein derartiges Beispiel: Die Mitteltemperatur der Mullrendzina lag durchwegs höher als die des benachbarten Braunlehms; von Juli bis September 1976 um $0,4^{\circ}\text{C}$, von September 1976 bis Mai 1977 um $1,1^{\circ}\text{C}$, von Juli bis September 1977 um 2°C . Im Gebiet Seefeld-Wildmoos war eine südexponierte Mullrendzina während der Meßdauer 1976/77 immer wärmer als die benachbarte Braunerde in gleicher Exposition, von Mitte Mai bis Ende Juni 1977 sogar um $4,5^{\circ}\text{C}$, siehe Tabelle 3.

1.4 Der Einfluß der windbedingten Frühjahrs-Schneelage:

Eine langandauernde Frühjahrs-Schneedecke kann die Erwärmung des Bodens verzögern. Durch Messungen der Bodenmitteltemperaturen in verschiedenen ausapernden Standorteinheiten kann man Zusammenhänge zwischen Bodenwärme, Schneelage und Wind erkennen.

Durch schneeverfrachtende Winde im Spätwinter erfolgt die Schneeverteilung im Relief über der Waldgrenze so gesetzmäßig, daß "Aperfiguren" oder "Abtaumuster" neben ausgeformten Schneeflecken immer an den gleichen Geländestellen erscheinen, wenn auch zeitlich mehr oder weniger verschoben (ausführliche Darstellungen bei FRIEDEL 1965, 1967, KRONFUSS 1967).

Die Schneeverteilung vom Spätwinter bis zum Frühjahr ist daher kartierbar und man kann den meisten Einheiten dieser Ausaperungskarten charakteristische Standorteinheiten zuordnen: lang schneebedeckte Standorteinheiten sind in Gurgl durch Podsolkolluvien unter schütterten Zwergstrauchheiden, am Haggener und Paider Sonnberg im Sellrainer Obertal durch junge Podsolkolluvien unter Rasengesellschaften zu erkennen; früh ausapernde Standorte sind in Obergurgl durch flachgründige Eisenhumuspodsole unter Flechtenheiden gekennzeichnet, am Sonnberg im Sellrainer Obertal durch Calluna-reiche Heiden auf reifen Podsolkolluvien.

In Obergurgl sind die expositionsabhängigen Wirkungen von Wind, Schneelage und Strahlung eng miteinander verknüpft: Die SW-exponierten Podsolkolluvien der Wächtenstandorte im Lee sind wärmer als die NE-exponierten Podsole im Luv oder die windgefegten Kuppen. Als Beispiel sei eine t_e -Messung vom 24.6. bis 13.10.1971 in 2140 m SH an der Waldgrenze angeführt:

Podsolkolluvium unter schütterer Alpenrosenheide SW:	9,3°C
Podsolrest auf Windblaike, NW:	8,2°C
Eisenhumuspodsol unter Alpenrosen-Beerenheide:	6,8°C

Der Windeffekt wird hier vom Strahlungseffekt überlagert. In Obergurgl erhalten alle Wächtenstandorte in SW-Lagen hohe Strahlungsmengen und wenig Wind; sie sind daher durch hohe t_e -Werte gegenüber allen anderen Standorten gekennzeichnet (Tabelle 1a, b, c). An der Nordkette und am Haggener Sonnberg sind die Expositionsunterschiede infolge der Südlage des Haupthanges nur gering, hier werden die Bodentemperaturen durch die Schneelage und die Bewindung modifiziert:

t_e -Werte in °C vom Haggener Sonnberg, 2080 m SH, 1971:	3.6. - 21.6.	21.6. - 12.10.
vergraste Beeren- und Besenheide, Podsolkolluvium	10° SW-Hang:	7,6 9,9
unmittelbar benachbart, gleiche Boden-Vegetationseinheit.....	8° SSW, Kuppe:	2,6 10,7
Muldenrasen, Podsolkolluvium	25° SE:	4,1 11,0

Im Frühsommer ist der zuerst ausapernde SW-Standort wärmer als der lang schneebedeckte SE-Standort; die windausgesetzte Kuppe zeigt die niedersten Bodenmitteltemperaturen.

Im Hoch- und Spätsommer erkennt man eine Umkehr der Temperaturverhältnisse: die höchsten t_e -Werte erscheinen nun am SE-Standort, die niedersten am SW-Hang, die Werte des Kuppenstandortes liegen in der Mitte.

Ähnliche Abhängigkeiten von Bewindung und Schneelage zeigen sich bei den SW-, S- und SE-exponierten Braunlehmen unter Rasen und vergrasteten Zwergstrauchheiden am Zunterkopf der Nordkette in 1790 m SH, siehe Tabelle 4a. Auch hier ist die SE-Lage während des Sommers, die früh ausapernde SW-Lage während des Winter-Frühlingsbereiches (21.9. - 31.5.) wärmebegünstigt.

1.5 Einfluß der Bodenfeuchte:

Die Wirkung der Bodenfeuchte auf die Erwärmung kann an keinem Beispiel im Untersuchungs-

gebiet isoliert betrachtet werden, sondern nur im Zusammenhang mit der Bodenart. Verschiedene Bodenarten auf eng benachbarten Standorten unterscheiden sich durch verschiedene hohe Feuchte und Bodenmitteltemperaturen, wie oben bereits erwähnt wurde.

2. Bodenwasser

In der Bilanzgleichung des Wasserhaushaltes stehen Niederschlag und Zuschußwasser (Hangzug- und Grundwasser) auf der Einnahmenseite, Oberflächenabfluß, Versickerung, Evapotranspiration und Interzeption der Pflanzendecke auf der Ausgabenseite.

Die im Boden verbleibende Feuchte ändert sich funktionell je nach der Größe der einzelnen Parameter und der Art des Bodens in sehr verschiedenen Zeitabschnitten. Diese Änderung der Bodenfeuchte im Laufe der Vegetationsperiode ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen.

In den kontinentalen Innenalpen erhält der Boden die größte Feuchtezufuhr durch das Abschmelzen des im Spätwinter verlagerten und verfestigten Schnees, in den Randgebieten der Zentralalpen und in den nördlichen Kalkalpen können auch Sommerregen sehr hohe Feuchte bringen.

Die Abbildungen 6 und 7 skizzieren die Beziehungen zwischen Schmelzwasserzufuhr und Bodenfeuchte in den zwei Untersuchungsgebieten Obergurgl-Poschach und Wildmoos-Lottensee bei Seefeld.

In den Abbildungen 8, 9 und 10 werden die Kennwerte des Wasserhaushaltes im Bodenprofil dargestellt; man kann daraus Porenvolumen, maximale und minimale Wasserkapazität, Feldkapazität, minimale Wasserretention und den Wert der Fließgrenze für die einzelnen Horizonte in Volumprozent und in mm pro Horizontvolumen entnehmen.

Die Beziehungen zwischen Bodensaugspannung und Wasservolumen bringen die Abbildung 11 mit Saugspannungskurven der untersuchten Horizonte und die Abbildungen 12, 13 und 14 mit der Darstellung von Saugspannungen während des Sommers in natürlich gelagerten und gestörten Humushorizonten.

2.1 Beziehungen zwischen Schmelzwasserzufuhr, Bodenfeuchte und Bodenwärme:

In den Gebieten Obergurgl-Poschach und Seefeld-Wildmoos zeigen Böden gleicher Exposition ähnliche Erwärmung, aber unterschiedliche Feuchte (Abbildungen 6 und 7). Diese Erscheinung wird durch die unterschiedliche Schneelage hervorgerufen:

In Obergurgl-Poschach erhalten die Böden der kühlen Nordlagen im Frühjahr wenig Schmelzwasser und im Sommer im Vergleich zu den anderen Lagen wenig Niederschlag, denn sie liegen im Luv der schneeverlagernden Winde aus N bis NE und im Lee der regenbringenden Winde aus SW bis NW. Ihre Frühjahrsfeuchte ist daher gering und im Sommer können die oberen 10 cm der Humuslage bis zu 8 bar Saugspannung austrocknen, wie GUNSCH (1972) während einer Schönwetterperiode im August feststellte.

Die Podsolkolluvien der warmen SW-Lagen dagegen befinden sich im Lee der schneeverfrachtenden Winde aus NE und im Luv der regenbringenden Winde aus SW - W. Sie erhalten daher hohe Feuchtemengen durch die Schneeschmelze und außerdem mehr Sommerniederschlag als die Böden der NE-Lagen.

Im Bereich Seefeld-Wildmoos, einem bevorzugten Staugebiet feuchtkühler Luftmassen, erhalten die Podsole der N- und NW-Lagen große Schmelzwassermengen aus der hohen Schneedecke und sind den ganzen Sommer über deutlich feuchter als die Braunerden in S- und SW-Lagen. Trotz verschiedener Bodenfeuchte sind in beiden Gebieten die Podsole kühler als die Braunerden, und auch die braunerdeartigen Podsolkolluvien.

Im Bereich der Nordkette reagieren die Rendsinen als flachgründige humose Böden sehr rasch auf Wasserzufuhr und Austrocknung, während die Lehm Böden träger reagieren und gleichmäßigere Feuchte zeigen (siehe Abbildung 12).

Von den alpinen Böden hat die Rendsina in SE-Lagen hohe Sommerwärme (Tab. 4a), aber wegen der späten Ausaperung des Wächtenstandortes geringere Wärme im Winter-Frühlingsbereich als die SW-exponierten Böden.

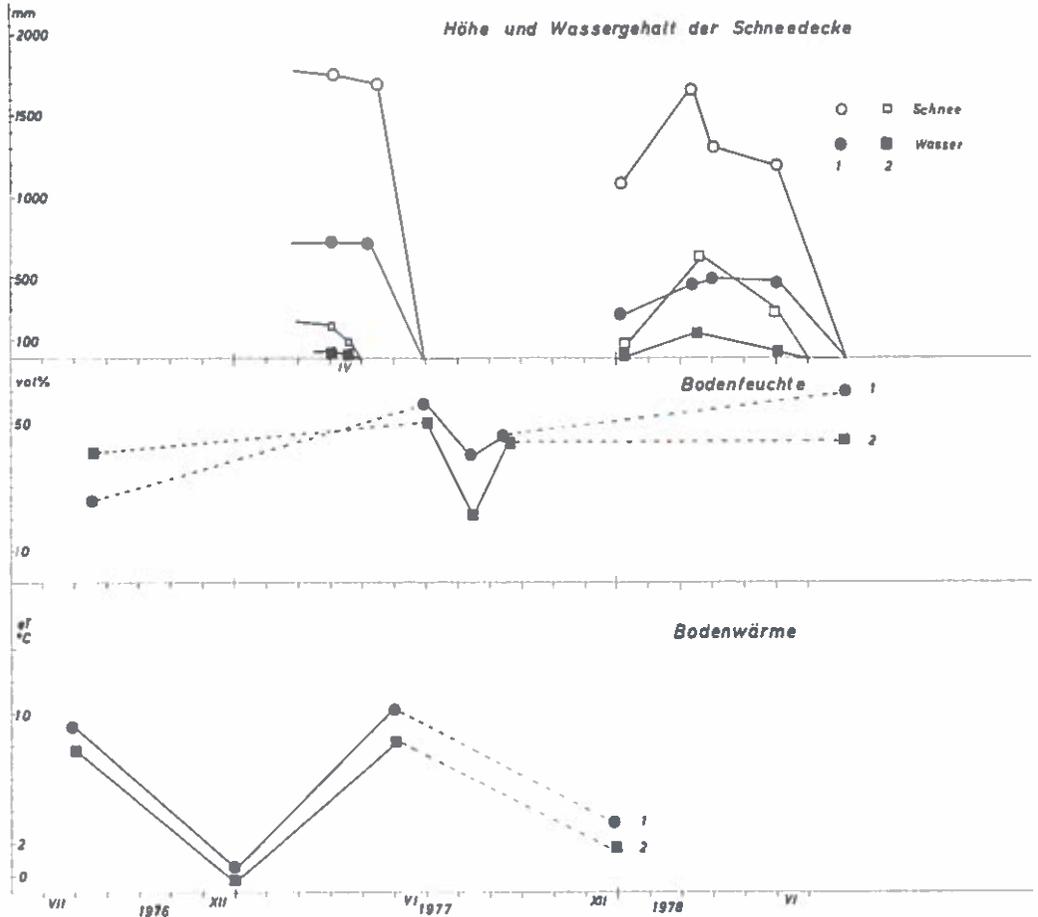


Abb. 6: Beziehungen zwischen Höhe und Wassergehalt der Schneedecke, Wassergehalt und exponentiellem Temperaturmittel (e_T) des Bodens in 10 cm Tiefe im Gebiet Obergurgl-Poschach, NW-Hang. Meßdauer für die e_T -Werte: 2.8. - 22.9.1976; 22.9. - 30.6.1977; 30.6. - 21.9.1977; 21.9. - 30.6.1978.

1 = Podsolkolluvium SW, 2160 m SH, 2 = Eisenhumuspodsol NE, 2140 m SH.

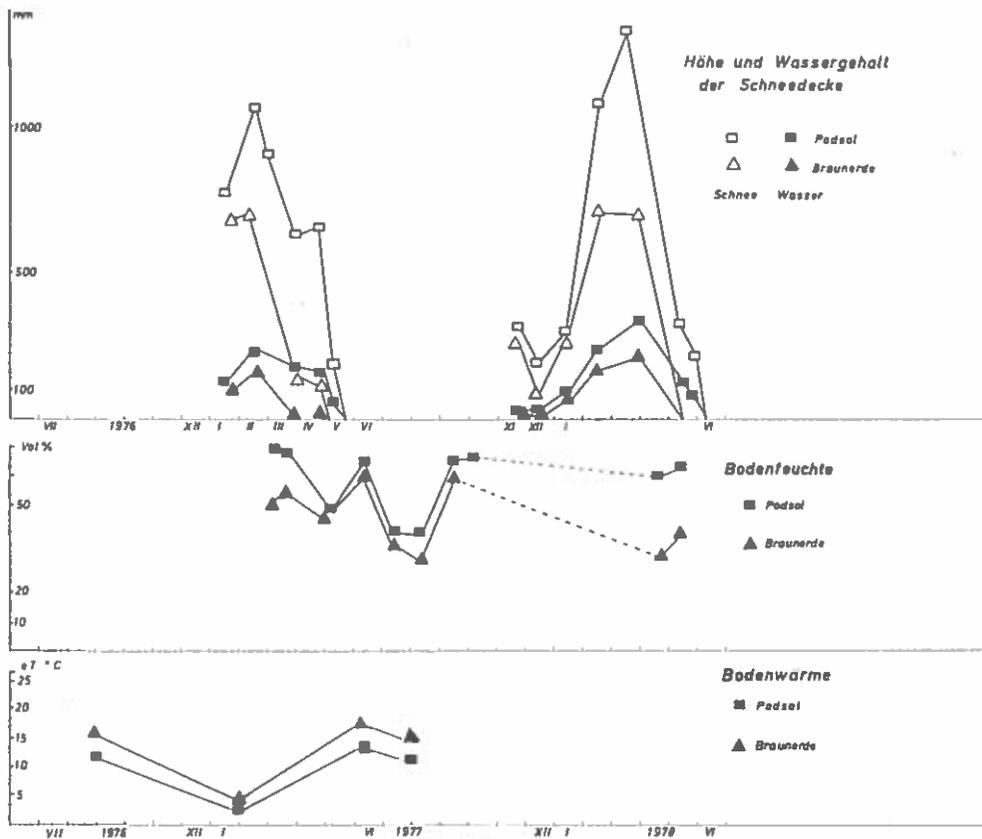


Abb. 7: Beziehungen zwischen Höhe und Wassergehalt der Schneedecke, Wassergehalt und exponentiellem Temperaturmittel (e^T) des Bodens in 10 cm Tiefe im Gebiet Wildmoos-Lottensee bei Seefeld, 1200 m Seehöhe.
 Meßdauer für die e^T -Werte: 9.7. - 20.9.1976; 20.9. - 16.5.1977; 16.5. - 30.6.1977; 30.6. - 20.9.1977.
 Meßpunkte: Braunerde Nr.1, Podsol Nr.5 in Tabelle 3.

2.2 Die Böden als Wasserspeicher:

Die Wasserspeicherung der Böden hängt von ihrem Gehalt an Feinporen ab, die kleiner als $2 \mu m$ sind. Man bestimmt diese Porenfraktion durch die Messung der minimalen Wasserkapazität bei 0,33 bar; bei dieser Saugspannung sind alle Poren $< 2 \mu m$ mit Wasser gefüllt. Der so gefundene Wert ist das Haftwasser, das sich längere Zeit im Boden halten kann.

Das pflanzenverfügbare Haftwasser wurde aus der Differenz der Bodenwassermenge bei 0,33 bar Saugspannung und der Wassermenge bei 15 bar Saugspannung, dem permanenten Welkepunkt errechnet.

Wie aus Abbildung 11 zu sehen ist, nimmt das pflanzenverfügbare Wasser bei den sandigen Podsolkolluvien ein sehr geringes Volumen ein: 20 % des Bodenvolumens gegenüber 25 % bei

den Rendsinen und 22 % bei Podsolen und Braunlehmen. Die höhere Speicherkapazität der Rendsinen und Podsole kann jedoch von den Pflanzen nicht immer genutzt werden, denn die Bodenfeuchte wird auch von anderen Faktoren, vor allem dem Wind, beeinträchtigt.

Wie im nächsten Kapitel ausgeführt wird, können daher die Podsolkolluvien trotz ihrer geringen Speicherkraft den Pflanzen oft höhere Feuchte bieten als die speicherfähigeren Podsole.

Die Untersuchung der Porengröße gibt auch Aufschluß über die Möglichkeit der Wasserver-sickerung. Die Spanne zwischen maximaler Wasserkapazität und Haftwasser erfaßt das Sickerwasser, die Spanne zwischen Feldkapazität und maximaler Wasserkapazität die minimale Wasser-Retention, z.B. nach der Schneeschmelze. In den Abbildungen 8, 9 und 10 sind diese Werte im Bodenprofil dargestellt. Die Podsolkolluvien zeigen den kleinsten Sickerwasserbereich und die geringste Retentionsmöglichkeit.

Obwohl bei den Braunlehmen der Nordkette eine relativ hohe Sickerwasserrate errechnet werden kann, zeigten sie doch bei praktischen Versickerungsversuchen die geringsten Werte von allen Böden, vermutlich wegen der sehr rasch eintretenden Verschlämmung der Poren.

2.3 Beziehungen zwischen Wassergehalt und Saugspannung der Böden:

An Hand der Saugspannungskurven, Abbildung 11, wurden die Saugspannungen einiger Böden während hochsommerlicher Schönwetterabschnitte errechnet. Die Abbildung 12 zeigt die Saugspannungen einer Mullrendsina und die eines Braunlehms in natürlicher Lagerung an der Nordkette im Sommer 1977 im Höhenbereich um 1800 m SH, sowie die Saugspannung eines Braunlehms in 1180 m SH. Im Herbst erreicht die Mullrendsina einen Austrocknungsgrad, der über dem permanenten Welkepunkt liegt, während die Lehme nur 3 bar Saugspannung erreichen. Die Abbildung 13 gibt das Verhalten von Podsolen und Podsolkolluvien wieder und ist den Untersuchungen von GUNSCH (1972) entnommen. Die Eisenhumuspodsole von Gurgl erreichten 1969 und 1970 jeweils im August mit 7 und 8 bar die höchsten Saugspannungswerte, die Podsolkolluvien als höchsten Wert 2 bar im Frühsommer 1970. In den kolluvialen Böden von Haggen wurde nur einmal ein hoher Saugspannungswert festgestellt, und zwar im trockenen Herbst 1969, 8 bar. Die Abbildungen 12 und 13 zeigen somit die rasche Austrocknung der Böden mit hohen Humusgehalten in natürlicher Lagerung unter ungestörter Vegetation bei trockener Witterung. Noch stärker zeigt sich die Austrocknung in Abbildung 14, bei einem gerodeten Eisenhumuspodsol. Die Abbildung zeigt den Feuchteverlauf in zwei gerodeten Böden, die 1954 in Obergurgl-Poschach untersucht wurden (NEUWINGER-RASCHENDORFER 1961): während ein sandig lehmiger Boden in SW-Lage nur bis zu einer Saugspannung von 2 bar austrocknete, war der Eisenhumuspodsol durch die Rodung so gestört, daß er Saugspannungen zwischen 15 und 50 bar, also zwischen permanentem Welkepunkt und Hygroskopizität aufwies.

Es zeigen sich also in den untersuchten Böden extreme Wasserverhältnisse: hohe Wassersättigung in Wächtenlagen nach der Schneeschmelze, starke Austrocknung in windausgesetzten humosen Böden. Die gemessenen Grenzwerte von 8 bar in den natürlich gelagerten Böden von Obergurgl-Poschach und Haggen-Sellrain sind zwar für Forstpflanzen noch nicht lebensbedrohend, nach HAVRANEK und BENECKE (1978) aber bereits deutlich wachstumsbegrenzend.

Eingewurzelte Pflanzen sind auch durch starke Austrocknung der Böden im Spätherbst nicht gefährdet, weil dann das Pflanzenwachstum schon abgeschlossen ist; von Aufforstungen in flachgründigen Rendsinen und Podsolen bei trockener Herbstwitterung ist aber abzuraten.

3. Erosionsbereitschaft der Böden

Unter Bodenerosion versteht man Bewegungen im Solum, im Bodenkörper zwischen organischer Auflage und Ausgangsmaterial, die mehrere Ursachen haben können; die vorliegenden Untersuchungen beziehen sich auf die Erosion durch hohe Wasserzufuhr. Die potentielle Erosionsbereitschaft wird durch die Ermittlung der Fließgrenze dargestellt. Die Fließgrenze ist jener Wassergehalt, bei welchem der Boden den plastischen Zustand verläßt und zu fließen beginnt. Durch die hier angewendete Labormethode nach CASAGRANDE erfaßt man die nie-

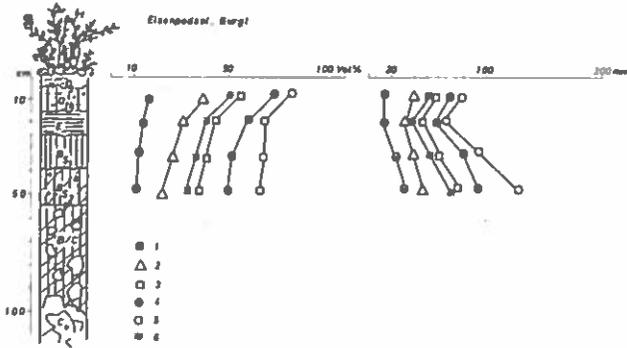


Abb. 8: Kennwerte des Wasserhaushaltes eines Eisenpodsols im Bereich der Waldgrenze in Obergurgl-Poschach; die Ausbildung des Humushorizontes ist gleich der des Eisenhumuspodsols 2140 m, Tabelle 1a, b.

1 = minimale Wasserretention, 2 = minimale Wasserkapazität bei 0,33 bar Saugspannung, 3 = Feldkapazität, 4 = maximale Wasserkapazität bei 0,01 bar Saugspannung, 5 = Porenvolumen, 6 = Fließgrenze.
Die Werte sind links in Volumprozenten, rechts in mm pro Bodenhorizont-Volumen aufgetragen.

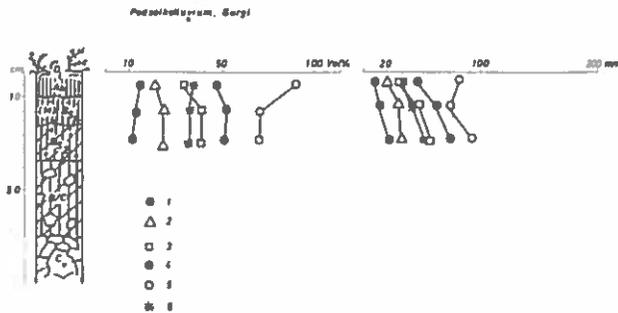


Abb. 9: Kennwerte des Wasserhaushaltes eines Podsolkolluviums im Bereich der Waldgrenze in Obergurgl-Poschach; Signaturen wie Abbildung 8.

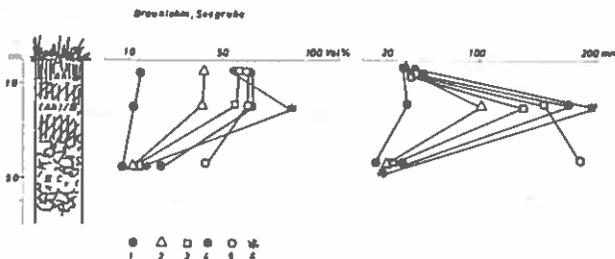


Abb. 10: Kennwerte des Wasserhaushaltes eines Braunerlehms im Bereich der Seegrube an der Nordkette bei Innsbruck. Signaturen wie bei Abbildung 8.

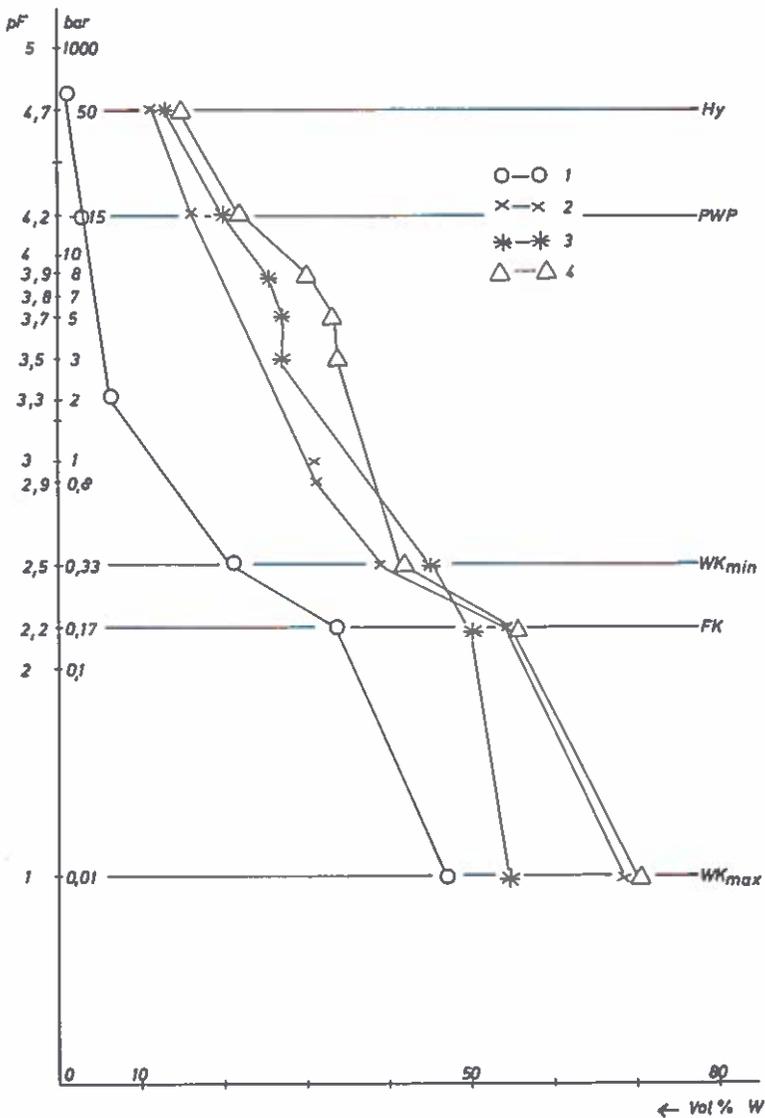


Abb. 11: Beziehungen zwischen Saugspannung ψ und Volum-% Wassergehalt der untersuchten Böden:

1 = A_h -Horizont, Podsolkolluvium Gurgl, 2 = O_{fh} -Horizont, Eisenhumuspodsol Gurgl, 3 = A_h Mullrendsina, Nordkette bei Innsbruck 1800 m, 4 = Braunlehm Nordkette bei Innsbruck 1790 m.

Da für die Errechnung der Beziehungen zwischen Saugspannungen und Wassergehalt der Böden mehrere Methoden im Labor angewendet werden müssen, geben die Kurven nur Näherungswerte der Saugspannungen im natürlich gelagerten Boden.

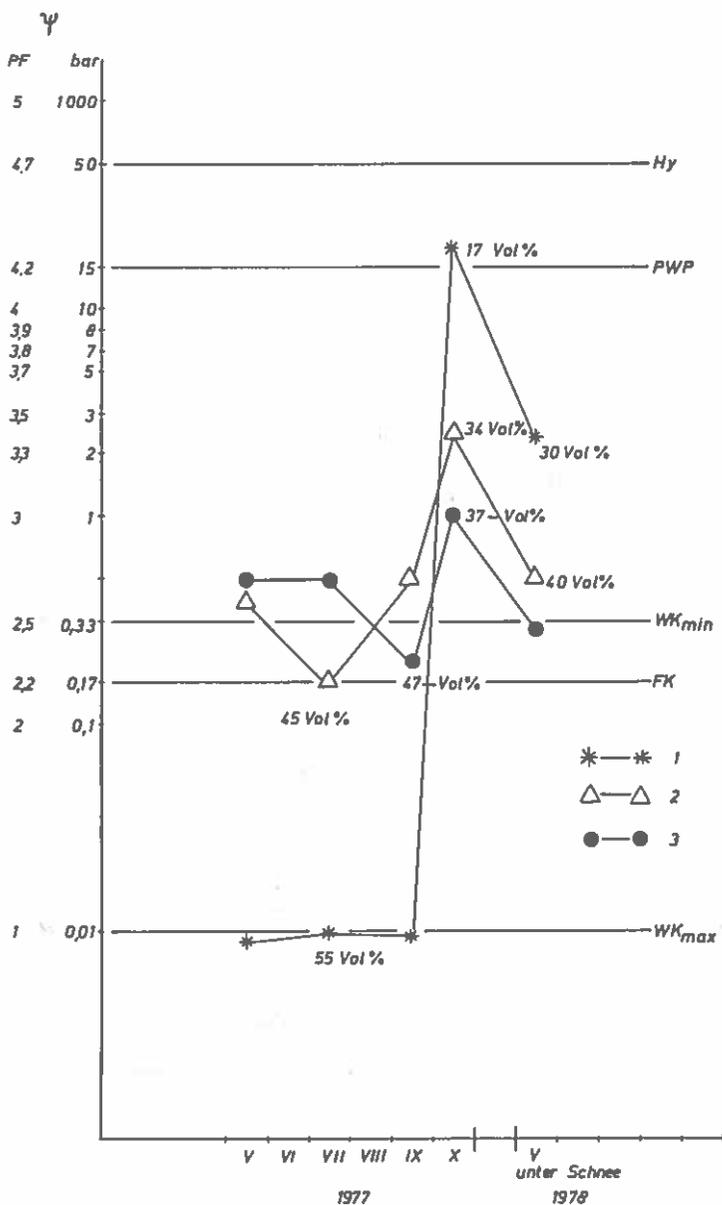


Abb.12: Saugspannungswerte von Böden an der Nordkette bei Innsbruck zu verschiedenen Jahreszeiten im Zeitraum Mai 1977 bis Mai 1978.
 1 = Mullreidsina, SSE, 1800 m, 2 = Braunlehm, S, 1790 m, 3 = Braunlehm, S, 1180 m. Messung in 10 cm Bodentiefe, jeweils im A.-Horizont.

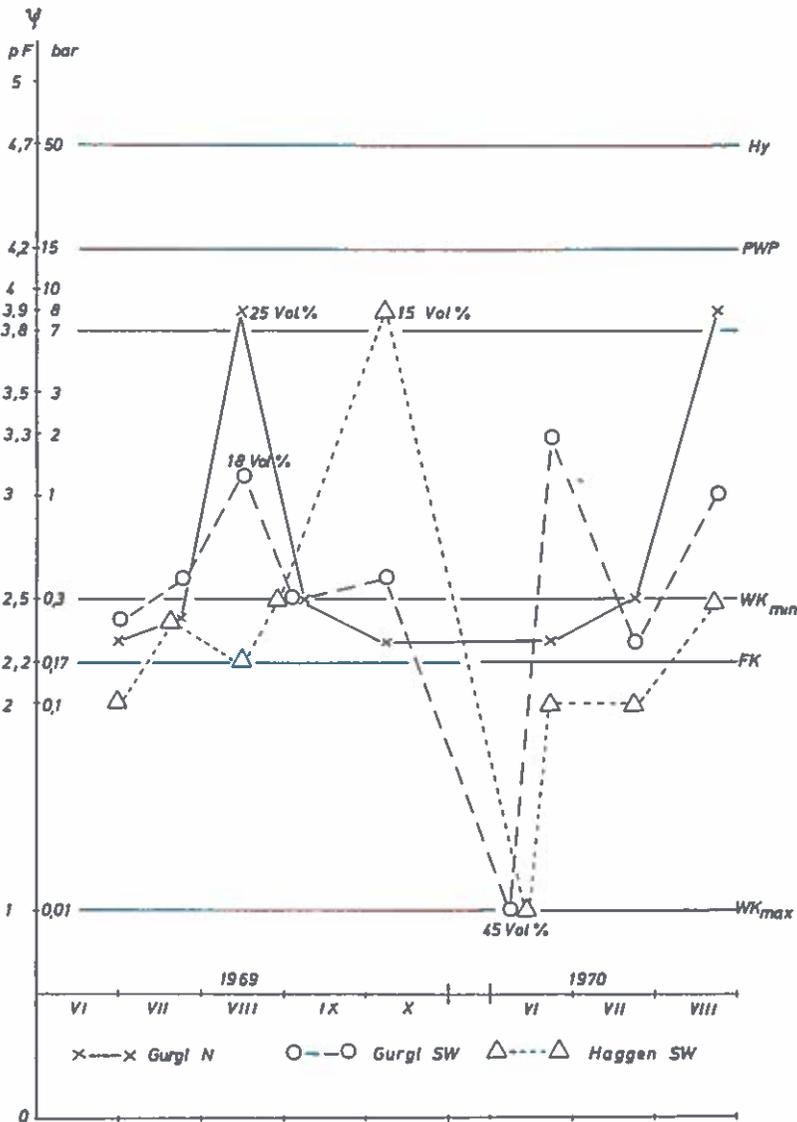


Abb.13: Saugspannungswerte im O_h -Horizont eines Eisenhumuspodsoles und im A_h -Horizont zweier Podsolkolluvien in den Sommern 1969/70 nach GUNSCH (1972):
 Gurgl N: Eisenpodsol im Übergang zu Eisenhumuspodsol, 2070 m Seehöhe, am Stationshang Obergurgl-Poschach;
 Gurgl SW: Podsolkolluvium, 2070 m, Stationshang Obergurgl-Poschach;
 Haggen SW: Podsolkolluvium am Sonnberg bei Haggen in 1830 m Seehöhe. Meßtiefe: 10 cm

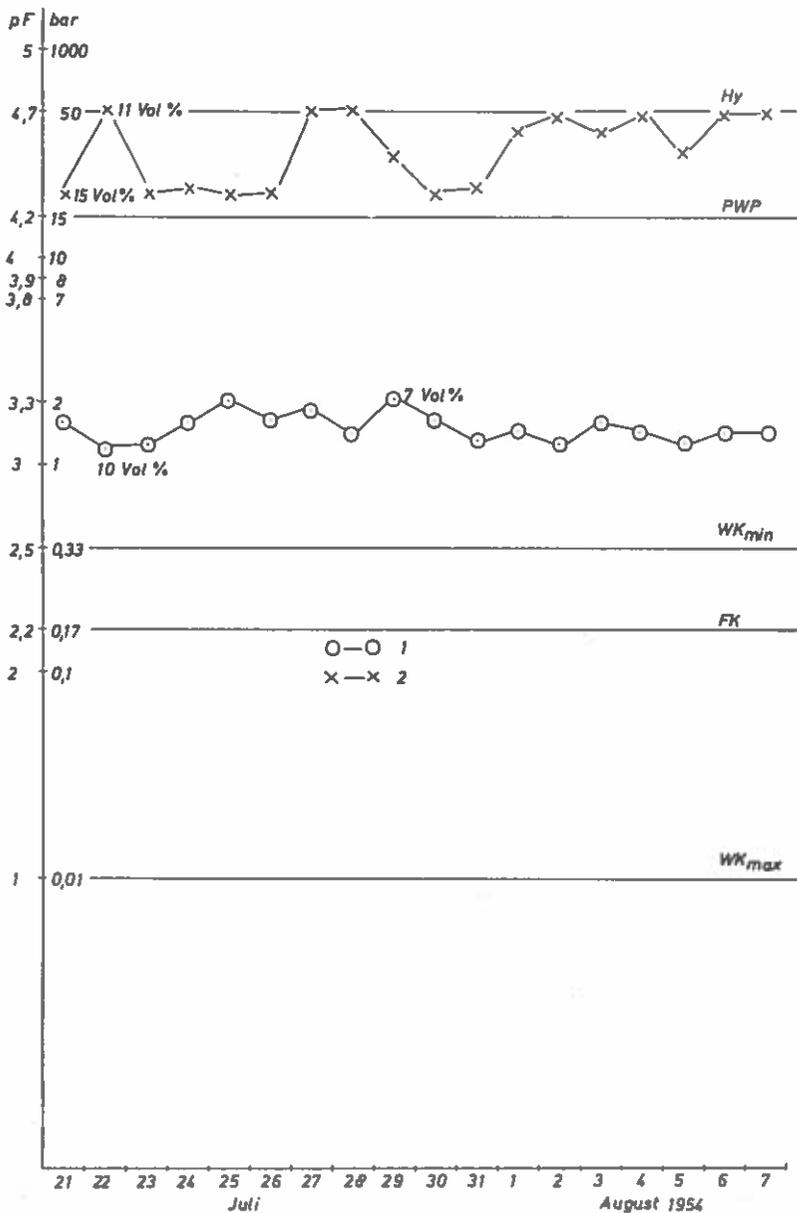


Abb.14: Saugspannungswerte in 10 cm Tiefe 1 im A_h-Horizont eines Podsolokolluviums in SW-Lage und 2 im O_h-Horizont eines Eisenpodsols in NE-Lage, Obergurgl, nach Störung der Vegetation und des obersten Humushorizontes durch Rodung. Messung vom 21. Juli bis 7. August 1954 nach NEUWINGER-RASCHENDORFER 1961. Umrechnung in Volum %.

derste Fließgrenze der Böden, die im natürlich gelagerten Zustand nur bei Veränderung des Wasserpotentials bei großer Belastung, z. B. durch Steindruck, Viehtritt etc. anzutreffen ist. Trotz dieser Einschränkungen stellt diese Methode eine Möglichkeit für Vergleiche der Erosionsbereitschaft in verschiedenen Böden dar (siehe die Abbildungen 8 - 10). Bei den Böden von Obergurgl-Poschach, die nach NEUWINGER und CZELL (1959) schwach anlehmigen, vorwiegend sandigen Charakter haben, liegt die Fließgrenze stets nahe dem Wassergehalt bei Feldkapazität und nimmt parallel zu diesem von den Humushorizonten des Oberbodens zu den Mineralhorizonten des Unterbodens ab. Man muß jedoch einräumen, daß in natürlicher Lagerung die Humushorizonte durch Wurzeln stark verfestigt und daher stabiler sind als der Laborbefund der Fließgrenze aussagt.

Aus diesen Befunden kann man schließen, daß die sandigen Böden im Gebiet von Obergurgl-Poschach sehr labil sind; die hier nicht abgebildeten Böden von Haggen/Sellrain haben ähnliche Kornzusammensetzung. Geringe Störungen im Wurzelbereich genügen, um zum Zeitpunkt der Schneeschmelze bei Wassergehalten zwischen Feldkapazität und maximaler Wasserkapazität oberflächliche Rutschungen hervorzurufen.

Bei den Braunlehmen der Nordkette zeigt die Fließgrenze im Profil einen wesentlich anderen Verlauf als bei den sandigen Böden von Obergurgl-Poschach: Im A-Horizont liegt sie noch nahe dem Wassergehalt bei Feldkapazität, steigt dann im schwach humosen Verwitterungshorizont A_h/B_v weit über das Porenvolumen und sinkt an der Grenze gegen die Unterlage aus Dolomitgrus IIC wieder stark ab.

Die Braunlehme verhalten sich also völlig anders als die sandigen Böden. Das stark plastische Solum erreicht erst nach starker Quellung die Fließgrenze. Der Wassergehalt der Fließgrenze liegt deshalb über dem Porenvolumen, weil das Verhältnis Substanz- zu Porenvolumen an lufttrockenen Böden in Xylol gemessen wurde, das nicht wie Wasser quellend wirkt.

Durch den hohen Wassergehalt beim Aufquellen der Lehme können die oberen Horizonte sehr schwer werden und es wurde beobachtet, daß der Boden in großen Schollen abrutschte, besonders dann, wenn Wasser an Wurzeln, Steinen oder in Tiergängen den IIC-Horizont erreichte, der eine sehr niedere Fließgrenze besitzt.

DISKUSSION

1. Die Bodenerwärmung an den Vergleichsstandorten

Die Untersuchungen haben ergeben, daß Böden mit Rohhumusbildung, also Eisenpodsole, Eisenhumuspodsole, Rendsinen mit organischer Auflage, aber auch Pechrendsinen, im Beobachtungsgebiet vorwiegend nordexponiert auftreten und in den oberen Humushorizonten in 10 cm Tiefe sehr niedrige Bodenmitteltemperaturen aufweisen.

Diese Böden treten gesetzmäßig mit charakteristischen Pflanzengesellschaften auf, die als gemeinsames Erscheinungsbild dichten, polsterartigen Wuchs haben: dichte Alpenrosenheiden mit Moos- und Flechtenunterwuchs, dichte Beeren- und Flechtenheiden, dichte Gras- und Seggenpolster. Ihnen steht eine Gruppe von Standorten mit höheren Bodenmitteltemperaturen gegenüber, die Podsolokolluvien unter schütterten Zwergstrauchheiden, Braunerden und Braunlehme unter Rasen und vergrasteten Zwergstrauchheiden, mullartige und Mull-Rendsinen unter schütterten und vergrasteten Zwergstrauchheiden umfaßt und vorwiegend südexponiert auftritt.

Betrachtet man diese beiden Gruppen überregional mit dem Kriterium dieser Bodenmitteltemperaturen, dann stellt man eine breite Übergangszone fest; lokal sind diese Standorte, jedoch im Relief gut kartierbar abzugrenzen. Die Gestaltung des Reliefs beeinflußt mittels der expositionsbedingten Sonneneinstrahlung, der Bewindung und der Schneeverteilung die Bodenerwärmung.

Stark reliefierte West- und Osthänge zeigen daher schärfere Gegensätze der Standorte bezüglich

der Bodenmitteltemperaturen, die in der Ausbildung der Böden und der Zusammensetzung der Vegetation zum Ausdruck kommen, da im Kleinrelief Nord- und Südexpositionen mit großen Einstrahlungsunterschieden auftreten können.

An Nord- und Südhängen sind diese Strahlungsunterschiede im Kleinrelief gering, daher treten bei den Bodenmitteltemperaturen die Effekte der Bewindung und der Schneeverteilung stärker hervor; sie wirken sich aber in der Ausbildung von Boden und Vegetation nur mäßig aus.

Als Beispiel für diese unterschiedlichen Reliefwirkungen liegen hier die Untersuchungen an zwei NW-Hängen in Obergurgl vor, die im Kleinrelief deutliche Standortunterschiede zwischen N- und NE-Lagen einerseits und SW-Lagen andererseits zeigen.

Auch die Nordkette bei Innsbruck zeigt diese Standortunterschiede zwischen Nord- und Südhang und ein kleiner, NW-exponierter Bereich des Haggener Sonnbergs im Sellraintal unterscheidet sich in Vegetation und Bodenausbildung deutlich von dem vorwiegend südexponierten Haupthang.

Dieser Südhang des Haggener Sonnbergs und der Südhang der Nordkette weisen im Kleinrelief Beispiele für die Verringerung der Bodenmitteltemperaturen durch starke Bewindung und lange Schneebedeckung auf.

Im Gebiet Seefeld-Wildmoos summieren sich die temperaturerhöhenden Wirkungen der hohen Sonneneinstrahlung und der geringen Schneebedeckung in den S- und SW-Lagen, sowie die temperatursenkenden der geringen Sonneneinstrahlung und der langen Schneebedeckung in den N- und NW-Lagen.

Die Standortgegensätze verschärfen sich mit zunehmender Seehöhe: in subalpinen und alpinen Bereichen sind die Gegensätze zwischen den verschiedenen exponierten Standorten größer als im montanen Gelände. Niedere Sommertemperaturen wirken sich wachstumshemmend auf die Forstpflanzen aus; so fanden TRANQUILLINI (1959) und HAVRANEK (1972) klare Beziehungen zwischen niederen Bodentemperaturen und herabgesetzter Photosynthese; OSWALD (1963) konnte in Südlagen höhere Zuwächse bei Zirben messen als in Nordlagen und nach GUNSCH (1972) und NEUWINGER und GUNSCH (1979) wird bei niedriger Temperatur die Nährstoffaufnahme der Pflanzen aus dem Boden eingeschränkt.

Nicht nur wachstumshemmend, sondern lebensbegrenzend dürften die langandauernden und tiefreichenden Bodenfröste in den alpinen Flechten-Spalier- und Grasheiden sein. AULITZKY (1961) faßt diese Standorte für das Untersuchungsgebiet Obergurgl-Poschach zum tiefgefrorenen, schneearmen Typ zusammen; TURNER, ROCHAT und STREULE (1975) fanden im Dischmatal, Schweiz, auch einen tiefgefrorenen, schneebedeckten Typ. TRANQUILLINI (1967) bezeichnet die Standorte des langandauernden tiefreichenden Bodenfrosts als Lebensgrenze für die Forstpflanzen, da sie hier etwa 5 Monate kein Wasser aus dem Boden entnehmen können und an Frostrocknis zugrunde gehen müssen.

Diese alpine Temperaturgrenze des Baumwachstums konnte mit der Zucker-Inversionsmethode nicht durch Messungen, sondern nur durch Beobachtungen beim Auslegen der Ampullen festgestellt werden: Der Wechsel der Zuckerröhrchen wurde im Frühjahr nach dem Abschmelzen des Schnees möglichst gleichzeitig an vielen Standorten vorgenommen; dabei wurde beobachtet, daß in den alpinen Flechtenheiden und in der Zone der Polstervegetation der Boden erst nach dem Abschmelzen des Schnees auftaute, während in den subalpinen Gebieten der tiefer wurzelnden Zwergstrauchheiden zuerst der Boden auftaute und dann der Schnee in Bodennähe zu schmelzen begann. Man kann daher durch die Unterschiede zwischen den Temperaturmitteln des Winter-Frühlingstermins alpine und subalpine Bereiche annähernd abgrenzen.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß die Zucker-Inversionsmethode gute Vergleichswerte für die Abgrenzung von Standorten gibt, weil auch geringe, aber längere Zeit einwirkende Temperaturunterschiede mit hohen Werten in das exponentielle Mittel eingehen.

2. Das Bodenwasser

Die Untersuchungen ergaben, daß in allen stark humosen Böden, also in den Podsolen und

Rendsinen, der Wassergehalt starken Schwankungen unterliegen kann. Starke Bewindung führt zur Austrocknung, die irreversibel werden kann, wenn die Humushorizonte durch äußere Einflüsse in ihrer Struktur gestört werden. Bei der hohen hygroskopischen Feuchte, welche diese Böden kennzeichnet, ist der Vorrat an pflanzenverfügbarem Haftwasser trotz hohen Wassergehaltes gering, wenn im Boden höhere Saugspannungen herrschen. In Humusböden können daher für Forstpflanzen nicht nur durch niedere Temperaturen, sondern auch durch geringe pflanzenverfügbare Wassergehalte Wachstumseinschränkungen auftreten.

Beim Vergleich der Untersuchungsergebnisse stellt man fest, daß für die Austrocknung an den Standorten über der Waldgrenze der Wind bestimmend ist und nicht die Erwärmung, da die Pflanzen das Wasser für das Frühjahrswachstum durch die Schneeschmelze erhalten. Die windabgeblasenen, schneearmen Standorte erhalten im Frühjahr wenig Schmelzwasser, die Böden können daher bei anhaltendem Schönwetter rasch austrocknen. GUNSCH (1972) stellte schon nach 5 Strahlungstagen im August Saugspannungen von 8 bar im Eisenhumuspodsol einer N-Lage in Gurgl fest.

Standorte mit hoher Schneebedeckung im Frühjahr haben im allgemeinen bis in den Spätsommer genügend pflanzenverfügbares Haftwasser; an den oben erwähnten Strahlungstagen konnte GUNSCH (1972) in den Podsolkolluvien der Wächtenlage im SW Saugspannungen von nur 1 bis 2 bar messen. Beim Wechsel der Windrichtungen können auch die Standorte im Lee der schneeverfrachtenden Winde im Sommer stärkerer Ventilation ausgesetzt sein und austrocknen; meist tritt diese Austrocknung erst gegen Ende der Vegetationsperiode auf und wirkt daher nicht wachstumsbegrenzend. Im Frühjahr kann bei Böden mit geringem Speichervermögen Wasserüberschuß auftreten, der in der Folge zu Oberflächenabfluß und Bodenerosion führen kann.

3. Zusammenhänge zwischen Bodenwärme und Bodenfeuchte

Die Messungen der aktuellen Bodenfeuchte wurden als Stichproben an nur wenigen Tagen während der Vegetationsperiode durchgeführt, umfaßten aber ein großes Areal mit verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten der Exposition und der Hauptwindrichtung.

Aus den oben diskutierten Ergebnissen der Wärme- und Feuchte-Untersuchung kann man folgern, daß die Bodenwärme hauptsächlich von der expositionsbedingten Sonneneinstrahlung abhängt, die Bodenfeuchte aber von der Hauptrichtung der schneeverlagernden Winde, die an der Wächtenlage erkennbar ist. Die Sommerniederschläge sind bei diesen Überlegungen nicht berücksichtigt, man kann jedoch für die folgenden Ausführungen annehmen, daß sie aus SW- bis NW-Richtungen kommen, die SW- bis NW-Hänge daher mehr Niederschlag erhalten als die SE- bis NE-Hänge.

Es ergeben sich somit für die Untersuchungsgebiete folgende Kombinationen für Wärme und Feuchte:

Der NW-Hang in Obergurgl-Poschach:

Die schneeverlagernden Winde kommen vorwiegend aus NE, die Wächten liegen an SW-Hängen. Alle N-, NE- und NW-Hänge mit dichten Zwergstrauchheiden auf Podsolen sind daher kühl und austrocknungsgefährdet, da sie geringe Sonneneinstrahlung und geringe Schmelzwassermengen erhalten. Alle SW- und S-Hänge mit schüttereren Zwergstrauchheiden auf Podsolkolluvien sind stark besonnt, erhalten große Schmelzwassermengen und sind daher während der Wachstumsperiode warm und feucht.

Sonnberg bei Haggen im Sellraintal:

Am vorwiegend S-exponierten Hang sind die Einstrahlungsunterschiede im Kleinrelief nur gering mit Ausnahme der äußersten NW-Lage; die Bodenwärme wird durch Bewindung und Schneebedeckung stärker beeinflusst als durch die geringen Expositionsunterschiede.

Die SE-Lagen erhalten bedeutend mehr Schmelzwasser als die schneearmeren SW- und S-Lagen; da letztere jedoch Sommerniederschläge aus SW bis NW erhalten und durch sandige

Podsolkolluvien gekennzeichnet sind, ist die Austrocknungsgefahr während der Vegetationsperiode nicht erheblich. Erst im Herbst fand GUNSCH (1972) in einer SW-Lage hohe Saugspannungswerte.

Die Wärme-Feuchte-Charakteristik der Böden des Sonnbergs bei Haggen ist daher: warm und feucht während der Vegetationsperiode in SE-, warm und mäßig feucht in SW-Lagen. Diese geringe Modifikation des Wärme-Feuchte-Verhältnisses am S-Hang kommt in der schwachen Differenzierung von Boden und Vegetation zum Ausdruck: die auf den Podsolkolluvien vorherrschende Calluna-Heide wird nur durch verschiedene Reifegrade im Kleinrelief unterschieden.

Das Gebiet Seefeld-Wildmoos:

Die wenig besonnten, kühlen N- und NW-Lagen erhalten größere Schmelzwassermengen und höhere Sommerniederschläge als die stark besonnten S- und SW-Lagen. Die Wärme-Feuchte-Charakteristik dieses Gebietes ist daher: kühl und feucht für die dichten Alpenrosenheiden auf Podsolen und Rendsinen in N- und NW-Lagen, warm und trocken für die schütterten und vergrasteten Zwergstrauchheiden auf Braunerden und Mullrendsinen in S- und SW-Lagen.

Das Gebiet der Nordkette bei Innsbruck:

Der Nordhang des Gebietes liegt in einer ähnlichen Staulage für Niederschläge aus NW wie das Gebiet Seefeld-Wildmoos und ist ebenso schwach besonnt. Man kann ihm daher die gleiche Wärme-Feuchte-Charakteristik zuordnen: kühl und feucht für Podsole, Rendsinen mit Auflage und Pechrendsinen unter dichten Zwergstrauchheiden und Polstervegetation in NW-, N- und NE-Lagen. Eine Ausnahme bildet der Braunlehm einer Wiese in NE-Exposition, der als mäßig warm und feucht zu bezeichnen ist.

Am Südhang wird ebenso wie am Sonnberg im Sellraintal ab 1800 m SH eine Beeinflussung der Bodenwärme durch Wind und Schnee festgestellt und zusätzlich noch im ganzen Höhenbereich eine Beeinflussung durch die Verschiedenheit der Bodenarten: die Braunlehme sind weniger durch Austrocknung gefährdet als die sandig-humosen Rendsinen.

Die Wärme-Feuchte-Charakteristik für den Südhang der Nordkette im alpinen Bereich ab 1800 m SH ist daher: warm und feucht für die vergrasteten Zwergstrauchheiden auf Braunlehmen der SE-Lagen, warm und mäßig feucht für die Rasengesellschaften auf Braunlehmen in S- und SW-Lagen, warm und austrocknungsgefährdet für die Mullrendsinen aller Höhenbereiche und aller Hangwendungen. Der montane und subalpine Wald- und Latschengürtel von 1200 m bis rund 1800 m SH ist sehr steil und schneearm, erhält aber im Frühsommer Hangzugwasser durch die Schneeschmelze im alpinen Bereich, er ist als warm und mäßig feucht zu bezeichnen mit Ausnahme der S-exponierten Standorte von Mullrendsinen.

4. Richtwerte für Bodenwärme und Bodenfeuchte der Standorte

4.1 Bodenwärme:

Die niedersten und höchsten Bodenmitteltemperaturen im alpinen Bereich wurden am NW-Stationshang in Obergurgl-Poschach in 2260 m SH im Sommer 1977 gemessen und zwar $6,3^{\circ}\text{C}$ in einem Eisenpodsol unter Flechtenheide in NE-Lage und $14,6^{\circ}\text{C}$ in dem benachbarten Podsolkolluvium unter schütterer Beerenheide. Der θ T-Wert der Eisenhumuspodsole beträgt hier nur 43 % vom θ T-Wert des Podsolkolluviums.

Die geringsten Temperaturunterschiede zwischen Podsol und Braunerde wurden im montanen Gebiet Seefeld-Wildmoos gefunden: Im Sommer 1977 betrug der θ T-Wert einer Braunerde in SW-Lage unter vergrasteter Zwergstrauchheide $13,8^{\circ}\text{C}$, der θ T-Wert eines eng benachbarten Eisenpodsols in NW-Lage unter dichter, moosreicher Alpenrosenheide $12,9^{\circ}\text{C}$ (Tabelle 3, Nr. 2, 4).

Hier mildert der Einfluß des Waldes die scharfen klimatischen Gegensätze wie sie im alpinen Raum bestehen und außerdem ist der Expositionsunterschied geringer als beim obigen

Beispiel. Eine genaue rechnerische Auswertung der Meßergebnisse ist nur durch Vergleiche von Standorten gleicher Höhenlage und Neigung bei genauer Berücksichtigung der Exposition möglich und kann mit den vorliegenden Stichproben noch nicht durchgeführt werden.

4.2 Bodenfeuchte:

Die Höhe der während der Vegetationsperiode auftretenden Saugspannungswerte ist für Setzlinge lebenswichtig; sie läßt sich im subalpinen Bereich nach der Bodenart schätzen: Überwiegend mineralische Böden mit gut sortierter Körnung waren während der Untersuchungszeit immer gut durchfeuchtet und zeigten im Früh- und Hochsommer, also während des größten Pflanzenwachstums keine Austrocknung; es wurden durchschnittlich 1 - 3 bar Saugspannung gemessen.

Böden der Podsolserie und Rendsinen mit organischer Auflage erreichten während der Vegetationsperiode Saugspannungen bis 8 bar; sie können durch Zerstörung der Vegetationsdecke und des Oberbodens, z. B. durch Vertritt oder Pflanzlochbereitung noch höhere Werte annehmen, bei welchen die Wasseraufnahme junger Pflanzen nicht nur erschwert, sondern völlig unterbunden wird. In niederschlagsarmen Herbstmonaten sind für alle Böden hohe Saugspannungswerte zu erwarten. Im trockenen Spätherbst 1969 stiegen auch die Saugspannungen lehmig-sandiger Böden bis 8 bar an, bei Rendsinen wurden sogar Saugspannungen über dem permanenten Welkepunkt gemessen.

Im Winter kommt es an schneearmen Standorten zu einer weiteren Austrocknung der Böden, sodaß Rendsinen oder flachgründige Eisenhumuspodsole bis nahe der Hygroskopizitätsgrenze austrocknen können und bei geringer Schmelzwasserzufuhr auch eine entsprechend geringe Frühjahrsfeuchte aufweisen; diese Wasserarmut zu Beginn der Vegetationsperiode kann auf Pflanzenwachstum begrenzend wirken.

5. Zusammenhänge zwischen Wasserkapazität und Erosionsbereitschaft

Einige Untersuchungsgebiete weisen große Areale auf, die durch Bodenerosionen geprägt sind. In Obbergurgl und am Haggener und Paider Sonnberg treten großflächig Podsolkolluvien auf, gekennzeichnet durch schütterte und vergraste Zwergstrauchheiden. Sie sind durch oberflächliche Rutschungen kleinen Ausmaßes infolge der Wasserübersättigung des Bodens nach der Schneeschmelze entstanden. Die Voraussetzung für diese Wasserübersättigung sind hohes, länger andauerndes Wasserangebot, Abnahme der Wasserkapazität in Richtung von Oberboden zum Unterboden und mittlere bis geringe Quellfähigkeit (Plastizität) des Bodens. Diese Voraussetzungen sind für die Böden der genannten Gebiete gegeben: der Oberboden ist sandig humos und besitzt eine höhere Wasserkapazität als der steinige Unterboden. Das Wasser kann zwar gut eindringen, es kommt aber bei länger andauerndem hohem Wasserangebot während der Schneeschmelze zu einem zeitweiligen Wasserstau im Oberboden.

Infolge der geringen Quellfähigkeit der sandigen Bodenpartikel wird die Fließgrenze schon im Bereich der Feldkapazität erreicht. Die hier angegebene, im Labor ermittelte Fließgrenze ist auf die gewachsenen Böden des Freilandes nur übertragbar, wenn ihre Wasserspannung durch äußere Einflüsse verändert wird. So können große Steine und Felsbrocken in steilem Gelände Bodenfließen verursachen, das im oberen Bereich des Haggener und Paider Sonnbergs häufig an sogenannten "Wanderblöcken" zu beobachten ist.

Auch Viehtritt kann zwar sehr kleinflächig, aber häufig, ebenfalls durch Veränderung der Wasserspannung - in diesem Fall des Druckpotentials - die Fließgrenze des Bodens senken und Erdschlüpfe auslösen.

Als weitere Ursache des Abbrechens kleiner Erdschollen in wassergesättigten Böden könnte man sich das Ansammeln von Wasser in zu tiefen Pflanzlöchern denken.

Die Erosionsstellen wachsen meist rasch mit Gräsern zu und man kann dann nur aus der konkaven Geländeform und den gestörten Bodenprofilen auf die genannten Vorgänge schließen. Als

Gegenmaßnahmen sind seit langem künstliche Berasungen der offenen Stellen gebräuchlich; die Durchwurzelung des Bodens durch raschwüchsige Pflanzen und die Zunahme der organischen Substanz heben die Fließgrenze nach kurzer Zeit an, wie bei der Begrünung von Rutschflächen im Zuge der "Grünverbauungen" HASSENTEUFEL's gezeigt werden konnte (NEUWINGER 1978).

Die schweren Lehme der Kalkgebiete sind im Gegensatz zu den Sanden der Kristallgebiete gerade wegen ihrer hohen Plastizität erosionsgefährdet; in steilem Gelände gleiten sie bei Wassersättigung durch ihre Schwere als Schollen über Fels oder Schutt ab. Man könnte sich bei vielen Lehmböden im Kalkgebiet eine Entstehung als Fließerdedecken vorstellen. Die Erosionsgefährdung ist fast immer in Wächtenlagen zu beobachten und daher an Lee-Lagen schnee- verfrachtender Winde über der Waldgrenze gebunden.

Ebenso wie bei den Erosionen von Sandböden ist hier rasche Begrünung die beste Gegenmaßnahme, die allerdings ab etwa 2000 m SH wegen der schwierigen Beschaffung geeigneter Samen problematisch wird. Hier kann nur eine Nivellierung der Schneedecke durch technische Maßnahmen rasche Abhilfe schaffen, die jedoch sehr schwierig sind, da jede Bodenverletzung weitere Erosionen auslösen kann.

6. Begrenzungen für Aufforstungen und Empfehlungen für die Behandlung subalpiner Böden

Begrenzungen für Aufforstungen sind vor allem durch die Länge des Bodenfrostes im Frühjahr und durch Wassermangel während der Vegetationsperiode zu erwarten. Weiters sind Pflanzungen in zeitweise wasserübersättigten Böden ohne vorbereitende Maßnahmen problematisch.

Lange ins Frühjahr reichender Bodenfrost ist knapp über der Waldgrenze an besonders windexponierten Geländestellen zu beobachten, die geringe Besonnung und eine flache Schneedecke oder auch keinen Schneeschutz haben. Diese Stellen können inselartig als flechtenreiche Kuppen oder Rücken innerhalb der Zwergstrauchheiden auftreten. Man kann sie bei Aufforstungen entweder aussparen oder durch Windverbauungen schützen. Im Gegensatz zu diesem reliefabhängigen Auftreten des Frühjahrs-Bodenfrostes im subalpinen Bereich wird der langandauernde Bodenfrost im Gebiet der Spalier- und Grasheiden sowie im Bereich der Polstervegetation zu einer absoluten Grenze der Aufforstbarkeit.

Wassermangel als zweite Begrenzung der Aufforstbarkeit tritt vorwiegend in stark humosen Böden und Rohhumuslagen auf, die windexponiert sind. Schon in ungestörten Böden kommt es zu hohen Saugspannungen während der Vegetationsperiode, die Bereitung von Pflanzlöchern oder das Abheben der Humusdecke kann zu irreversiblen Austrocknungen führen. Diese Böden sollten daher nie während längerer Schönwetterperioden bepflanzt werden. Kommen Braunerden, Braunlehme und Rendsinen nebeneinander vor, dann sollte man die Rendsinen aussparen und erst nach dem Aufkommen des Jungwuchses der Umgebung bepflanzen.

Erosionsgefährdete Böden als dritte der genannten Aufforstungsgrenzflächen sollte man durch artenreiche Grünsaaten vorbehandeln; besonders in quellfähigen Lehmen wird die Rutschgefahr durch Einzelpflanzungen oder Verpflockungen erhöht, da das Wasser rascher zu den Bodenschichten mit niedrigerer Fließgrenze geleitet wird als im ungestörten Zustand. Die intensive Durchwurzelung einer Grünsaat verbindet die Lehmlage mit dem sandig-steinigen Untergrund und erhöht in diesem die Fließgrenze; der Lehm des Oberbodens wird durch die Wurzeln aufgelockert und die Fließgrenze hier durch die Anreicherung mit organischer Substanz leicht gesenkt.

ZUSAMMENFASSUNG

Verbreitete Standorteinheiten zwischen der montanen und der alpinen Stufe der Zentralalpen und der nördlichen Kalkalpen sollten durch Untersuchung der Bodenmitteltemperaturen und der Bodenwasser-Versorgung während der Vegetationsperiode ökologisch gekennzeichnet werden.

An Hand von vier Beispielen wurden Expositions- und Windabhängigkeit von Bodenwärme und Bodenfeuchte untersucht. Es ergaben sich Gruppen von Standorteinheiten, die durch charakteristische Wärme-Feuchte-Kombinationen gekennzeichnet werden können:

Für nordexponierte, wenig besonnte Standorte, die windausgesetzt und im Spätwinter daher schneearm sind, gilt die Charakteristik kühl-trocken; hier sind Rohhumusböden unter dichten Beeren- und Flechtenheiden ausgebildet, die niedere Bodentemperaturen aufweisen und empfindlich auf Störungen der Humuslage reagieren.

In nordexponierten, schneereichen Lagen finden sich kühl-feuchte Rohhumusböden unter dichten moosreichen Alpenrosen-Beerenheiden. Die südexponierten, schneereichen und windgeschützten Lagen sind die Standorte von Rasengesellschaften und schütterten Zwergstrauchheiden auf kolluvialen Böden, die kleinflächig durch Erosion nach der Schneeschmelze entstehen; sie sind während der Vegetationsperiode warm und feucht. Schneearme, südexponierte Standorte sind warm und trocken. Die Rendsinen dieser Lagen unter schütterer und vergraster Zwergstrauchheide im Kalkgebiet sind äußerst störungsanfällig und bei Aufforstungen vorsichtig zu behandeln. Wesentlich unempfindlicher gegen Störungen als Podsole und Rendsinen sind Böden mit gut sortierter Körnung, z.B. Podsolkolluvien und Braunerden. Die durch Fließgrenzwerte charakterisierbare Erosionsanfälligkeit ist in sandigen Böden am größten und sinkt mit steigendem Humus- und Tongehalt. Plastische Böden mit hohem Tongehalt sind durch hohe Fließgrenzen gekennzeichnet, können aber in Schollen auf Unterlagen mit niedriger Fließgrenze abrutschen.

Nach den vorliegenden Untersuchungen ist die Austrocknungsgefahr stark humoser Böden in windexponierten Lagen begrenzend für Aufforstungen, ebenso wie die alpine Bodenfrosterscheinung: das Abschmelzen der Schneedecke vor dem Auftauen des Bodens. Diese Bodeneigenschaften finden sich oberhalb einer Grenze, die im Kristallin durch flechtenreiche Beerenheiden und Flechtenheiden auf flachgründigen Podsolen und Podsolresten und im Kalk durch Polsterrendsinen gebildet wird.

SUMMARY

Temperatures, Water Retention Capacity and Erosivity of Subalpine Soils

The aim was to produce ecological characterisation of common site units between the montane and alpine zones of the Central Alps and the northern Limestone Alps via studies of mean soil temperatures and water relations of various soils during the vegetation period. Four examples were used to study the relationship of the temperature and moisture of the soils to aspect and wind. The site units were divided into groups according to their various combinations of temperature and moisture characteristics:

Cool and dry sites are found on north-facing slopes with little sunshine, exposed to wind and therefore low in snow-cover in late winter. Under dense Vaccinieta and lichens are raw-humus soils with low temperatures, which are sensitive to disturbance of the humus layer.

Cool and moist raw-humus soils are found in north-facing sites with deep snow-cover under dense mossy Rhododendro-Vaccinieta.

Warm and moist soils during the vegetation period are found on south-facing, sheltered slopes with deep snow-cover. They are the sites of grass communities and sparse dwarf shrubs on small areas of colluvial soils created by erosion after the snowbreak.

Warm and dry sites are found south-facing slopes with poor snow-cover. The rendzinas of these sites beneath sparse and grassy dwarf shrubs are extremely sensitive and require careful handling during reafforestation.

Soils with assorted grain-size, like podsol-colluvia and brown soils, are less sensitive than podsoles and rendzinas. Erodibility, expressed in liquid limits, is greatest in sandy soils and

declines with increasing humus and clay content. Soils with high clay contents have high liquid limits, but are liable to slip in clods on bases with low liquid limits.

Observations showed that the danger of siccation in high humus soils exposed to wind, imposes a limit reforestation, as does the phenomenon of alpine soil frost, in which the snow cover melts before the soil thaws. This phenomenon is found above a line formed in crystalline rock by lichenous Vaccinieta and lichens on shallow podsoles and remains of podsoles and in limestone zones by alpine forms of rendzinas.

Allen Kollegen und Mitarbeitern, vor allem aber Gerhard HEISS und Paula HÖRTING, Bodenkundliches Labor der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Imst sei herzlich für das Zustandekommen dieser Arbeit gedankt, ebenso Frau Anna HONUS für die Ausführung der Abbildungen.

Besonderer Dank gilt der Alpenen Forschungsstelle Obergurgl und ihrem Leiter, Dozent Dr. Walter MOSER, für vielfältige Hilfe bei den Arbeiten in Obergurgl und Kollegen Dr. HAVRANEK für die mühevollere Durchsicht des Manuskriptes und viele Hinweise.

LITERATUR

- AULITZKY H., 1961: Die Bodentemperaturen in der Kampfzone oberhalb der Waldgrenze und im subalpinen Zirben-Lärchenwald. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn 59, 153 - 208.
- CZELL A., 1967: Beitrag zum Wasserhaushalt subalpiner Böden. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn 75, 305 - 328.
- CZELL A., 1972: Wasserhaushaltmessungen in subalpinen Böden. Mitt. Forstl. Bundesvers. Wien, 98, 109 S.
- FRIEDEL H., 1952: Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge. Wetter und Leben 4, 5 - 7.
- FRIEDEL H., 1965: Kleinklima-Kartographie. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn 66, 13 - 32.
- FRIEDEL H., 1967: Verlauf der alpinen Waldgrenze im Rahmen anliegender Gebirgsgelände. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 75, 81 - 173.
- GUNSCH J., 1972: Vergleichende ökologische Untersuchungen von Kleinstandorten im Bereich der subalpinen Zirben-Waldgrenze. Diss. Univ. Innsbruck, 123 S.
- HAVRANEK W., 1972: Über die Bedeutung der Bodentemperatur für die Photosynthese und Transpiration junger Forstpflanzen und für die Stoffproduktion an der Waldgrenze. Angew. Botanik 46, 101 - 116.
- HAVRANEK W. und BENECKE U., 1978: The influence of soil moisture on water potential, transpiration and photosynthesis of conifer seedlings. Plant and Soil 49, 91 - 103.
- KRONFUSS H., 1967: Schneelage und Ausaperung an der Waldgrenze. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 75, 207 - 241.
- KRONFUSS H., 1972: Kleinklimatische Vergleichsmessungen an zwei subalpinen Standorten. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 96, 159 - 173.
- KULLMANN A., 1968: Methoden zur Bestimmung des Bodenstrukturzustandes. In: I. B. G., Komm. I Bodenphysik: Untersuchung des Bodenstrukturzustandes S 356 ff. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- NEUWINGER-RASCHENDORFER I., 1961: Bodenfeuchtemessungen. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 59, 259 - 264.
- NEUWINGER I., 1965: Die Vegetations- und Bodenaufnahme als Beitrag zur Abgrenzung von Standortseinheiten. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 66, 129 - 158.

- NEUWINGER I., 1967: Zum Nährstoffhaushalt in Vegetationseinheiten der subalpinen Entwaldungszone. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 75, 269 - 303.
- NEUWINGER I., 1972: Standortsuntersuchungen am Sonnberg im Sellrainer Obertal, Tirol. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 96, 177 - 207.
- NEUWINGER I., 1978: Untersuchungen zur Bodenentwicklung auf ingenieurbioologisch gesicherten Rutschflächen in Nordtirol. Garten und Landschaft 11, 757 - 762.
- NEUWINGER I. und CZELL A., 1959: Standortsuntersuchungen in subalpinen Aufforstungsgebieten. Forstwiss. Cbl, 78, 327 - 372.
- NEUWINGER I. und GUNSCH J., 1979: Über Jahresrhythmik im Nährstoffspiegel subalpiner Pflanzen und ihre Bedeutung beim Setzen und Düngen von Jungzirben. In diesem Band.
- OSWALD H., 1963: Verteilung und Zuwachs der Zirbe der subalpinen Stufe an einem zentralen Standort. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 60, 437 - 500.
- PALLMANN H., EICHENBERGER E. und HASLER A., 1940: Prinzip einer neuen Temperaturmessung für ökologische oder bodenkundliche Untersuchungen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 50, 63 - 70.
- PALLMANN H. und FREI E., 1943: Beitrag zur Kenntnis der Lokalklimate einiger kennzeichnender Waldgesellschaften des Schweizerischen Nationalparks. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen des schweizerischen Nationalparks. Band I, 436 - 464.
- SCHLICHTING E. und BLUME H.P., 1966: Bodenkundliches Praktikum. S 61 ff. Paul Parey, Hamburg und Berlin.
- SCHMITZ W., 1964: Meßprobleme bei reaktionskinetischen Untersuchungen mit dem Kreispolarmeter, dargestellt am Beispiel der reaktionskinetischen Temperaturmessung. Zeiss Mitt. 3, 227 - 249.
- SCHMITZ W. und VOLKERT E., 1959: Die Messung von Mitteltemperaturen auf reaktionskinetischer Grundlage mit dem Kreispolarmeter und ihre Anwendung in Klimatologie und Bioökologie, speziell in Forst- und Gewässerkunde, Zeiss Mitt. 1 (8/9), 300 - 337.
- TRANQUILLINI W., 1959: Die Stoffproduktion der Zirbe (*Pinus cembra* L.) an der Waldgrenze während eines Jahres. I: Standortsklima und CO₂-Assimilation. Planta 54, 107 - 129. II: Zuwachs und CO₂-Bilanz. Planta 54, 130 - 151.
- TRANQUILLINI W., 1967: Über die physiologischen Ursachen der Wald- und Baumgrenze. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 75, 457 - 489.
- TURNER H., ROCHAT P. und STREULE A., 1975: Thermische Charakteristik von Hauptstandortstypen im Bereich der oberen Waldgrenze (Stillberg, Dischmatal bei Davos). Mitt. Eidgen. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, B 51, H 1, 95 - 119.
- ZECH W. und NEUWINGER I., 1974: Podsolbildung aus kalkreichem Substrat. Forstwiss. Cbl 93, 179 - 191.

ÜBER JAHRESRHYTHMIK IM NÄHRSTOFFSPIEGEL SUBALPINER PFLANZEN UND IHRE BEDEUTUNG BEIM VERSETZEN UND DÜNGEN VON JUNGZIRBEN

Irmentraud NEUWINGER und Josef GUNSCH

EINLEITUNG

Die Auswertung eines Versuches mit Zirbensämlingen, die 1958 - 1964 als Topfpflanzen in verschiedenen Substraten, mit verschiedenen Düngern behandelt angezogen wurden, warf eine Reihe von Fragen auf, die sich unter anderem auf Stickstoffdüngung bezogen (NEUWINGER 1964).

Um diese Probleme weiter verfolgen zu können, wurden zunächst im Juni 1964 die Topfpflanzen mit unverletztem Wurzelballen in freies Gelände an der Waldgrenze versetzt und weiter beobachtet (NEUWINGER 1972 und Manuskript in Vorbereitung). Gleichzeitig begannen Untersuchungen über die Wirkung stickstoffreicher mineralischer und organischer Handelsdünger auf Sterblichkeit von Forstgartenzirben, die dreijährig, nacktwurzelig nach Wurzelschnitt im Juni 1964 an der Waldgrenze verpflanzt wurden.

Während die erstgenannten Ballenpflanzen keine Wachstumsstörungen zeigten und ihre unter den ursprünglichen Versuchsbedingungen erworbenen Merkmale beibehielten, war die Sterblichkeit der nacktwurzeligen Setzlinge sehr hoch: Die unbehandelten Kontrollen zeigten bis zum Frühjahr 1967 eine Sterblichkeit von 60 %, im Laufe des Jahres 1967 starben die restlichen Pflanzen ab. Die mit organischem Dünger (7,5 g Reinstickstoff pro m²) behandelten Pflanzen waren schon im Laufe des Jahres 1966 abgestorben; die größte Sterblichkeit zeigten die mit einer mineralischen Volldüngung behandelten Pflanzen (6 g N, 6 g P₂O₅, 9 g K pro m²): sie wiesen schon nach dem Winter 1964/65 starke Schäden durch Schneeschimmel auf und gingen im Laufe des Jahres 1965 ein.

Die Ergebnisse des hier nicht weiter ausgeführten Vorversuches zeigten zwei ineinander verflochtene Probleme, die bei Aufforstungen an der Waldgrenze immer wieder aufscheinen: Wachstumsstörungen durch Wurzelverletzungen beim Versetzen von Pflanzen, die sich im Frühsommer besonders stark auswirken dürften und die Wirkung von Düngungen auf Setzlinge.

Um diesen Fragenkomplex näher zu untersuchen, sind folgende Überlegungen notwendig:

Das Wachstum der Pflanzen verläuft in einem vegetationszeitlich bedingten Rhythmus, an den alle Stoffwechselforgänge angepaßt sind; diese wirken sich im Nährstoffspiegel der pflanzlichen Organe aus, der daher im Jahresgang dem Vegetationsablauf entspricht.

Ebenso wie die Stoffwechselforgänge wird auch der Nährstoffspiegel in den Pflanzen von den veränderlichen ökologischen Faktoren beeinflusst. Dazu gehören vor allem die klimatischen Faktoren und die Wasser- und Nährstoffgehalte des Bodens. Witterungsabläufe und Düngungen können daher auf die Stoffwechselforgänge und den Nährstoffspiegel so einwirken, daß sich Wachstumshemmungen oder Wachstumssteigerungen ergeben.

Pflanzenanalysen sind deshalb seit langem gebräuchlich, um den Vegetations- und Ernährungszustand zu kennzeichnen. Für den forstlichen Bereich werden Ergebnisse einschlägiger Arbeiten bei FIEDLER, NEBE und HOFFMANN (1973) referiert. An der Waldgrenze werden seit geraumer Zeit spezielle Untersuchungen vorgenommen, um die Ursachen des Versetzschocks zu klären und die Vitalität der Setzlinge zu steigern. Arbeiten von TRANQUILLINI (1965, 1973), HAVRANEK und TRANQUILLINI (1972) und HAVRANEK (1975) über Zirben-, Fichten- und Lärchenjungpflanzen bewiesen, daß der Wasserhaushalt durch das Versetzen stark gestört wird und daß für den Grad der Störung die Pflanzzeiten eine entscheidende Rolle spielen. Zwischen dem Wasserhaushalt und dem Ernährungszustand der Pflanzen wurden von mehreren Autoren gute Übereinstimmungen gefunden: GLATZEL (1973, 1976) berichtet über

die Wirkung von Düngungen auf Fichtenpflanzen und kommt zu dem Schluß, daß bei harmonischer Düngung der Ernährungszustand der Pflanzen verbessert und eine gute Anpassung des Wasserhaushaltes an die Bedingungen der Waldgrenze erzielt wird. PÜMPEL, GÖBL und TRANQUILLINI (1975) fanden Zusammenhänge zwischen Wachstum, Mykorrhiza und Frostresistenz von Fichtenjungpflanzen bei verschiedenen hohen Stickstoff-Düngergaben; bei zu hohen Stickstoffgaben wurde eine Verringerung der Frostresistenz von Knospen und jungen Nadeln festgestellt. Es wurden auch Zusammenhänge zwischen Ernährung und Schädlingsresistenz gefunden, die für Aufforstungen große Bedeutung haben. So konnte KELLER (1970) nachweisen, daß hohe Stickstoffgaben vermehrten Schneeschimmelbefall bei Fichtenpflanzen an der Waldgrenze zur Folge hatten.

Stickstoffmangel kann jedoch ebenfalls zur Schwächung der Pilzresistenz führen, wie ZÖTTL und JUNG (1964) nach einer Untersuchung von Kiefernshütte mitteilten, da bei Stickstoffmangel die Produktion von Pilzhemmstoffen vermindert wird (WENZEL 1970).

Die eingangs erwähnten Versuche zeigten bezüglich der Düngung einander widersprechende Ergebnisse; Während bei den Topfpflanzen die ungedüngten Kontrollen eine hohe Sterblichkeitsrate aufwiesen, die durch verschiedene Düngermischungen gesenkt wurde, verminderte bei den versetzten Pflanzgartenzirben jede Düngung die Vitalität.

Es ist anzunehmen, daß durch die Wurzelverletzungen und die Versetzung zur Triebzeit im Juni die Pflanzen stark geschwächt wurden; die Wirkung der Düngung auf die Setzlinge ist aber zunächst unverständlich.

Zum damaligen Zeitpunkt war es gebräuchlich, bei Aufforstungen den jungen Pflanzen "Startdüngungen" zu geben. Es erschien daher notwendig, die fraglichen Ergebnisse der Düngung näher zu untersuchen.

Da die erhöhte Sterblichkeit der gedüngten Jungpflanzen offensichtlich nicht nur durch die Unterbrechung der Stoffwechselfvorgänge beim Versetzen, sondern auch durch Änderung der Nährstoffgehalte in den Pflanzen verursacht wurde, ergaben sich als Schwerpunkte der folgenden Arbeiten Analysen der Stickstoff-Phosphor- und Kaligehalte. Sie wurden zunächst an einigen autochthonen Pflanzen durchgeführt, um Jahresgänge und standörtliche Unterschiede zu erkennen und später an verschiedenen gedüngten Zirbensetzlingen, die zu verschiedenen Terminen aus einem Pflanzgarten in 1400 m Seehöhe an die Waldgrenze bei 1900 m Seehöhe verpflanzt wurden.

Der Arbeitsgang wurde nach folgenden Punkten gegliedert:

1. Autochthone Pflanzen:

- 1.1 Untersuchung des N - P - K-Spiegels im Jahresgang mit dem Ziel, Zusammenhänge mit dem Vegetationszustand zu finden.
- 1.2 Untersuchung der Einflüsse von Standortsunterschieden auf den Nährstoffspiegel der Pflanzen.

2. Zirbensetzlinge:

- 2.1 Untersuchung des Nährstoffspiegels verschieden gedüngter Pflanzen von verschiedenen Versetztterminen.
- 2.2 Vergleich der Ergebnisse und Vorschläge zur Vermeidung eines Versetzschocks.

UNTERSUCHUNGSGANG UND METHODEN

1. Analysen autochthoner Pflanzen

Im Jahre 1968 wurden Jahresgänge des N - P - K-Spiegels in Zirben, Lärchen und Fichten aus Sonn- und Schattlagen (NNW- und SW-Exposition) an der Waldgrenze am Patscherkofel in 1900 m SH untersucht. Es wurden von jeder Lage 2 - 3 m hohe, etwa 50-jährige Bäume

ausgewählt und zwar je drei Zirben, zwei Fichten und zwei Lärchen, die sich jeweils in einer Gruppe auf charakteristischen Standorten der Waldgrenze befanden: Die NNW-Lage ist eine moos- und flechtenreiche Rhododendron-Vaccinienheide auf Eisenpodsol, die SW-Lage eine schwach beweidete Callunaheide auf Podsolokolluvium.

In Abständen von rund drei Wochen wurden Proben von dreijährigen Zweigen der obersten Wirtel entnommen. Knospen und Jungtriebe, ein- bis dreijährige Nadeln und ein- bis dreijähriges Holz wurden nach Reinigung und Trocknung bei 105°C getrennt und in der Pflanzenmühle gemahlen.

Die Bestimmung von N, P und K erfolgte im nassen Aufschluß mit konzentrierter Schwefelsäure und Perhydrol; N wurde mit Nessler's Reagens photometrisch, P mit Molybdänblau photometrisch, K flammenphotometrisch bestimmt (DUCHAUFOUR 1960, NEUWINGER 1967).

Da sich standörtliche Unterschiede in den Analyseergebnissen zeigten, wurden die Untersuchungen in den Jahren 1969/70 auf Standorte ausgedehnt, die sich in den Bereichen der klimakologischen Stationen Obergurgl (beschrieben von FROMME 1961) und Haggen, Sellrainstal (GUNSCH 1972) befanden. Als Testpflanze bot sich hier *Vaccinium uliginosum* an, das an allen Standorten in genügender Zahl vorhanden war, während die Nadelhölzer auf den Klimastationen entweder fehlten, wie in Haggen, oder nicht zahlreich genug waren. Während der Vegetationsperioden 1969/70 wurden in Abständen von rund vier Wochen je drei Strauchbüschel von *Vaccinium uliginosum* bis zum Wurzelhals abgeschnitten und getrennt nach Blättern, Jungtrieben und Holz wie oben beschrieben analysiert (GUNSCH 1972). Auf dem Patscherkofel konnten an den Beobachtungsstandorten keine detaillierten Klimamessungen vorgenommen werden, die Pflanzenuntersuchungen von 1968 wurden jedoch 1974 und 1977 wiederholt, um festzustellen, ob die Standortunterschiede auch in den Jahren mit anderem Witterungscharakter vorhanden waren; 1977 wurden an den beiden Standorten am Patscherkofel die Bodenmitteltemperaturen der Humushorizonte mit der Zucker-Inversionsmethode nach PALLMANN, EICHENBERGER und HASLER (1940) gemessen. Von den Böden der Standorte in Obergurgl, Haggen und am Patscherkofel wurden Vorrat und Verfügbarkeit von Pflanzennährstoffen bestimmt.

2. Klimamessungen

2.1 Messungen in Obergurgl und Haggen 1969/70

Die Messung der Oberflächen- und der Bodentemperatur in 10 cm Tiefe wurde mit Hartglas-thermometern vorgenommen, die Werte wurden mittels einer elektronischen Anlage nach CERNUSCA (1972) registriert. Die Daten wurden auf Lochstreifen gespeichert und in der Abteilung Biometrie der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien ausgewertet. Die Registrierung erfolgte nur in den Sommermonaten 1969/70.

Der Windweg wurde mit Schalenkreuzanemometern gemessen, die Verdunstung mit Piché-Atmometern.

Für die Messung der Bodenfeuchte wurden in Abständen von 10 - 14 Tagen die Wassergehalte von Stechzylinderproben durch Trocknung bei 105°C ermittelt. Durch stufenweise Entwässerung von Bodenproben in Kapillarimetern nach CZELL (1967) und in der Druckapparatur nach RICHARDS konnte annähernd eine Saugspannungskurve erhalten werden, nach welcher die Wassergehalte in Saugspannungswerte umgerechnet werden.

Die Niederschlagsmessungen wurden mit Kleinregennessern nach der von PRUTZER (1967) beschriebenen Methode durchgeführt.

2.2. Messungen am Patscherkofel

Von den Standorten am Patscherkofel liegen keine detaillierten Kleinklimadaten vor; es wurden jedoch exponentielle Temperaturmittel nach der Zucker-Inversionsmethode von PALL-

MANN, EICHENBERGER und HASLER (1940) gemessen; von Juni bis Oktober 1977 wurden je sechs Zuckerampullen in den Hauptwurzelhorizonten (10 cm Bodentiefe) der Standorte NNW und SW ausgelegt und anschließend die Mitteltemperaturen bestimmt.

3. Die Untersuchung der Zirbensetzlinge

Vom Frühling bis Herbst 1970 wurden an fünf Terminen je 25 Zirben aus dem Pflanzgarten Stillebach, Pitztal (1400 m SH), in den Pflanzgarten des Klimahauses auf dem Patscherkofel (1900 m SH) versetzt. Die Pflanzen von der Samenprovenienz Pitztal waren 1967 dreijährig verschult und 1968/69 in drei Parzellen verschieden behandelt worden.

Parzelle 1: unbehandelte Kontrollen;

2: Düngung mit gekörntem Volldünger (N : P₂O₅:K = 12 : 12 : 18)
50 g + 20 g Floranid (40 % N) + 25 g Kupfersulfat je m²;

3: Düngermischung von 50 g organischem Stickstoffdünger (15 % N)
+ 50 g Kalidüngesalz 40 %ig + 25 g Kupfersulfat je m².

Die Düngermischungen wurden nach den Versuchsergebnissen von Topfzirben (NEUWINGER 1964) zusammengestellt; Volldüngergaben mit erhöhtem Stickstoff-, Kali- und Kupferzusatz hatten dort die Wuchsleistung der Pflanzen gesteigert und die Sterblichkeit gesenkt.

Den Düngergaben entsprechen folgende Reingehalte an N, P₂O₅ und K:

50 g gekörnter Volldünger: 6 g N, 6 g P₂O₅, 9 g K;

20 g Floranid mit 40 % N in organischer Bindung: 8 g N;

50 g organischer Stickstoffdünger mit 15 % N: 7,5 g N;

50 g 40 %iges Kalidüngesalz: 20 g K.

Parzelle 2 erhielt insgesamt pro m²:

14 g N, davon 8 g in organischer Bindung, 6 g P₂O₅ und 9 g K.

Parzelle 3 erhielt pro m²:

7,5 g N in organischer Bindung und 20 g K.

Jede der Düngeparzellen erhielt außerdem 25 g Kupfersulfat pro m².

Die 1970 auf den Patscherkofel versetzten Zirben wurden im Juni 1971 nochmals in gleicher Weise wie im Pflanzgarten gedüngt. Versetzttermine 1970: 8.6., 30.6., 4.8., 11.9., 17.10.

Die Pflanzen hatten im Garten Stillebach keine Ausfälle, die Parzellen wiesen ein gleichmäßiges Bild auf.

Probeentnahme: Zu den Versetztterminen wurden je zwei Pflanzen aus dem Pflanzgarten und den Versetzparzellen entnommen, gereinigt, getrocknet und in Teile zerlegt: Nadeln, Knospen, Holzstämmchen, Grobwurzeln (Durchmesser > 1 mm), Feinwurzeln (Durchmesser < 1 mm). Von den beiden Mischproben der Pflanzenteile wurden je zwei Analysen wie für die autochthonen Pflanzen beschrieben durchgeführt.

Die Untersuchung der versetzten Pflanzen wurde von Juni bis Oktober 1971 fortgesetzt und im Mai 1972 abgeschlossen. Jeweils im Herbst 1970 und 1971 wurden die Gewichtsanteile der Nährstoffe an der Gesamtsubstanz ermittelt.

Zum Problem der Bezugsgrößen bei autochthonen Pflanzen und Setzlingen:

Wie REMTSMAN (1969) und FIEDLER, NEBE und HOFFMANN (1973) ausführen, verändern sich die meisten Bezugsgrößen für Pflanzenanalysen im Laufe der Vegetationsperiode und auch

im Laufe des Lebensalters der Pflanze. Während des stärksten Wachstums sind die Pflanzen wasserreicher und getrocknet daher spezifisch leichter als im Herbst und Winter. Beim Bezug der Analysendaten auf das Trockengewicht erhält man im Frühjahr und Sommer überhöhte Werte. Manche Autoren verwenden daher das 100- bzw. das 1000-Nadelgewicht als Bezugsgröße bei Koniferen; doch auch diese Größe ändert sich laufend.

Für die im folgenden erläuterten Analysendaten von autochthonen Pflanzen und Setzlingen wurde im allgemeinen das Trockengewicht als Bezugsgröße verwendet. 1974 wurden auch 100-Nadelgewichte von Fichten und Lärchen und 10-Nadelgewichte bei Zirben von je fünf Mischproben 1 - 3-jähriger Nadeln bestimmt. Außerdem wurden von allen Meßjahren die Verhältniszahlen von N : P errechnet.

ERGEBNISSE

1. Untersuchungen AUTOCHTHONER PFLANZEN

1.1. Veränderungen des N-P-K-Gehaltes von Pflanzenteilen und des N-P-Verhältnisses im Laufe des Jahres

Grundlegende Ergebnisse wurden durch die Analysen von Zirben, Fichten und Lärchen im Jahre 1968 gewonnen; sie waren orientierend für die weiteren Untersuchungen der Nährstoffgehalte in autochthonen Pflanzen und Setzlingen und führten auch zur Berücksichtigung der Standortunterschiede. Als Bezug für die Kennzeichnung des Jahresganges der Nährstoffgehalte wurden phänologische Merkmale herangezogen:

Knospenaustrieb, Streckungswachstum, makroskopisch deutliche Ausbildung der neuen Knospenanlage, Verfärbung der Lärchennadeln.

Die Analysen der Nadeln, Knospen und des Holzes der 1 - 3-jährigen Triebe ergaben einen deutlichen Jahresgang der Nährstoffgehalte bei allen drei Holzarten. Da sich bei den Werten von Nadeln, Knospen und Holz nur geringfügige zeitliche Verschiebungen des Jahresganges ergaben, die auf den Stofftransport zurückgehen dürften, wurden nur die N - P - K-Werte in Trockengewichtsprozenten der 1 - 3-jährigen Nadeln in den Tabellen 1, 2 und 3 zusammengestellt; nur bei den Lärchen wurden auch die Werte des Holzes der 1 - 3-jährigen Triebe angegeben, da die Beobachtungszeit für die Lärchennadeln im Vergleich zu den beiden anderen Arten sehr kurz ist. Betrachtet man die Werte im Vergleich zu den phänologischen Merkmalen, dann kann man ein deutliches An- und Absteigen im Zusammenhang mit dem Knospenaustrieb, dem Streckungswachstum und der Bildung der neuen Knospenanlage beobachten.

Kurz vor dem Knospenaustrieb steigen die Stickstoffgehalte sehr stark, die Phosphor- und Kaligehalte mäßig an. Während der Knospenstreckung ist ein Absinken der Werte zu beobachten, wobei die Stickstoffwerte stärker als die Phosphor- und Kaliwerte abnehmen. Dieses unterschiedliche Verhalten der Stickstoff- gegenüber den Phosphor- und Kaliwerten ermöglichte es, einzelne Wachstumsstadien durch das N : P- oder N : K-Verhältnis zu kennzeichnen: kurz vor dem Knospentreiben im Frühjahr sind hohe Stickstoffkonzentrationen und ein weites N : P-Verhältnis in den Assimilationsorganen festzustellen; die vegetative Phase mit Neubildung von Plasmaeiweiß wird also durch das weite N : P-Verhältnis in Blättern und Nadeln angekündigt. Die Weiterleitung der stickstoffreichen Stoffgruppen zu den Vegetationspunkten bei gleichzeitiger vermehrter Kohlehydratproduktion in wasserreichen Zellen führt anschließend zu einem engen N : P-Verhältnis in den Assimilationsorganen während des Streckungswachstums.

Im Spätsommer folgt ein erneuter Anstieg der Stickstoffkonzentration in Blättern und Nadeln im Zusammenhang mit der Ausbildung der neuen Knospenanlage, verbunden mit einem weiten N : P-Verhältnis, das im allgemeinen im Herbst wieder von einem engen abgelöst wird, das die Abwanderung von Nährstoffen aus den Trieben in tiefergelegene Depots anzeigt.

Die Stickstoffkonzentration und das N : P-Verhältnis zeigen während der Vegetationsperiode

daher im allgemeinen eine zweigipfelige Kurve mit je einem Maximum im Frühling und im Spätsommer und je einem Minimum im Hochsommer und im Herbst.

Die Abbildung 1 zeigt das N : P-Verhältnis in Zirben-, Lärchen- und Fichtennadeln aus NNW- und SW-Lage während des Jahres 1968. Bei Zirbe und Fichte ist eine deutliche zweigipfelige Kurve festzustellen, bei Lärche wurde nur das Spätsommermaximum erfaßt. Im Verlauf der Kurven sind sowohl Art- als auch Standortunterschiede zu erkennen; während bei der Zirbe an beiden Standorten zwei Maxima zu erkennen sind, zeigt die Fichte in der NNW-Lage nur einen schwachen Spätsommeranstieg des N : P-Verhältnisses, der den niederen Stickstoffgehalten im Spätsommer entspricht (siehe Tabelle 3). Bei Zirbe und Lärche erscheinen die Änderungen im N : P-Verhältnis in der SW-Lage früher als in der NNW-Lage; die Kurven für diese Standorte verlaufen ähnlich, sind aber zeitlich verschoben; das heißt, in der SW-Lage wird die Stickstoffkonzentration in den Nadeln früher erhöht, das vegetative Wachstum beginnt früher als in der NNW-Lage.

Tabelle 1

N-, P- und K-Gehalte 1 - 3-jähriger Zirbennadeln

a) Patscherkofel, NNW-Standort, Meßjahr 1968 bis 1969-02:

Datum	% des Trockengewichtes			phänologische Merkmale
	N	PO ₄	K	
6.2.68	2,3	0,61	0,78	
4.3.	2,0	0,62	0,74	
10.4.	2,7	0,69	0,86	
14.5.	2,2	0,49	0,45	Knospenaustrieb
12.6.	1,6	0,43	0,31	
2.7.	0,47	0,45	0,29	Streckungswachstum
29.7.	2,6	0,5	0,4	
24.8.	2,6	0,45	0,38	
30.9.	0,9	0,57	0,58	neue Knospenanlage
18.10.	0,22	0,51	0,71	
20.11.	0,55	0,47	0,41	
19.12.	0,7	0,44	0,37	
31.1.69	0,55	0,5	0,43	
28.2.	0,35	0,52	0,45	

b) Patscherkofel, SW-Standort, Meßjahr 1968 bis 1969-02:

Datum	% des Trockengewichtes			phänologische Merkmale
	N	PO ₄	K	
6.2.68	2,2	0,59	0,68	
4.3.	2,2	0,64	0,7	
10.4.	2,3	0,64	0,68	
14.5.	2,2	0,5	0,43	Knospenaustrieb
12.6.	0,7	0,53	0,36	
2.7.	2,4	0,5	0,36	Streckungswachstum
29.7.	2,2	0,52	0,34	
24.8.	1,3	0,49	0,37	
30.9.	0,9	0,44	0,37	neue Knospenanlage
18.10.	1,2	0,65	0,85	
20.11.	0,58	0,43	0,37	
19.12.	0,7	0,44	0,37	
31.1.69	0,58	0,5	0,39	
28.2.	0,63	0,5	0,4	

Tabelle 2

N-, P-, K-Gehalte von Lärchennadeln und Holz 3-jähriger Triebe
(Mischproben von Lang- und Kurztrieben)

a) Patscherkofel NNW-Standort, Meßjahr 1968:

Datum	Nadeln % des Trockengewichtes			Holz			
	N	PO ₄	K	N	PO ₄	K	
6.2.68				1,8	0,5	0,5	
4.3.				2,0	0,5	0,5	
10.4.				2,2	0,52	0,47	
14.5.				2,0	0,43	0,41	Knospenaustrieb
12.6.				0,9	0,4	0,44	
2.7.				0,25	0,41	0,46	Streckungswachstum
29.7.	3,0	0,8	0,61	1,5	0,32	0,37	
24.8.	2,6	0,85	0,52	1,4	0,32	0,31	
30.9.	keine Proben			0,8	0,47	0,5	Verfärbung, neue Knospenanlage
18.10.	0,8	0,75	0,69	1,5	0,45	0,55	

Tabelle 2

b) Patscherkofel, SW-Standort, Meßjahr 1968:

Datum	Nadeln % des Trockengewichtes			Holz			
	N	PO ₄	K	N	PO ₄	K	
6.2.				1,1	0,5	0,47	
4.3.				1,2	0,4	0,3	
10.4.				1,8	0,43	0,36	
14.5.				1,7	0,4	0,3	Knospenaustrieb
12.6.				0,1	0,4	0,4	
2.7.				1,5	0,4	0,42	Streckungswachstum
29.7.	2,2	0,75	0,58	0,6	0,3	0,3	
30.9.	0,3	0,42	0,36	0,4	0,44	0,47	neue Knospenanlage, Verfärbung
18.10.	0,7	0,4	0,45	0,2	0,4	0,6	

Die Abbildungen 2 und 3 zeigen den Gang des N : P-Verhältnisses bei Zirbe, Lärche und Fichte von Juni bis November der Jahre 1974 und 1977. In beiden Fällen wurde das Frühjahrsmaximum nicht mehr erfaßt, man erkennt jedoch das zweite Maximum, das weit in den Spätsommer und Frühherbst verlegt ist. Während bei den einzelnen Arten im Jahre 1974 noch Standortunterschiede zum Ausdruck kommen, zum Beispiel zeitliche Verschiebungen der Spätsommermaxima bei Zirbe an den NNW- und SW-Standorten, niedere Werte bei Fichte und Lärche an den NNW-Standorten, weisen die Kurven des N : P-Verhältnisses bei allen drei Arten im Spätsommer des Jahres 1977 nahezu keine Unterschiede auf.

Diese Verschiedenheit von drei Jahresgängen, die bei allen der drei untersuchten Arten zum Ausdruck kommt, dürfte auf Witterungsunterschiede während der Vegetationsperioden zurückzuführen sein; das Jahr 1968 entsprach annähernd einem Normaljahr, die Jahre 1974 und 1977 zeigen jedoch Abweichungen vom langjährigen Temperaturmittel, wie aus den Jahrbüchern der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, hervorgeht: 1974 und 1977 waren Jänner, Februar und März zu warm; 1974 waren Mai, Juni und Juli, also der erste Abschnitt der Vegetationsperiode zu kühl, der August etwas zu warm, September und Oktober zu kühl.

Tabelle 3

N-, P- und K-Gehalte 1 - 3-jähriger Fichtennadeln

a) Patscherkofel, NNW-Standort, Meßjahr 1968:

Datum	% des Trockengewichtes			phänologische Merkmale
	N	PO ₄	K	
6.2.	2,1	0,8	1,0	
4.3	1,8	0,83	0,95	
10.4.	keine Proben			
14.5.	2,0	0,58	0,53	Knospenaustrieb
12.6.	1,2	0,68	0,43	
2.7.	0,5	0,53	0,34	Streckungswachstum
29.7.	0,6	0,5	0,3	
24.8.	0,7	0,6	0,3	
30.9.	0,75	0,65	0,7	neue Knospenanlage

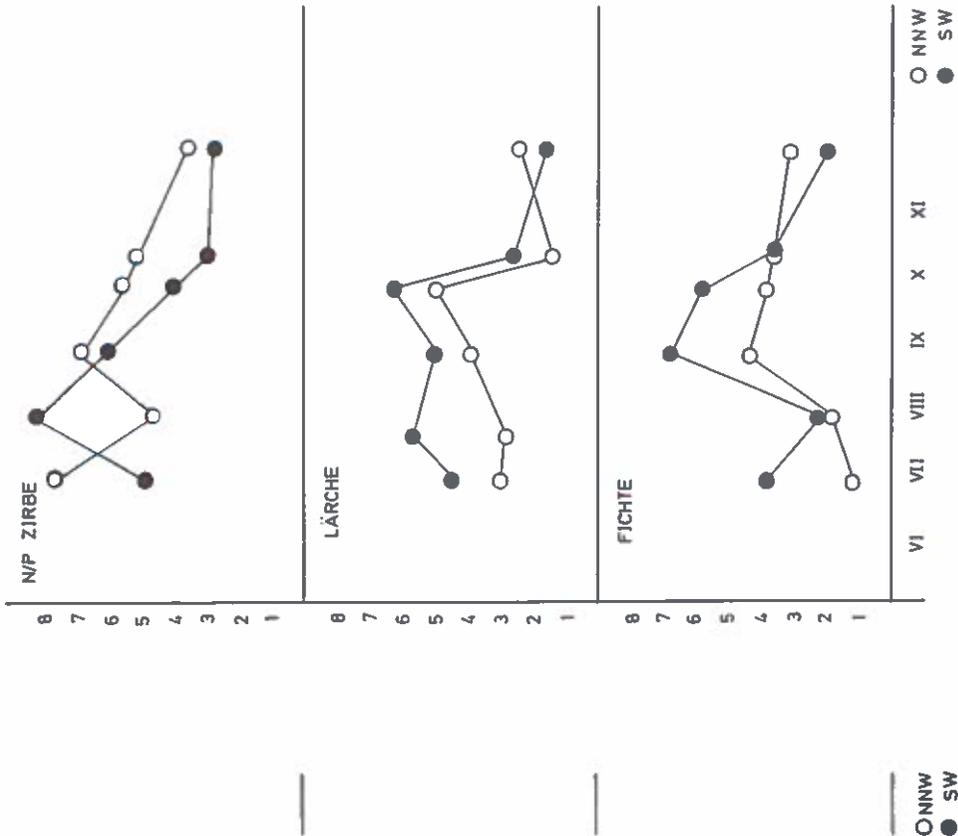


Abb. 2: N : P-Verhältnis in Zirben-, Lärchen- und Fichtennadeln von Juni bis Ende November 1974.

1969 HAGGEN

WETTERHÜTTE

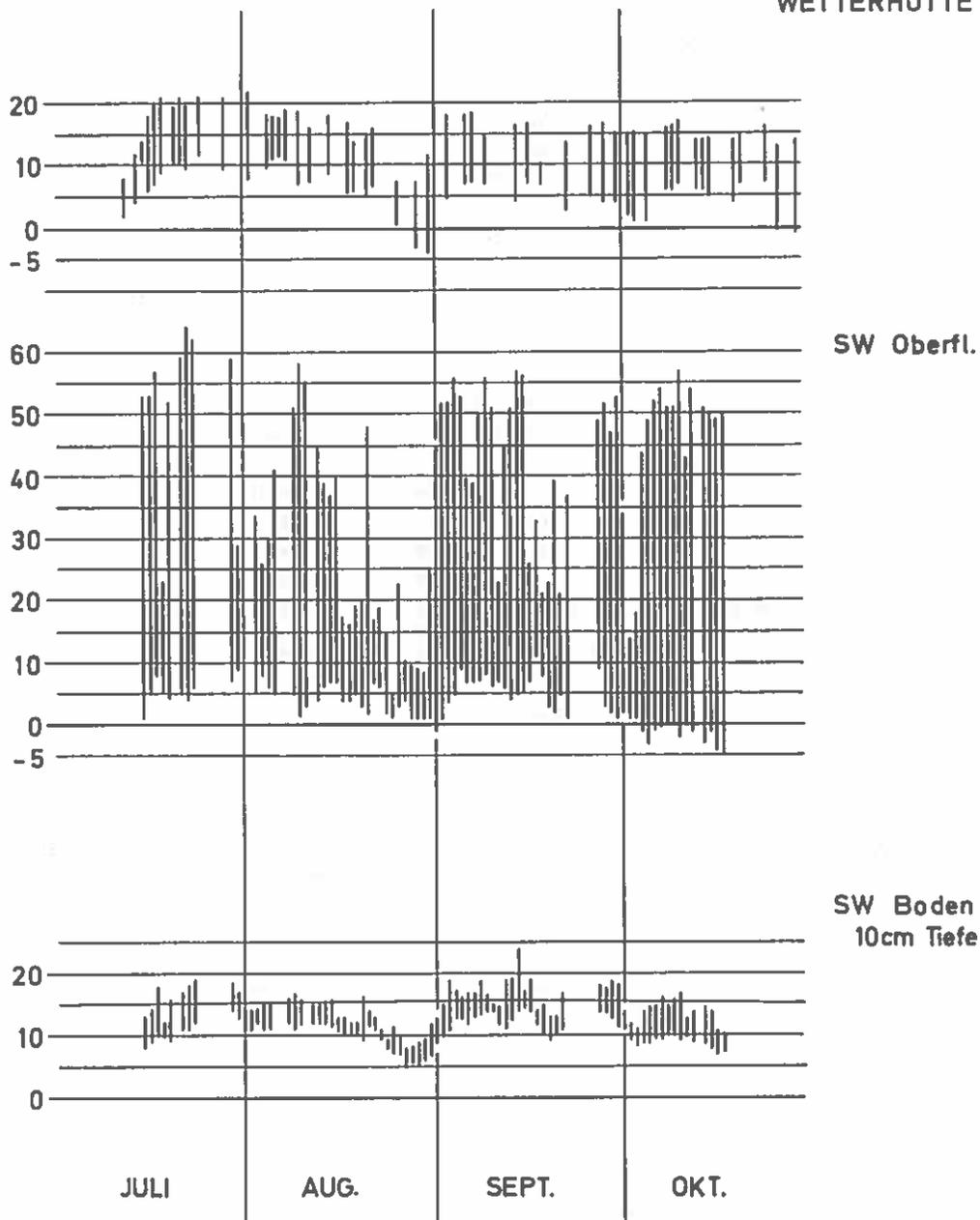


Abbildung 6: Temperaturextreme an der Bodenoberfläche und in 10 cm Tiefe am Standort Haggen im Vergleich zur Wetterhütte.

während an den SW-Standorten Bodentemperaturen bis zu 20°C erreicht werden, steigen die Bodentemperaturen am Nordhang nur im Hochsommer bis 10°C an.

Tabelle 5
Bodentemperaturen in 10 cm Tiefe. Meßjahr 1969.

Standort		August	September	Oktober
Obergurgl, Nord	Mittel	6,0	3,6	2,5
	Max. abs.	11,0	6,0	3,0
	Min. abs.	1,0	2,0	-0,5
Obergurgl, Südwest	Mittel	7,9	6,1	4,5
	Max. abs.	17,2	16,0	12,2
	Min. abs.	-0,7	2,0	-1,7
Haggen, Südwest	Mittel	11,3	14,1	11,0
	Max. abs.	17,1	23,9	17,1
	Min. abs.	4,7	9,9	6,0

Tabelle 6
Bodenoberflächentemperaturen, Meßjahr 1969

Standort		August	September	Oktober
Obergurgl, Nord	Mittel	7,2	4,9	-1,4
	Max. abs.	28,0	15,0	9,0
	Min. abs.	-0,5	-0,4	-2,5
Obergurgl, Südwest	Mittel	10,7	8,8	7,1
	Max. abs.	70,0	44,8	42,2
	Min. abs.	-2,6	-0,5	-3,5
Haggen, Südwest	Mittel	11,8	16,5	13,4
	Max. abs.	58,1	56,5	56,5
	Min. abs.	-1,0	1,0	-5,0

1.2.2 Bodenfeuchtemessungen:

Über Wassergehaltsbestimmungen von Stechzylinderproben wurden mittels einer Saugspannungskurve die physiologischen Feuchteverhältnisse an den drei Standorten annähernd bestimmt.

Es ergaben sich folgende Werte als Mittel aus je vier Proben von 8 Meßterminen von Juli bis Oktober 1969:

Tabelle 7

Vergleich von Saugspannungswerten in Böden von Obergurgl und Haggen, Juli bis Oktober 1969.

Standort	Saugspannung in bar	
	Mittel	Extrem
Obergurgl, SW 2070 m SH	0,5	3,0 Oktober
Obergurgl, N 2070 m SH	1,0	8,0 August
Haggen, SW 1830 m SH	0,3	8,0 Oktober

Am Standort Obergurgl, SW, herrschten demnach die für die Pflanzen günstigsten Saugspannungen. Am Nordhang in Obergurgl fielen die hohen Saugspannungen in die Vegetationszeit, am SW-Hang und in Haggen traten sie erst am Ende der Vegetationszeit auf (vgl. auch NEUWINGER 1979).

1.2.3 Niederschlagsmessungen:

Die Tabelle 8 zeigt den Niederschlagsabsatz an den drei Standorten. Haggen SW wies die größten Niederschlagsmengen im Sommer auf, das entspricht der Randlage im Bereich der Zentralalpen. Im Herbst 1969 wurden hier geringe Niederschläge gemessen und die Saugspannungen stiegen bis 8 bar an. In Trockenzeiten tragen die starke Bewindung und die entspre-

Tabelle 8
Niederschlag im Meßjahr 1969.

Standort	Monatssumme in mm		
	Juli	August	September
Obergurgl N	52,1	77,7	33,4
Obergurgl SW	33,7	35,2	23,3
Haggen SW	103,0	81,0	16,0

Tabelle 9
Windweg im Meßjahr 1969

Standort	Juli	August	September	Oktober
Obergurgl, N				
km/Monat	2841,9	2722,3	2199,3	1899,7
m/s	1,22	1,02	0,85	1,1
Obergurgl, SW				
km/Monat	1044,5	1016,7	1403,7	1373,8
m/s	0,45	0,38	0,54	0,8
Haggen, SW				
km/Monat	4865,3	4290,8	2573,6	1855,9
m/s	2,08	1,6	0,99	1,07
Meßtage	27	27	30	20

Tabelle 10

a) Monatssummen der Verdunstung in ml, () = Meßtage, Meßjahr 1970:

Standort	Juli	August	September
Obergurgl, N	keine Messung	69,7 (31)	83,7 (30)
Obergurgl, SW	keine Messung	52,0 (31)	81,5 (30)
Haggen, SW	130,1 (31)	87,4 (31)	91,7 (21)

b) Mittlere Verdunstung in ml pro Tag, Meßjahr 1970:

Obergurgl, N	keine Messung	2,2 (31)	2,8 (30)
Obergurgl, SW	keine messung	1,7 (31)	2,7 (30)
Haggen, SW	4,5 (31)	2,8 (31)	4,3 (21)

chend hohe Verdunstung sehr zur Austrocknung der Böden bei (siehe die Tabellen 9 und 10, vergleiche auch KRONFUSS 1972).

1.2.4 Untersuchungen der Nährstoff-Verfügbarkeit im Boden:

Die Tabelle 11 bringt Ergebnisse der chemischen und physikalischen Bodenuntersuchung der Haupt-Wurzelhorizonte O_h und A_h , die das Bild der ökologischen Verhältnisse an den Standorten ergänzen.

Der Boden des N-Hanges in Obergurgl ist ein Eisenpodsol im Übergangsstadium zum Eisenhumuspodsol; die beiden SW-Standorte sind durch Podsolokolluvien gekennzeichnet, die durch Beweidung und Erosion aus Eisenpodsolen entstanden sind. Sie zeigen durchwegs sandige Anreicherungen in den Humushorizonten, die auf ständige kleine Rutschungen zurückgehen.

Aus Tabelle 11 ist zu entnehmen, daß die Böden in Haggen ärmer an verfügbaren Phosphor- und Kalimengen sind als die Böden in Obergurgl. Vergleichend zu den Untersuchungen in Obergurgl und Haggen wurden auch auf dem Patscherkofel Bodenanalysen durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 12 zusammengestellt sind.

Der NNW-Standort ist durch einen Eisenhumuspodsol gekennzeichnet, der SW-Standort durch ein Podsolokolluvium. Der Vergleich der Nährstoffmengen zeigt, daß an den SW-Standorten das Nährstoffangebot der Böden höher ist als am N- bzw. NNW-Standort, mit Ausnahme des verfügbaren Kali, das im SW-exponierten Boden etwas geringere Werte zeigt als im N-exponierten; es ist möglich, daß es im mineralreichen Humushorizont der SW-Lage stärker an Glimmer gebunden ist.

Die höhere Verfügbarkeit der Nährstoffe in den SW-Lagen kommt wahrscheinlich durch die stärkere Erwärmung und die daraus folgende höhere Freisetzung besonders von Stickstoff und Phosphor aus organischer Bindung und die Mineralisierung als Folge der ständigen kleinen Erosionen zustande. Der verfügbare Stickstoff in Nitrat- und Ammoniakbindung wurde nur in den Böden der Patscherkofelstandorte bestimmt und zeigt deutliche Abhängigkeit von den Bodenmittel-Temperaturen, die hier nach der Zucker-Inversionsmethode bestimmt wurden.

Für den Zeitraum von Mitte Juni bis Mitte Oktober 1977 wurden folgende exponentielle Temperaturmittel gefunden: NNW: 10°C, SW: 13°C.

Die Bodenerwärmung war also in der SW-Lage im Mittel deutlich höher als in der NNW-Lage, obwohl das Jahr 1977 einen feuchtkühlen Spätsommer hatte.

Tabelle 11

Nährstoffe, pH, organische Substanz (o.S.) und abschlämmbares Korn < 20 μ m in den Humushorizonten O_h und A_h in 10 cm Tiefe der Standorte Obergurgl und Haggen (aus GUNSCHE 1972).

Standort	Horizont	N		PO ₄		K		pH nKCl	oS%	abschlämmbares Korn
		g . L ⁻¹ t ^x)	t	v ^x)	t	v				
Obergurgl N	O_h	9,9	0,94	0,19	1,12	0,5	3,5	74	keine Messung	
Obergurgl SW	A_h	13,7	3,2	0,68	3,9	0,3	3,8	35	10,2	
Haggen SW	A_h	9,1	1,5	0,2	4,9	0,1	3,5	42	18,5	

Die Standortunterschiede dürften sich in den wärmeren Monaten Mai bis Juli auf die Bodentemperaturen ausgewirkt haben, vielleicht auch auf die Stickstoffaufnahme von Lärche und Fichte, wie in Abbildung 3 durch den Verlauf der N : P-Werte im Frühsommer bei Fichte und Lärche angedeutet wird: in SW-Lage sind die Werte etwas höher als in NNW-Lage.

Tabelle 12

Nährstoffe, pH, organische Substanz in den Humushorizonten O_h und A_h der Standorte auf dem Patscherkofel in 10 cm Tiefe.

Standort	Horizont	N (x)	PO ₄ g · L ⁻¹ v ^x)		K		pH nKCl	o.S. %	
			t	v	t	v			
NNW	O_h	10,5	0,17	0,68	0,11	4,3	0,26	3,0	80
SW	A_h	7,8	0,2	2,6	0,9	18,1	0,28	3,8	28

x) t = Gesamtvorrat, bestimmt in nassem Aufschluß
v = pflanzenverfügbar, bestimmt in Ammonlaktat-Essigsäure-Extrakt
Werte: Mittel aus drei Proben

1.2.5 Das Verhalten des Nährstoffspiegels in der Testpflanze *Vaccinium uliginosum* in Abhängigkeit von den gemessenen Klimafaktoren.

Aus den Darstellungen von GUNSCH (1972) wird hier in Tabelle 13 eine Übersicht der Nährstoffgehalte in den Blättern von *Vaccinium uliginosum* vom Zeitpunkt des Austreibens Ende Juni 1969 bis zum Blattfall im Oktober gegeben.

Tabelle 13

N-, P-, K-Gehalte in Blättern von *Vaccinium uliginosum*.

a) Obergurgl, N-Standort, Meßjahr 1969:

Datum	% des Trockengewichtes			
	N	PO ₄	K	N:P
30.6.	3,2	0,55	0,75	5,8
2.8	3,7	0,45	0,72	8,2
1.9.	2,9	0,48	0,75	6,0
2.10.	1,2	0,2	0,52	6,0

b) Obergurgl, SW-Standort, Meßjahr 1969:

30.6.	3,2	0,61	0,78	5,2
2.8	3,8	0,58	0,85	6,5
1.9.	1,8	0,54	0,81	3,3
2.10.	0,8	0,24	0,55	3,3

c) Hagen, SW-Standort, Meßjahr 1969:

30.6.	1,9	0,48	0,64	3,9
2.8	2,3	0,45	0,62	5,1
1.9.	1,8	0,38	0,65	4,7
2.10.	0,7	0,1	0,42	7,0

GUNSCH beschreibt die Wuchsformen der Pflanze an den drei Standorten in Obergurgl SW, N und Haggen SW und kommt zu dem Schluß, daß die Pflanzen der SW-Lage in Obergurgl am kräftigsten ausgebildet waren. Die Pflanzen der Nordlage in Obergurgl waren zwergwüchsig, die Pflanzen von Haggen von äußerst kümmerlicher Wuchsform. Diesem Bild entsprechen die Nährstoffgehalte im Laufe des Jahres 1969: Die Blätter der SW-exponierten Pflanzen in Obergurgl hatten im Sommer etwas höhere Gehalte an Stickstoff, deutlich höhere Gehalte an Phosphor und Kali als Blätter der Pflanzen in N-Lage. Die Pflanzen am SW-Standort Haggen zeigten mit Abstand die niedrigsten Nährstoffwerte.

Diese Ergebnisse sind am klarsten mit dem Angebot an verfügbaren Nährstoffen in Verbindung zu bringen, denn der Boden des Standortes Haggen ist als der nährstoffärmste, der Boden des SW-Standes Gurgl als der nährstoffreichste beschrieben.

Der Einfluß der Klimafaktoren ist nicht eindeutig zu erkennen. Am SW-Standort in Obergurgl sind zwar gleichermaßen hohe Temperaturen und hohe Feuchte im Boden wie auch hohe Nährstoffgehalte in den Blättern der Versuchspflanzen festzustellen, an den Standorten Obergurgl Nord und Haggen Südwest sind die Beziehungen nicht so eindeutig; obwohl der Boden in Haggen im Sommer höhere Temperaturen und höhere Feuchte aufweist als der Boden der Obergurgler N-Lage, lassen sich in den Blättern der Testpflanze geringere Nährstoffgehalte nachweisen als in den Blättern der Pflanzen von Obergurgl N. Es wäre jedoch denkbar, daß die Bewindung, die in Haggen deutlich höher ist als in Obergurgl N (siehe Tabelle 9), die Stoffwechselfvorgänge ungünstig beeinflusst.

Beim Vergleich der N : P-Verhältnisse ist zu beobachten, daß die Werte bei Pflanzen mit niederen Nährstoffgehalten in den Blättern im Herbst langsam abnehmen, während bei hohen Nährstoffgehalten die N/P-Werte im Herbst rasch absinken. Wie schon bei der Besprechung der Patscherkofelstandorte erwähnt, hängt dieses Verhalten mit der langsamen Abnahme der Stickstoffwerte und der unregelmäßigen Abnahme der Phosphorwerte zusammen und es läßt sich nur mit Hilfe von Stoffgruppenanalysen deuten; es handelt sich jedoch sicher um Unregelmäßigkeiten und Verzögerungen im Stofftransport schlecht ernährter Pflanzen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden: Die Untersuchung des Nährstoffspiegels von *Vaccinium uliginosum* ergab, daß die Nährstoffversorgung aus dem Boden den größten Einfluß auf die N-P-K-Gehalte und ihren Jahresgang in der Pflanze hatte. Gleichzeitig wurde jedoch im Zusammenhang mit der Untersuchung der Standorte auf dem Patscherkofel gefunden, daß die Nährstoff-Freisetzung temperaturabhängig ist; diese Temperaturabhängigkeit könnte jedoch nur im langjährigen Mittel eindeutig bewiesen werden. Die Ernährung der Pflanze wurde demnach an der Waldgrenze über die Wärme entscheidend beeinflusst.

2. Untersuchungen von ZIRBENSETZLINGEN

2.1. Änderungen des Nährstoffspiegels im Jahresgang

Aus obigen Ausführungen über autochthone Zirbenpflanzen läßt sich folgern, daß die Untersuchung der Nährstoffgehalte und des N : P-Verhältnisses Einblick in das Wachstumsverhalten der Pflanzen an der Waldgrenze gibt; für das N : P-Verhältnis ist die Normalkurve zweigipfelig, mit einem Frühlings- und einem Spätsommermaximum, die mit dem Austreiben und der Neubildung von Knospen zusammenhängen. Im folgenden wird untersucht, ob sich dieser Jahresgang des Nährstoffspiegels auch an Forstgartenzirben feststellen läßt und wie weit er durch Versetzen und Düngen verändert wird.

Die Abbildung 7 gibt eine Übersicht über den Gang der N : P-Werte in den Nadeln der wie beschrieben versetzten und gedüngten Jungzirben im Versetzjahr 1970 und im darauffolgenden Jahr 1971. Im oberen Teil der Abbildung ist das Verhalten der Kontrollen im Pflanzgarten im Versetzjahr 1970 dargestellt; je nach der Behandlung ergibt sich ein verschiedenes Bild des Jahresganges:

Die Nadeln der unbehandelten Pflanzen von Parzelle 1 zeigen die niedrigsten Werte ohne Spät-

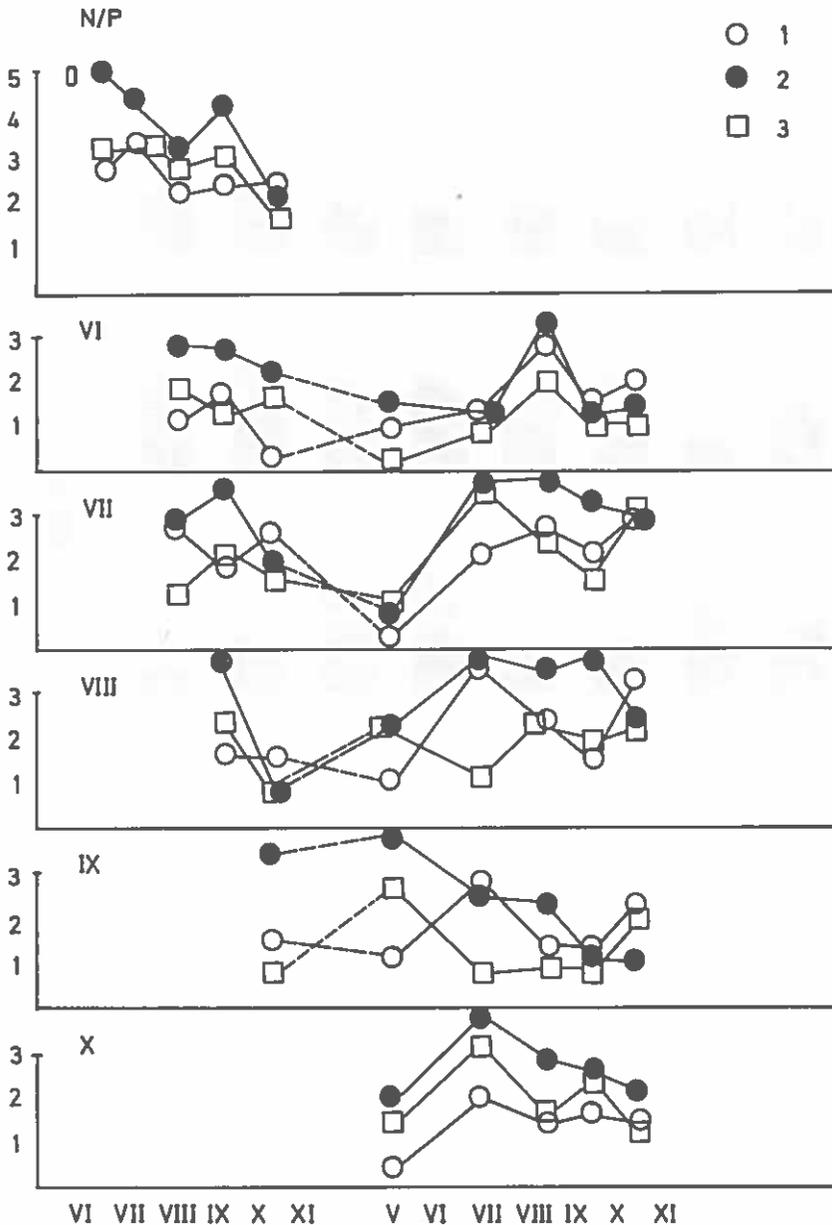


Abbildung 7: N : P-Verhältnis in Nadeln von Zirbensetzlingen aus den Parzellen 1, 2 und 3 von Juni 1970 bis Oktober 1971. O = Kontrolle im Pflanzgarten, VI - X = 1970 auf den Patscherkofel versetzte Pflanzen.

Versetztermine: VI = 8.6., VII = 30.6., VIII = 4.8., IX = 11.9., X = 7.10.1970.

Parzelle 1 = unbehandelt, 2 = stickstoffreiche Volldüngung, 3 = organische Stickstoffdüngung mit Kalizusatz.

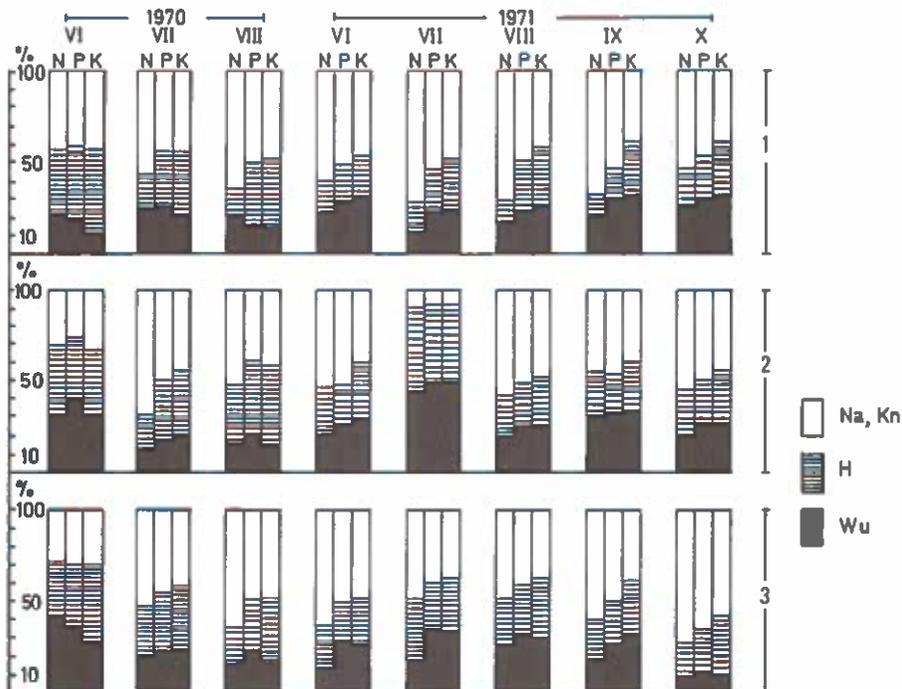


Abbildung 8: Verteilung der Nährstoffe N, P, K auf Nadeln, Knospen, Holz und Wurzeln von 1970 versetzten Zirben in Prozent der Gesamtgehalte. Auswertung im September 1970 und 1971. Parzellen 1, 2 und 3 und Versetzttermine VI - X siehe Abbildung 7.

Na = Nadeln, Kn = Knospen, H = Holz, Wu = Wurzeln.

sommermaximum. Die beiden gedüngten Pflanzengruppen weisen eine zweigipfelige Kurve der N : P-Werte auf, mit einem ausgeprägten Herbstminimum. Das weiteste N : P-Verhältnis zeigt sich in der Parzelle 2, die mit rasch verfügbarem stickstoffreichen Dünger behandelt wurde; hier ist bei der ersten Versetzung am 8.6. (VI) bereits das Frühjahrsmaximum erreicht, das in der ungedüngten Parzelle 1 und in der Parzelle 3 (gedüngt mit organisch gebundenem Stickstoff und Kali) erst am 30.6. (VII) erreicht wird. Zum Termin VII ist der N : P-Wert in der Parzelle 2 schon im Absinken, die Knospen haben bereits ausgetrieben.

Der anschließende Teil der Abbildung zeigt das Verhalten der zu fünf Terminen versetzten Pflanzen. Von den Werten des Versetzttermines VI (8.6.) verlaufen die der ungedüngten Parzelle ähnlich ihren Kontrollen im Pflanzgarten, die Nährstoffwerte sinken aber sehr stark ab und das N : P-Verhältnis wird sehr eng. Die N : P-Werte der gedüngten Pflanzen erreichen nicht die Höhe des Spätsommermaximums der Kontrollen, die neue Knospenanlage dürfte daher etwas geschwächt sein. Im darauffolgenden Jahr verlaufen die N : P-Werte wieder parallel, ähnlich den Kontrollen des Jahres 1970, erreichen aber nur ein ausgeprägtes Sommermaximum.

Nach der Versetzung am 30.6. (VII) verlaufen die Werte der gedüngten Pflanzen im Jahr 1970 wie bei den Kontrollen, die Werte der ungedüngten Pflanzen nehmen einen verzögerten Verlauf. Die N : P-Verhältnisse aller Pflanzen sind zu Beginn des Jahres 1971 sehr eng, steigen dann zu einem weiten Sommermaximum an und zeigen im allgemeinen ebenso wie die Pflanzen der Versetzttermine 4.8. (VIII) und 14.9. einen sehr unregelmäßigen Verlauf, der

ohne zusätzliche physiologische Untersuchung nicht interpretiert werden kann. Charakteristisch scheint für diese Sommerversetzungen das Fehlen eines ausgeprägten Herbstminimums der N : P-Werte; der Grund hiefür dürften verzögerte Stoffumlagerungen sein. Die Pflanzen der Oktoberversetzung (X) verhalten sich 1971 bezüglich der N : P-Werte sehr ähnlich den Kontrollen von 1970, haben jedoch nur ein schwach ausgeprägtes Spätsommermaximum. Die Pflanzen der Düngeparzelle 2 weisen durchwegs hohe Stickstoffgehalte und hohe N : P-Werte auf. Der Versetztermin VII verursacht bei der Parzelle 2 ein besonders hohes Sommermaximum 1971, das keine Depression aufweist, die auf einen Weitertransport der Nährstoffe in die neuen Knospenanlagen deutet.

Das weite Sommermaximum kann als Anzeichen einer Wachstumsstörung angesehen werden, die auch in der Abbildung 8 und in den Tabellen 14 und 15 zum Ausdruck kommt.

In der Abbildung 8 wird die Verteilung der Nährstoffe N, P, K in Nadeln und Knospen, Holz und Wurzeln dargestellt, um den Ernährungszustand der Pflanzen aller Parzellen am Ende der Vegetationsperioden 1970 und 1971 zu kennzeichnen.

Am Ende des Versetzjahres 1970 sind die Nährstoffe in den Pflanzen des Versetztermines VI vorwiegend in Holz und Wurzeln angelegt. Beim Versetztermin VII halten sich die Nährstoffanteile in Nadeln und Knospen einerseits und Holz mit Wurzeln andererseits annähernd die Waage, beim Versetztermin VIII überwiegen in den Parzellen 1 und 3 die Nährstoffanteile in Nadeln und Knospen. Da bei der Versetzung die Wurzeln stark verletzt wurden, gibt die Nährstoffverteilung am Ende des Jahres 1970 unter anderem ein Bild der Wurzelregeneration; diese ist bei den Pflanzen des Versetztermines VI am weitesten fortgeschritten und hier zeigt sich, daß in den Düngeparzellen die Nährstoffanteile in den Wurzeln höher sind als in der unbehandelten Parzelle. Das Wurzelwachstum wurde demnach durch die Düngung angeregt. 1971 hat sich das Verhältnis der Nährstoffanteile geändert, die Nährstoffe befinden sich beim Versetztermin VI überwiegend in Nadeln und Knospen; es wurde im zweiten Jahr anscheinend das Nadel- und Knospenwachstum gefördert, der Stofftransport dürfte den "Normalrhythmus" wieder aufgenommen haben. Beim Versetztermin VII ergab sich in den Parzellen 1 und 3 keine wesentliche Änderung der Nährstoffverteilung, die Parzelle 2 zeigt jedoch ein auffallendes Bild: Die Nährstoffe sind überwiegend zu gleichen Teilen in Wurzeln und Holz angelegt, in Nadeln und Knospen finden sich nur unbedeutende Mengen; hier wurden demnach die Wurzeln auf Kosten der Nadeln und Knospen stark regeneriert. Das hohe N : P-Verhältnis (Ab-

Tabelle 14

Nährstoffgehalte der Zirbensetzlinge in Prozent der Gesamt-Trockenmasse

Versetztermin	Parzelle	Auswertung		Sept. 1970		Auswertung		Sept. 1971	
		N	PO ₄	K	N	PO ₄	K		
8.6. (VI)	1	0,8	0,4	0,6	0,7	0,4	0,5		
	2	1,5	0,6	0,7	0,9	0,6	0,7		
	3	0,6	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6		
30.6. (VII)	1	1,2	0,6	0,6	1,1	0,5	0,5		
	2	1,2	0,5	0,5	0,8	0,4	0,3		
	3	1,0	0,5	0,6	1,6	0,6	0,7		
4.8. (VIII)	1	0,7	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5		
	2	1,2	0,4	0,4	1,0	0,5	0,6		
	3	0,8	0,4	0,5	0,8	0,4	0,5		
11.9. (IX)	1	-	-	-	0,9	0,3	0,4		
	2	-	-	-	0,5	0,4	0,5		
	3	-	-	-	0,8	0,4	0,6		
7.10. (X)	1	-	-	-	0,9	0,3	0,4		
	2	-	-	-	0,5	0,4	0,5		
	3	-	-	-	0,8	0,4	0,6		

bildung 7) dieser Pflanzen während des Sommers 1971, das keine Depression zeigt, weist auf Unterbrechung des Stofftransportes hin. Die Pflanzen zeigten im Spätsommer 1971 gelbliche Triebspitzen und im Mai 1972 waren alle Pflanzen dieser Parzellen abgestorben, während bei den anderen Parzellen noch keine Ausfälle beobachtet wurden.

Die Pflanzen der Versetztermine VIII, IX und X zeigten Ende 1971 annähernd das gleiche Bild: in Nadeln und Knospen waren nur wenig mehr Nährstoffe angelegt als in Holz und Wurzeln. Eine Ausnahme bildeten die Pflanzen der Parzelle 3 vom Versetztermin X; hier fanden sich die höchsten Nährstoffanteile in Nadeln und Knospen, die organische Düngung mit Kalizusatz regte anscheinend zu diesem Versetztermin das Triebwachstum stärker an als das Wurzelwachstum.

Tabelle 15

Gewichtsverhältnis Sproß : Wurzel in Prozent der Gesamt-Trockenmasse der Zirbensetzlinge.

Versetztermin (1970)	Parzelle	Auswertung Oktober 1971	
		Wurzeln G%	Spross G%
8. 6. (VI)	1	28	72
	2	25	75
	3	31	69
30. 6. (VII)	1	27	73
	2	50	50
	3	28	72
4. 8. (VIII)	1	27	73
	2	25	75
	3	36	64
11. 9. (IX)	1	29	71
	2	32	68
	3	29	71
7. 10. (X)	1	25	75
	2	27	73
	3	13	87

Ergänzend zur Abbildung 8 sind in Tabelle 14 die N-, P- und K-Anteile am Gesamtgewicht der Pflanze und in Tabelle 15 die Gewichtsverhältnisse von Sproß- und Wurzelmasse dargestellt. Die Tabelle 14 zeigt, daß die Pflanzen der meisten Versetztermine am Ende des Jahres 1970 reicher an mineralischen Nährstoffen sind als am Ende des Jahres 1971; das bedeutet, daß der angelaufene Stofftransport den Zuwachs organischen Materials förderte und die Mineralstoffanteile N, P und K einen "Verdünnungseffekt" aufwiesen, wie dies bei Düngewirkungen häufig festgestellt wird (vergleiche GLATZEL 1976). Auffallend ist die starke Abnahme der Nährstoffe in der Parzelle 2 vom Versetztermin VII, die auch in Abbildung 8 in der Abnahme der Nährstoffe in Nadeln und Knospen zum Ausdruck kommt, wie auch in Tabelle 15, nach welcher die Pflanzen dieser Parzellen ein Sproß : Wurzel-Verhältnis von 50 : 50 aufwiesen, während bei den anderen Pflanzen aus 13 Beispielen rund 70 : 30 errechnet werden kann. Eine weitere Ausnahme bildet die Parzelle 3 vom Versetztermin X, hier ergab sich ein Sproß : Wurzel-Verhältnis von 87 : 13.

2.2. Hinweise für Aufforstungen auf Grund der Versuchsergebnisse

Die anfangs erwähnten Dünge-Vorversuche an Zirbensetzlingen mit Wurzelschnitt, die zur Triebzeit im Juni versetzt worden waren, fanden durch die vorliegenden Untersuchungen Bestätigungen und Ergänzungen.

Eine Parallele ergab sich durch die Beobachtung der hohen Sterblichkeit der Pflanzen mit mineralischem Volldünger. Da in den Vorversuchen diese Pflanzen auch dem ersten Winter durch Schneeschimmel abgestorben waren, könnte man annehmen, daß die Volldüngung die Pilzanfälligkeit erhöhte, was auch durch KELLER (1970) festgestellt wurde.

Die Frage der Schadlingsresistenz, die äußerst komplex ist, und von FUCHS und GROSMANN (1972) in einem Sammelreferat erörtert wird, konnte an dieser Stelle nicht näher untersucht werden.

Vergleiche der Nährstoffanalysen von Zirbensetzlingen und autochthonen Pflanzen wiesen auf eine weitere Ursache der Sterblichkeit bzw. der Wachstumshemmung hin: Die zum Sommertermin versetzten Pflanzen zeigten eine starke Änderung der Nährstoffgehalte und der Stickstoff : Phosphor-Verhältnisse im Jahresgang. Besonders auffallend war diese Änderung bei der Parzelle mit stickstoffreicher Minereraldüngung, deren Pflanzen Ende Juni versetzt worden waren. Die Knospen waren hier schon stärker ausgetrieben; wie Vergleiche mit den Jahresgängen der autochthonen Pflanzen zeigen, weist die beginnende Verengung der N : P-Werte auf den anlaufenden Stofftransport zur Entwicklung der neuen Knospenanlage hin. Die Unterbrechung dieses Stofftransportes bewirkte eine Verkümmerng der Nadeln und Knospen, die schließlich zum Absterben der Pflanzen führte.

Als Ursache dieser Unterbrechung des Stofftransportes sind Wurzelverletzungen beim Versetzen anzunehmen, die zu einer Verminderung der Wasserzufuhr und einer Störung des Wasserhaushaltes führen (HAVRANEK und TRANQUILLINI 1972, TRANQUILLINI 1973, HAVRANEK 1975).

Pflanzen, die vor dem Austreiben versetzt wurden, zeigten schon im Versetzjahr eine Verzögerung der Nährstoffmaxima, die entsprechend auf den Stofftransport einwirken dürfte; am Ende des Jahres konnten niedere Nährstoffgehalte in den Nadeln und Knospen im Vergleich zu Holz und Wurzeln festgestellt werden. Bei den Pflanzen, die im August und September versetzt wurden, ergaben sich ebenfalls Störungen im Gang der Nährstoffgehalte, sowohl im Versetzjahr, als auch im darauffolgenden Jahr.

Alle im Sommer versetzten Pflanzen zeigten im Herbst des nachfolgenden Jahres ein Ansteigen des N : P-Verhältnisses, das nach den Analyseergebnissen bei autochthonen Pflanzen auf gestörte und unregelmäßige Stoffumlagerungen schließen läßt. Es ist anzunehmen, daß diese Stoffumlagerungen ebenfalls in enger Beziehung zum Wasserhaushalt stehen und Störungen daher zu winterlichen Schäden an den Pflanzen führen können. Zusammenfassend ist festzustellen, daß es nach den vorliegenden Untersuchungen wenig ratsam erscheint, wurzelverletzte Pflanzen im Bereich über der Waldgrenze zu versetzen, da während der Triebzeiten das Wachstum stark gestört wird. Geringe Beeinträchtigungen sind beim Versetzen vor und nach dem Trieb zu erwarten, diese Termine können aber wegen der verkürzten Vegetationszeit im subalpinen Bereich nicht genützt werden. Inzwischen ist man in extremen Lagen auf Ballenpflanzungen übergegangen, die sich in den letzten Jahren sehr bewährt haben. Die Frage nach der idealen, harmonischen Düngung von Forstgartenpflanzen kann im Rahmen dieser Ausführungen nicht berührt werden. Es wurde durch Verwendung von organischen und mineralischen Düngermischungen seit langem eine Erhöhung der Vitalität und der Zuwächse erzielt und auch die Pilzpartner der Jungpflanzen gefördert (CZELL und REDLICH 1966, GÖBL und PLATZER 1967), doch sind viele Fragen bezüglich der Düngerwirkung auf verschiedene Bodentypen nicht geklärt. Die Flora der Bodenbakterien und -Pilze einschließlich der Mykorrhizen ist bodenspezifisch und dürfte von Düngungen selektiv beeinflusst werden.

Eine langjährige forstliche Erfahrung konnte aber durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt werden: stickstoffreiche, rasch verfügbare Minereraldünger verändern den Wachstumsrhythmus der Setzlinge in einer Weise, daß ihr Ernährungszustand beim Versetzen gestört wird und sie daher im Vergleich zu ungedüngten Pflanzen hohe Sterblichkeit aufweisen.

ZUSAMMENFASSUNG

An autochthonen Pflanzen an der Waldgrenze wurden Untersuchungen über den N - P - K-Spiegel im Jahresgang vorgenommen, um ihren Wachstumsrhythmus an verschiedenen Standorten zu vergleichen und zur Erklärung des Versetzschocks bei Aufforstungen beizutragen. Es ergab sich, daß der Nährstoffspiegel der autochthonen Pflanzen vorwiegend durch klimatische Faktoren und Bodeneigenschaften beeinflußt wird. Unterschiede der ökologischen Bedingungen können daher zu standörtlichen Verschiebungen des Wachstumsablaufes führen, die sich am N - P - K-Spiegel, vor allem aber auch am Verhältnis N : P oder N : K ablesen lassen. Es ist daher ratsam den Ernährungszustand der Pflanzen an der ökologisch sehr differenzierten Waldgrenze durch den Jahresgang der Nährstoffgehalte zu beurteilen.

Anschließend an diese Untersuchungen wurden Zirbenpflanzen aus einem Forstgarten in 1400 m Seehöhe aus einer unbehandelten Parzelle und aus zwei Parzellen mit verschiedener Düngung analysiert, nachdem sie zu fünf verschiedenen Terminen in einen Pflanzgarten in 1900 m Seehöhe auf dem Patscherkofel bei Innsbruck versetzt worden waren.

Es zeigte sich, daß Pflanzen einer Parzelle mit hohem Gehalt an rasch verfügbarem Stickstoff sehr früh austrieben und im Jahr nach der Versetzung Schäden an den Trieben erlitten, wenn sie im Frühsommer verpflanzt wurden. Abnormale N : P-Verhältnisse lassen vermuten, daß diese Triebeschäden auf eine Störung der Nährstoffumlagerungen zurückgehen.

Pflanzen ohne Düngung und solche mit organischem Stickstoffdünger und Kalizusatz trieben später aus und zeigten geringere Veränderungen des Nährstoffspiegels nach der Versetzung zum Frühsommertersmin. Veränderungen verschiedenen Grades im Gang der Nährstoffgehalte zeigten jedoch alle Pflanzen besonders während der Versetzttermine im Sommer. Im Jahr nach der Versetzung wurden bei den Sommerpflanzungen im Herbst weite N : P-Werte festgestellt, die auf Unregelmäßigkeiten bei den herbstlichen Stoffumlagerungen schließen lassen.

Es wird darauf verwiesen, daß das Düngeproblem an der Waldgrenze sehr komplex ist, nicht nur wegen der differenzierten Standortbedingungen, sondern vor allem wegen der noch wenig erforschten Reaktion der Böden und ihrer Mikro-Organismen.

SUMMARY

Annual Cycle of Nutrient Contents in Subalpine Plants and Its Implications for Transplantation and Fertilisation of Young *Pinus Cembra*.

A study was carried out on autochthonous plants on the forest line to determine their N - P - K content in the annual cycle, in order to compare their growth rhythms at different sites and to help explain planting shock after reforestation. The nutrient content of the autochthonous plants was found to be primarily dominated by climatic factors and soil characteristics. Differences in ecological conditions can therefore lead to site-related shifts in growth rhythm, reflected in N - P - K content and especially in the ratio N : P or N : K. It is therefore advisable to judge the nutritional state of plants in the forest line, which is ecologically highly differentiated, by the annual cycle of nutrient contents.

Subsequent to this study, three groups of *Pinus cembra* from a nursery at 1400 m above sea-level, one group from an untreated plot and the others from two differently fertilized plots, were analysed after having been replanted at five different times in a nursery at 1900 m above sea-level on the Patscherkofel near Innsbruck. The plants from a plot with a high content of readily available nitrogen flushed very early, and those planted in early summer suffered shoot damage in the year after replanting. Anormal N : P ratios suggest that this shoot damage is due to a disturbance of nutrient circulation.

Unfertilized plants and those fertilized with nitrogen and potash additives flushed later and

showed less change in nutrient content after replanting in early summer. Changes of various degrees in the cycle of nutrient contents were especially noted in all plants replanted in summer. In the autumn of the year after replanting, wide ranging N : P values were found in the trees planted in summer, which suggest irregularities in the autumnal nutrient metabolism. It should be remembered that the use of fertilizers on the forest line is a very complex problem, not only because of the differentiated site conditions but also because of the almost unresearched reactions of the soils and their micro-organisms.

LITERATUR

- CERNUSCA G., 1972: Die Entwicklung mobiler Kleinstationen für forstökologische Standortserkundung zur Wiederbewaldung von Hochlagen. Der Lochstreifeneinsatz an der Waldgrenze. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien 96, 137 - 157.
- CZELL A., 1967: Beitrag zum Wasserhaushalt subalpiner Böden. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien 75, 305 - 332.
- CZELL A. und REDLICH G. C., 1966: Die Beeinflussung des Gebrauchswertes von Jungläarchen durch kombinierte Wurzel-Gründüngung (KWGD). Cbl. f. d. ges. Forstw., 83, 65 - 84.
- DUCHAUFOR Ph., 1960: Précis de Pedologie. Masson et C^{ie}, Paris.
- FIEDLER H. J., NEBE F., HOFFMANN W., 1973: Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. G. Fischer, Stuttgart, 481 S.
- FROMME G., 1961: Beschreibung des Stationsgebietes in Obergurgl-Poschach. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn 59, 35 - 51.
- FUCHS W. H. und GROSSMANN F., 1972: Ernährung und Resistenz von Kulturpflanzen gegenüber Krankheitserregern und Schädlingen. In: SCHARRER K. und LINSER H. (Ed.) 1972: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung 1/2, 1007 - 1107.
- GLATZEL G., 1973: Zur Frage des Mineralstoff- und Wasserhaushaltes frisch verpflanzter Fichten. Cbl. f. d. ges. Forstw. 90, 65 - 78.
- GLATZEL G., 1976: Mineralstoffernährung und Aufkommen von Fichtenkulturen nahe der alpinen Waldgrenze. Cbl. f. d. ges. Forstw. 93, 1 - 23.
- GÖBL F. und PLATZER H., 1967: Düngung und Mycorrhizabildung bei Zirbenjungpflanzen. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 74.
- GUNSCH J., 1972: Vergleichende ökologische Untersuchungen von Kleinstandorten im Bereich der subalpinen Zirben-Waldgrenze. Diss. im Manuskript, Univ. Innsbruck.
- HAVRANEK W., 1975: Wasserhaushalt und Zuwachs von Fichten nach Versetzung zu verschiedenen Jahreszeiten. Cbl. f. d. ges. Forstw. 92, 9 - 25.
- HAVRANEK W. und TRANQUILLINI W., 1972: Untersuchungen über den Versetztschock bei der Lärche. Wachstum und Wasserhaushalt nach dem Versetzen. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien 96, 111 - 135
- KELLER Th., 1970: Wuchsleistung, Gaswechsel und Überlebensprozente und Schneeschimmelbefall gedüngter Ballenpflanzen an der oberen Waldgrenze. Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswes. 46, 1 - 32.
- KRONFUSS H., 1972: Kleinklimatische Vergleichsmessungen an zwei subalpinen Standorten. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien 96, 159 - 173.
- NEUWINGER I., 1964: Wirkungen von Substrat und Düngung auf das Wachstum von Jungzirben. Forstw. Cbl. 83, 173 - 181.
- NEUWINGER I., 1967: Zum Nährstoffhaushalt in Vegetationseinheiten der subalpinen Entwal-

- dungszone. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien 75, 269 - 303.
- NEUWINGER I., 1972: Standortuntersuchungen am Sonnberg im Sellrainer Obertal, Tirol. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien 96, 177 - 207.
- NEUWINGER I., 1979: Erwärmung, Wasserrückhalt und Erosionsbereitschaft subalpiner Böden. In diesem Band.
- PALLMANN H., EICHENBERGER E. und HASLER H., 1940: Prinzip einer neuen Temperaturmessung für ökologische oder bodenkundliche Untersuchungen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 50, 63 - 70.
- PÜMPEL B., GÖBL F. und TRANQUILLINI W., 1975: Wachstum, Mycorrhiza und Frostresistenz von Fichtenjungpflanzen bei Düngung mit verschiedenen Stickstoffgaben. Eur. J. For. Path. 5, 83 - 97.
- PRUTZER E., 1967: Die Niederschlagsverhältnisse an der Waldgrenze. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn 75, 175 - 194.
- RENDSMAA J. B., 1964: Untersuchungen an Fichte und anderen Nadelbaumarten über den Nährstoffgehalt der lebenden Nadeljahrgänge und der Streu. Diss. Göttingen.
- TRANQUILLINI W., 1965: Über den Zusammenhang zwischen Entwicklungszustand und Dürresistenz junger Zirben (*Pinus cembra* L.) im Pflanzgarten. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Mariabrunn, 66, 241 - 271.
- TRANQUILLINI W., 1973: Der Wasserhaushalt junger Forstpflanzen nach dem Versetzen und seine Beeinflussbarkeit. Cbl. f. d. ges. Forstwes. 90, 46 - 52.
- WENZEL G., 1970: Zusammenhänge zwischen Ernährungszustand und Rotfäulebefall der Fichte (*Picea abies* Karsten). Sonderh. Z. Landwirt. Forsch. 25/1.
- ZENTRALANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND GEODYNAMIK, Wien: Jahrbücher 1968, 1974, 1977.
- ZÖTTL H. und JUNG J., 1964: Ernährungszustand und Lophodermiumbefall von *Pinus silvestris*. Die Naturwiss. 51, 643.

LAWINENSCHÄDEN IN WÄLDERN — FOLGERUNGEN FÜR DIE FORSTWIRTSCHAFT

Gottfried KRONFELLNER-KRAUS und Ingo MERWALD

EINLEITUNG

Nachdem sich die Arbeitsgemeinschaft für Hochlagenaufforstung und Schutzwalderhaltung hauptsächlich mit der Vermehrung und Sanierung des Lawinenschutzwaldes befaßt, erscheint es angebracht, sich auch mit den Zusammenhängen zwischen Schnee, Lawinen und Wald eingehender auseinander zu setzen. Dies vor allem deshalb, weil in den letzten Jahren zwei Katastrophenwinter, und zwar 1969/70 und 1974/75, durch ein Übermaß an Waldschäden die Aufmerksamkeit auf diesen Fragenkomplex gerichtet haben. Es liegen diesbezüglich auch zahlreiche Untersuchungen aus dem In- und Ausland vor, die zwar auf speziellen Fachtagungen behandelt, in der Praxis aber offensichtlich noch zu wenig bekannt sind. Diese aktuellen Untersuchungen sollen hier im Hinblick auf eine künftig größtmögliche Verringerung der Waldschäden behandelt werden.

DURCH LAWINEN VERURSACHTE FORSTSCHÄDEN IN ÖSTERREICH

Gesamtschäden

Im Institut für Wildbach- und Lawinenverbauung der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien werden Lawinenereignisse seit dem Winter 1967/68 genauer erhoben (MERWALD 1970, 1971, 1974, 1975, 1978). Diese Erhebungen schlossen insoferne eine Lücke, da es in Österreich trotz mehrfacher Ansätze (beispielsweise von KOHL, BILGERI, OERTEL, ZDARSKY, PAULCKE nach FLAIG, 1955) bis dahin keine umfassende Lawinendokumentation gab. Einzelne Autoren beschrieben wohl besondere Ereignisse oder Gebietschroniken (BRANDTNER und KRASSER, 1955; FLAIG, 1955; WAGNER), während die Beobachtungen in anderen Jahren oder Gebieten wieder unterblieben. Die Berichte des österreichischen Bergrettungsdienstes beschränken sich naturgemäß auf Lawinenunfälle bzw. Personenschäden (GAYL in: EISLF 1959 - 1976 und GAYL, 1972 - 1976; BAUER, 1977). In der erwähnten Dokumentation des Fachinstitutes der Forstlichen Bundesversuchsanstalt wird ab dem Jahre 1967/68 versucht, möglichst alle Lawinenereignisse zu erfassen, soferne sie Personen-, Sachschäden oder sonstige Aufwendungen verursachen. Dafür werden die in dankenswerter Weise von allen in Betracht kommenden Dienststellen (Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und Lawinenverbauung, Gendarmerie, Forstbehörden, Straßenbauämter bzw. Straßenmeistereien, Bundesbahn, Lawinenwarndienste) zur Verfügung gestellten Meldungen verwendet.

Die gesammelten Lawinenberichte gestatten nicht nur spezielle Analysen und Auswertungen, sondern auch internationale Vergleiche vor allem mit Ereignissen in Nachbarländern. In der Schweiz werden bekanntlich schon seit dem Winter 1936/37 Schnee- und Lawinenberichte veröffentlicht, die auch die forstlichen Belange ausführlich berücksichtigen (EISLF 1936/37 - 1974/75). Eine rückwirkende Lawinenerfassung, wie sie von einigen nordamerikanischen Instituten durchgeführt wurde (ARMSTRONG, 1976; u. a.), war uns hingegen noch nicht möglich. Nur für besonders extreme Jahre stehen rückblickend einige summarische Werte zur Verfügung.

In dem kurzen bisher achtjährigen Erhebungs- und Beobachtungszeitraum (1967/68 - 1974/75, Winter 1975/76 und folgende zur Zeit noch in Arbeit) sind bereits zweimal bedeutende Schadholzmengen angefallen, die erhebliche Verluste für die Forstwirtschaft mit sich gebracht haben. Im einzelnen sind die durch Lawinen verursachten Forstschäden in den folgenden Tabellen übersichtlich dargestellt. In Tabelle 1 wurden neben den Forstschäden die für die je-

weiligen Winter besonders charakteristischen Werte, nämlich Anzahl der erfaßten Schadenslawinen und Anzahl der Lawinentoten, ebenfalls angeführt. Für die Zeit vor 1967 konnten nur die Winter 1953/54 und 1950/51 berücksichtigt werden.

Die bisher weitaus größten Lawinen-Forstschäden traten ja in Österreich im Winter 1950/51 auf, in welchem der Gesamtverlust an Holz etwa 320.000 fm betrug (GADENZ, 1951; FLAIG, 1955). Im Beobachtungszeitraum ab 1967/68 waren die Winter 1969/70 und 1974/75 ausgesprochene Katastrophenwinter mit Schadholzmengen von 32.000 bzw. 78.600 fm. Bei einer Fortsetzung einer solchen Reihung dürfte der Winter 1953/54 folgen. In diesem Jahre betrug die Schadholzmenge 26.000 fm, allein in Vorarlberg 6.843 fm (WAGNER).

Beträchtlich waren auch die Jungwuchs- und Kulturschäden. Sie beliefen sich allein im Winter 1974/75 auf insgesamt 145 ha. Eine Aufschlüsselung der durch Lawinen im Winter 1974/75 verursachten Forstschäden auf die einzelnen Bundesländer zeigt Tabelle 2. Die Hauptschäden traten damals im April 1975 in Oberkärnten auf.

Für eine Schadens-Mittelbildung erscheint der bisherige Beobachtungszeitraum noch zu kurz. Während im achtjährigen Durchschnitt ca. 15.000 fm Lawinenschadholz anfielen, dürfte der langjährige Durchschnitt wesentlich höher, etwa bei 20.000 fm gelegen sein, doch fehlen teilweise genauere Unterlagen.

Tabelle 1

Winter	Schadenslawinen Anzahl	Lawinentote Anzahl	H o l z s c h ä d e n			
			insgesamt fm	Jungwuchs ha	in Kulturen ha	Flurschäden ha
50/51	-	105/135	320.000	-	-	-
53/54	-	143	26.000	-	-	-
67/68	87	21	4.600	-	-	-
68/69	35	19	500	-	-	-
69/70	464	24	32.000	7	14	200
70/71	144	43	640	4	-	7
71/72	72	19	50	-	-	-
72/73	198	61	3.250	5	7	49
73/74	202	7	275	-	-	8
74/75	599	45	78.600	50	95	197

Vergleichsweise wurden in der Schweiz in 20 Wintern von 1950/51 bis 1969/70 ca. 2550 ha Wald zerstört (BREU, 1972), d. s. im Mittel 120 ha/Jahr (und bei einer Bestockungsannahme von durchschnittlich 200 fm/ha etwa 24.000 fm/Jahr). Auf Grund der allein in 5 Katastrophenwintern aufgetretenen Schadholzmengen (mit dem Maximum 1950/51 mit 170.000 m³) errechnete FREY (1977) über einen Zeitraum von 28 Jahren (1946/47 bis 1973/74) eine durchschnittliche Schadholzmenge von 10.200 m³/Jahr. Dies erscheint zu gering, weil bereits im April 1975 nach IN DER GAND (1976) weitere 136.000 m³ anfielen. Damit steigt die durchschnittliche Schadholzmenge in der Schweiz im 29-jährigen Durchschnitt auf mindestens 14.500 m³/Jahr. Da aber auch in der Zeit zwischen den 5 Katastrophenwintern Schadholzmengen angefallen sein werden, dürften insgesamt in der Schweiz und in Österreich ähnliche Größenordnungen vorliegen.

Die wertmäßige Einschätzung der durch Lawinen verursachten Forstschäden erscheint im Hinblick auf Sekundär- und ökologische Folgeschäden schwierig. Ein Teil des anfallenden Schadholzes kann wohl verwendet werden, doch geht ein erheblicher Teil durch Bruch, oftmals auch durch Pilzbefall, bei längerer Lagerung etc. verloren. Neben Wertverlusten, etwa durch

Bruch, versteckte Faserrisse, Hiebsunreife, bzw. Zuwachsverlusten entstehen auch erhebliche Mehrkosten durch schwierige, zusätzliche und zeitungünstige Aufarbeitungen, Räumungen und Lieferungen, aber auch für zusätzliche Vorkehrungen etwa für den Forstschutz (Käferbefall, Windschutz), zum Schutz des Bodens gegen Erosion, letztlich aber auch gegen weitere Schnee- und Lawinenschäden. Die Kosten für Schneekriech- und -gleitsicherungen und Lawinenverbauungen sind z. B. in den Projektsgebieten "Patriasdorfer Hochwald" und "Schlaiten" noch relativ gering (ALTHALER, 1977), sie können jedoch mit zunehmender Anbruchfläche, vor allem ober der Waldgrenze, erheblich steigen. In letzteren Fällen unterliegen die Verbauungskosten möglicherweise bereits anderen Beurteilungskriterien (Wasserbautenförderungs-gesetz), so daß wertmäßige Überlegungen wohl nur für den Einzelfall angestellt werden können. Darüber hinaus sind auch die immer wieder auftretenden Jungwuchs- und Kulturschäden in Betracht zu ziehen. So vernichteten allein im Winter 1974/75 Lawinen Jungwüchse auf einer Fläche von insgesamt 50 ha und Forstkulturen auf einer gesamten Fläche von 95 ha.

Tabelle 2

Die Aufteilung der Forstschäden auf die einzelnen Bundesländer im Winter 1974/75.

Land	Lawinen	Holzsch. fm	Jungwuchs ha	Forstkult. ha	Weide ha	landw. Fläche ha
Vorarlberg	28	3055	2	-	0,8	13
Tirol	107	17130	22	2,5	4	13
Osttirol	57	6182	-	-	-	-
Salzburg	25	225	-	-	2,5	5,3
Kärnten	369	51780	26	92,6	109,8	49
Steiermark	13	200	-	-	-	-
Oberösterr.	3	-	-	-	-	-
Summe:	599	78572	50	95,1	117,1	80,3

Eine spezielle Auswertung, die eine Analyse der Abgangsursachen der Forstschadenslawinen im Winter 1969/70 umfaßt, ist in Tabelle 3 dargestellt. In diesem Winter verursachten von insgesamt 464 Schadenslawinen 159 Lawinen (d. s. 34 %) Forstschäden. Die Aufschlüsselung dieser Lawinen zeigt, daß die Forstschäden am häufigsten durch trockene (65 %) oder nasse (22 %) Lockerschneelawinen und nur selten durch trockene Schneebrettlawinen (5 %) verursacht wurden. Über 50 % dieser Lawinenabgänge wurden durch Neuschnee ausgelöst (Tabelle 3). Betrachtet man die Lawinenabbruchgebiete in bezug zur Waldgrenze, dann zeigt sich, daß die Lawinen in den Wintern:

1972/73 zu 78 % über der Waldgrenze,

1973/74 zu 61 % über der Waldgrenze,

1974/75 zu 64 % über der Waldgrenze, im Vorarlberger Katastrophenwinter 1953/54 jedoch hauptsächlich (zu 2/3) unterhalb der Waldgrenze abbrechen (BRANDTNER und KRASSER 1955, MERWALD 1975, 1978, folgende Winter in Arbeit)

Besondere Einzelereignisse

Für die gegenständliche Fragestellung sind neben summarischen Werten Schadensanalysen von Einzelereignissen besonders aufschlußreich. Zunächst einige für die Forstwirtschaft besonders schwerwiegende Schadensfälle.



Stschäden im Winter 1969/70

klassifizierb. Lawinenart Prozentanteil der Abgangsursachen

1	51
-	2,5
-	9
-	10
-	5
-	-
-	6
-	1
-	1,5
5	14
6 (4%)	100

chadenslawinenanteil (464 St)



Abb. 2: Die Ochsentallawine im Stubaital, Tirol, als Beispiel einer bis in das Tal reichenden Flächenlawine. Im Frühjahr 1975, und zwar am 19. März und vor allem am 5. April betrug der Forstschaden 650 fm Altholz, die von einer Fläche von etwa 3 Hektar mitgerissen wurden



Abb. 3 und 4: Die Lubitzgrabenlawine in Mallnitz, Kärnten, nach dem 31. März 1975. Blick von der Lawinenbahn aufwärts in das Abbruchgebiet und abwärts auf das Ausschüttungsgebiet (siehe Text).

Ausmaß abgegangen sein (KRONFELLNER-KRAUS, 1951).

Im Jahre 1975 zerstörte die Lubitzgrabenlawine bei Mallnitz eine neugebaute Feriensiedlung und tötete in dieser 8 Urlauber. Bereits im Jahre 1960 war hier eine Lawine aufgetreten und hatte schon damals einen Katastropheneinsatz verursacht. Im Grabenverlauf wird der in die Lawinenbahn vordringende Wald periodisch mitgerissen (siehe Abb.3 und 4).

Bisher größter bekannter Waldschaden:

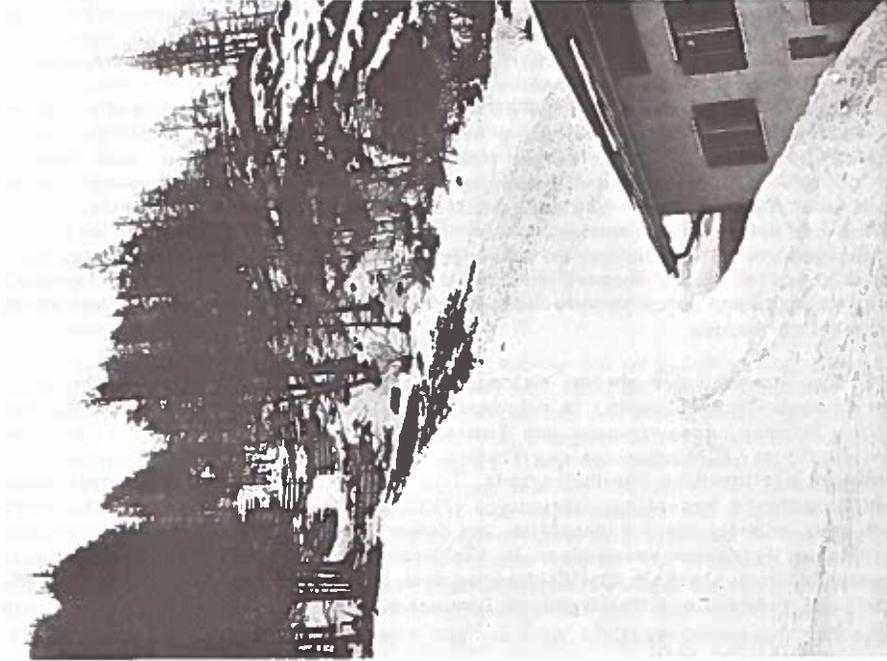
Die Lawine, die den bisher größten bekannt gewordenen Waldschaden verursachte, dürfte die Vinadi-Lawine im Unterengadin an der schweizerisch-österreichischen Grenze gewesen sein. Sie brach am 18.2.1962 von der OSO-Flanke des Piz Mundin und des Piz Alpetta ab und ergoß sich in drei Armen bis über den Inn (so daß sogar noch auf österreichischem Gebiet etwas Waldschaden entstand). Ein 130-jähriger Hochwald mit 23:500 fm wurde auf einer Fläche von knapp 100 ha vollkommen zerstört, während die Gesamtfläche der Lawine etwa 5,5 km² betrug (BREU, 1972; IN DER GAND, 1976).

AKTUELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER WALDLAWINEN

Die wiederholten Lawinenforstschäden und die Frage, ob diese Schäden als unabwendbares Übel hingenommen werden müssen oder aber vermeidbar sind, haben die Diskussion über die Schutzwirkungen des Waldes wieder aufleben lassen. Dabei haben die zahlreichen Schadensfälle die Rolle des Waldes beim Lawinenschutz bestätigt, wie sie bereits zahlreiche Autoren, wie RICHTER, 1955, 1959; de QUERVAIN, 1968 und neuerdings IN DER GAND, 1976 und FREY, 1977, ausführlich beschrieben haben. Demnach liegt die schützende Wirkung des Waldes vor allem in der Verhinderung der Lawinenbildung im Walde selbst. Großflächig gesehen kommt im Walde im Vergleich zum Freiland der Schnee gleichmäßiger verteilt und infolge der Schneeinterception (der teilweisen Zurückhaltung in und Verdunstung von den Baumkronen) in geringerer Höhe zur Ablagerung. Kleinflächig ist die Schneeablagerung im Walde im Vergleich zum Freiland jedoch ungleichmäßiger und örtlich verfestigt (wenig Schnee beim Stamm, verfestigter Schneewall im äußeren Traufbereich der Baumkronen). Infolge der ausgeglicheneren Strahlung-, Temperatur- und abgeschirmten Windverhältnisse wird im Walde auch die Schwimmschnee-, Oberflächenreif- und Packschneeabildung vermindert oder überhaupt verhindert. Diese Wirkungen sind naturgemäß je nach Baumarten sehr verschieden (immergrüne Nadel- oder sommergrüne Laub- und Lärchenwälder) und auf den engsten Baumkronenbereich beschränkt. In einem engen, Dezimeter- bis maximal Meterbereich können Waldbäume auch dazu beitragen, Festschneedecken bzw. potentielle Schneebretter abzustützen. Weicher Neuschnee bleibt jedoch zwischen den Bäumen weitgehend und Lockerschnee völlig ungestützt. Wie die Tabelle 3 zeigt, überwiegen im Wald deshalb auch die Lockerschneelawinen. Die Waldwirkung kann allerdings auch negativ sein, weil im Windschatten des Waldes an Waldrändern, Schlagflächen oder Blößen vergleichsweise mehr Schnee als auf Freiland abgelagert wird oder weil der von den Baumkronen abfallende Schnee Lockerschneelawinen auslösen kann. Gegen einmal abgebrochene Lawinen ist die Schutzwirkung des Waldes jedoch beschränkt. Während kleinere Schneerutschungen noch aufgehalten werden können, wird der Wald von ober ihm abbrechenden Lawinen in deren Bahnen immer wieder geworfen bzw. zerstört.

Nachdem also die schützende Wirkung des Waldes vor allem in der Verhinderung der Lawinenbildung auf eigener Fläche liegt, ist der beste Schutz von dichten, geschlossenen und auf lange Sicht mehrstufigen Wäldern zu erwarten. Zu diesem Zwecke soll der Wald einen entsprechenden Jungwuchs enthalten und rechtzeitig erneuert werden. Dazu sind Eingriffe notwendig, wobei jedoch die Schlag- und Verjüngungsflächen im Hinblick auf die mögliche Lawinenbildung nicht zu groß sein dürfen. Aus den bei Lawinen auftretenden Angriffskräften und aus der Widerstandskraft älterer Verjüngungen, bzw. an diesen beobachteten Schäden lassen sich die örtlich zulässigen Freiflächengrößen rückrechnen. Nachdem eine abgleitende Schneeschicht schon nach sehr kurzer Anlaufstrecke etwa nach 25- bis 40-facher Fließhöhe 80 bis 90 % der Endgeschwindigkeit erreicht (VOELLMY, 1955; SALM, 1972) und die Fließhöhe im Walde mit der Anlauf- oder einer 1-Meter-Neuschneehöhe gleichgesetzt werden kann, emp-

zieht IN DER GAND (1976) auf Grund umfangreicher Schadenserhebungen, periodische Freiflächen in der Falllinie mit maximal 40 m und in der Schichtlinie mit 80 m zu beschränken. AULITZKY und MAYER (1976) schlagen demgegenüber engere Grenzen (20 m in der Falllinie)



961 brach in Heiligenblut, Kärnten, aus einer, in einem schüttereren Lärchenwald Mulde ein Schneebrett ab. Es beschädigte das Wohn- und Geschäftshaus Pichler Beispiel dafür, daß der Wald nur bei einem entsprechenden Aufbau seine Schutz- und ganz erfüllen kann. Rechtes Bild nach der Verbaugung.

- + Intensification of checks and examinations of snow and avalanche damage in forests in order to be able to implement protective measures in good time;
- + Corresponding extension and improvement of the avalanche recording system, more precise accounts of damage in the monthly situation reports (listed according to the various avalanche and erosion phenomena);
- + Avalanche theory as an additional subject in the training of rangers and an increase in the number of rangers employed in certain regions.

LITERATUR

- ALTHALER J., 1977: Exkursionsführung in die Projekts-Gebiete "Patriasdorfer Hochwald" und "Schlaiten", 11. Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Hochlagenaufforstung und Schutzwalderhaltung in Lienz vom 5. - 7. Oktober 1977.
- ARMSTRONG B.R., 1976: Century of struggle against snow: A history of avalanche hazard in San Juan County, Colorado. Occasional Pap. 18, Univ. Colorado, Inst. Arct. Alp. Res., Boulder/Colorado.
- AULITZKY H. und MAYER H., 1976: Zur Ableitung der zweckmäßigsten Verjüngungsflächen-größe im Lärchen- und Zirbenschutzwald. Proc. Congr. Group 1, XVI. IUFRO-World-Congr. Oslo, Norway. Inst. Waldbau, Univ. Bodenkult., Wien, 123 - 138.
- BAUER H., 1977: Lawinenunfälle in den österr. Alpen im Winter 1976/77. In: Für die Sicherheit im Bergland. Jb. des Österr. Kurat. f. Alpine Sicherheit, Wien.
- BRANDTNER W. und KRASSER L., 1955: Der Lawinenwinter 1953/54 in Vorarlberg. Ms., 175 Seiten.
- BREU K., 1972: Lawinenschäden. In: Lawinenschutz in der Schweiz. Beih. 9 zum Bündnerwald, S. 7 - 14
- EISLF = Eidgen. Inst. Schnee- und Lawinenforsch., 1936/37 - 1974/75: Winterberichte 1 - 39. Davos-Weißfluhjoch.
- FIEBIGER G., 1975: Lawinen aus dem Walde. Allg. Forstztg. 86, 330 - 331.
- FLAIG W., 1955: Lawinen. Brockhaus, Wiesbaden, 251 Seiten.
- FREY W., 1977: Wechselseitige Beziehungen zwischen Schnee und Pflanze. Eine Zusammenstellung anhand von Literatur. Mitt. d. Eidg. Inst. f. Schnee-u. Lawinenforsch. Nr. 34.
- GADENZ K., 1951: Der weiße Tod in den Wäldern Salzburgs. Allg. Forstztg. 62, 79 - 80.
- IN DER GAND H. R., 1968: Neue Erkenntnisse über das Schneegleiten. Schweiz. Bau-Ztg. 86, 3 - 7.
- IN DER GAND H. R., 1976: Waldschäden der Lawinenkatastrophe April 1975 in den Schweizer Alpen. In: Beiträge zur Wildbach- und Lawinen-Forsch., Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst., Wien, 115, 127 - 150.
- IN DER GAND H. R., 1976: Wald als Lawinenschutz. XVI. IUFRO-World-Congress, Oslo, Congress Group 3 (Ms. 17 S in Druck).
- GAYL A., 1972 - 1976: (Verschiedene, jährliche Berichte über) Lawinenunfälle in den österr. Alpen, Winter 1971/72 - 1975/76: In: Für die Sicherheit im Bergland. Jb. des Österr. Kurat. f. Alpine Sicherheit, Wien.
- HANAUSEK E., 1975: Wildbach- und Lawinenschutz in Tirol. Abschn. 1, 7 in: Hochwasser- und Lawinenschutz in Tirol, S. 108-128, Land Tirol, Rauch-Druck, Innsbruck.
- JEGLITSCH F., JELEM H., KILIAN W., KRONFELLNER-KRAUS G., NEUWINGER I., NOISTERNIG H. und STERN R., 1975: Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Trattenbach. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, H. 112.

- KRONFELLNER-KRAUS G., 1951: Weiße Wand Lahn in Heiligenblut, Allg. Forst-Ztg. 62, S. 172.
- LAATSCH W., 1976: Lawinen im Waldbereich der bayerischen Alpen. Vortrag im Arb.-Kreis Eis, Schnee und Lawinen der Österr. Ges. Geomechanik, am 3. Dez. in Salzburg.
- MERWALD I., 1970; 1971, 1974, 1978: Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich, Winter 1967/68 und 1968/69, Winter 1969/70, sowie 1970/71 und 1971/72. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, H. 87, 95, 104, 123.
- MERWALD I., 1975: Die Schadenslawinen in Österreich 1972/73 und 1973/74 und ihre Abbruchgebiete, Informationsdienst 159. Folge, Dezember 1975, Wien.
- NOISTERNIG H., 1975: Das Projekt Trattenbach 1972 - Vorbeugende Maßnahmen. Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. Wien, 112, 143 - 158.
- DE QUERVAIN M., 1968: Die Rolle des Waldes beim Lawinenschutz. Schweiz. Z. Forstwes. 119, 393 - 399.
- RICHTER H., 1955: Wald und Lawinen. Centralbl. f. d. ges. Forstwes. 74, 147 - 156.
- RICHTER H., 1959: Wald und Lawinen. In: Mitteilungen des Arbeitskreises "Wald und Wasser", Selbstverlag, Koblenz, Heft Nr. 3, S. 70 - 75.
- SALM B., 1972: Grundlagen des Lawinenverbaues. In: Lawinenschutz in der Schweiz, Beiheft Nr. 9 zum Bündnerwald, Dezember 1972, S. 67 - 81.
- VOELLMY A., 1955: Über die Zerstörungskraft von Lawinen. Schweiz. Bauzeitung, 73. Jg., S. 159 - 165, 212 - 217, 246 - 249 und 280 - 285.
- WAGNER O.: Beitrag zur Geschichte der Lawinenkatastrophen in Vorarlberg. Ms. 277 Seiten.
- ZAWORKA J.: Lawinen bedrohen Bleiberg. Ms. 12 Seiten.

Aus dem Publikationsverzeichnis der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT
WIEN

Heft Nr.

- 95 Merwald Ingo: "Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich" Winter 1969/70
(1971) Preis ö.S. 140.-
- 96 "Hochlagenaufforstung in Forschung und Praxis"
(1972) 2. Arbeitstagung über subalpine Waldforschung und Praxis
Innsbruck - Igls, 13. und 14. Oktober 1970
Preis ö.S. 240.-
- 97/I "Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume"
(1972) VII. Internationale Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachverständiger, Essen-BRD, 7.-11. September 1970. Band 1
Preis ö.S. 300.-
- 97/II "Wirkungen von Luftverunreinigungen auf Waldbäume"
(1972) VII. Internationale Arbeitstagung Forstlicher Rauchschadensachverständiger, Essen-BRD, 7.-11. September 1970. Band 2
Preis ö.S. 300.-
- 98 Czell Anna: "Wasserhaushaltsmessungen in subalpinen Böden"
(1972) Preis ö.S. 120.-
- 99 Zednik Friedrich: "Aufforstungen in ariden Gebieten"
(1972) Preis ö.S. 100.-
- 100 Eckhart Günther, Rachoy Werner: "Waldbauliche Beispiele aus Tannen-Mischwäldern in Oberösterreich, Tirol und Vorarlberg"
(1973) Preis ö.S. 200.-
- 101 Zukrigl Kurt: "Montane und subalpine Waldgesellschaften am Alpenostrand"
(1973) Preis ö.S. 400.-
- 102 "Kolloquium über Wildbachsperrungen"
(1973) Tagung, der IUFRO Fachgruppe S1.04-EFC/FAO/Arbeitsgruppe, Wien 1972
Preis ö.S. 400.-

Heft Nr. .

- 103/I "Österreichische Forstinventur 1961/70, Zehnjahres-Ergebnisse für
(1973) das Bundesgebiet," Band I
Preis ö.S. 120.-
- 103/II "Österreichische Forstinventur 1961/70, Zehnjahres-Ergebnisse für
(1974) das Bundesgebiet," Band II
Preis ö.S. 220.-
- 104 Merwald Ingo: "Lawineneignisse und Witterungsablauf in Öster-
(1974) reich"
Winter 1970/71 und 71/72
Preis ö.S. 120.-
- 105 "Beiträge zur Zuwachsforschung." (2)
(1974) Arbeitsgruppe S4.01-02 "Zuwachsbestimmung" der IUFRO
Preis ö.S. 100.-
- 106 "Geschichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt und ihrer
(1974) Institute."
Preis ö.S. 260.-
- 107 Bein Otmar: "Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsan-
(1974) stalt 1874 - 1973"
Preis ö.S. 250.-
- 108 "Beiträge zur Forsteinrichtung"
(1974) IUFRO-Fachgruppe S 4.04 Forsteinrichtung
Preis ö.S. 120.-
- 109 Jelem Helmut: "Die Auwälder der Donau in Österreich" Beilagen
(1974) (Band 109 B)
Preis ö.S. 360.-
- 110 "Zur Massenvermehrung der Nonne (*Lymantria monacha* L.) im
(1975) Waldviertel 1964-1967 und der weiteren Entwicklung bis 1973"
Preis ö.S. 120.-
- 111 Jelem Helmut, Kilian Walter: "Wälder und Standorte am steiri-
(1975) schen Alpenostrand (Wuchsraum 18)" Beilagen (Band 111 B)
Preis ö.S. 250.-
- 112 Jeglitsch Friedrich, Jelem Helmut, Kilian Walter, Kron-
(1975) fellner-Kraus Gottfried, Neuwinger Irmentraud, Noister-
nig Heinrich und Stern Roland:
"Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Trattenbach"
Preis ö.S. 250.-

Heft Nr.

- 113 Jelem Helmut: "Marchauen in Niederösterreich"
(1975) Preis ö.S. 120.-
- 114 Jeglitsch Friedrich: "Hochwässer, Muren, Rutschungen und Felsstürze in Österreich 1971 - 1973"
(1976) Preis ö.S. 130
- 115 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung"
(1976) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 200.--
- 116 Eckhart Günther: "Grundlagen zur waldbaulichen Beurteilung der Wälder in den Wuchsbezirken Österreichs"
(1976) Preis ö.S. 160.-
- 117 Jelem Helmut: "Die Wälder im Mühl- und Waldviertel", Wuchsraum 1
(1976) Beilagen (Band 117 B)
Preis ö.S. 250.-
- 118 Killian Herbert: "Die 100-Jahrfeier der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien"
(1977) Preis ö.S. 200.-
- 119 Schedl Karl E.: "Die Scolytidae und Platypodidae Madagaskars und einiger naheliegender Inselgruppen"
(1977) Preis ö.S. 330.-
- 120 "Beiträge zur Zuwachsforschung"(3)
(1977) Arbeitsgruppe S4.01-02 "Zuwachsbestimmung" der IUFRO
Preis ö.S. 100.-
- 121 Müller Ferdinand: "Die Waldgesellschaften und Standorte des Sengengebirges und der Mollner Voralpen (OÖ)"
(1977) Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen im Wuchsraum 10 (Nördliche Kalkalpen, Westteil)
Preis ö.S. 300.-
- 122 Margl Hermann, Meister Karl, Smidt Leendert, Stagl Wolfgang-Gregor und Wenter Wolfgang:
(1977) "Beiträge zu Frage der Wildstandsbewirtschaftung"
Preis ö.S. 150.-
- 123 Merwald Ingo: "Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich" Winter 1972/73 und 1973/74
(1978) Preis ö.S. 200.-

Heft Nr.

- 124 "Die Waldpflege in der Mehrzweckforstwirtschaft"
(1978) IUFRO-Abteilung I - Forstliche Umwelt und Waldbau
Preis ö.S. 340.-
- 125 "Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung" (2)
(1978) IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen
Preis ö.S. 200.-
- 126 Jeleem Helmut: "Waldgebiete in den österreichischen Südalpen",
(1979) Wuchsraum 17
Beilagen (Rolle)
Preis ö.S. 300.-
- 127 "Pests and Diseases / Krankheiten und Schädlinge / Maladies et
(1979) Parasites"
International Poplar Commission (IPC/FAO)
XX. Meeting of the Working Group on Diseases
Preis ö.S. 150.-
- 128 Glatte Friedl: "Dünnschichtchromatographische und mikrobiologische
(1979) Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Düngung
und Pilzwachstum am Beispiel einiger Pappelklone"
Preis ö.S. 100.-
- 129 "Beiträge zur subalpinen Waldforschung"
(1980) 2. Folge
Preis ö.S. 200.-
- 130 "Zuwachs des Einzelbaumes und Bestandesentwicklung"
(1980) Gemeinsame Sitzung der Arbeitsgruppen S 4.01-02 "Zuwachsbestimmung" und S 4.02-03 "Folgeinventuren". 10.-14. Sept. 1979 in Wien.
Preis ö.S. 300.-
- 131 "Beiträge zur Rauchsadenssituation in Österreich"
(1980) IUFRO Fachgruppe S 2.09-00.
XI. Internationale Arbeitstagung forstlicher Rauchsadenssachverständiger-Exkursion. 1.-6. Sept. 1980 in Graz, Österreich
Preis ö.S. 300.-