

ZUM NÄHRSTOFFHAUSHALT IN VEGETATIONSEINHEITEN DER
SUBALPINEN ENTWALDUNGSZONE

On the nutrient budget in different vegetation in
the deforested subalpine zone

De l'économie des substances nutritives de la
végétation dans la zone subalpine déboisée

О запасах питательных веществ в вегетационных типах
субальпийской зоны обезлесения

von

Irmentraud NEUWINGER

Anschrift des Verfassers:

Dr. Irmentraud NEUWINGER

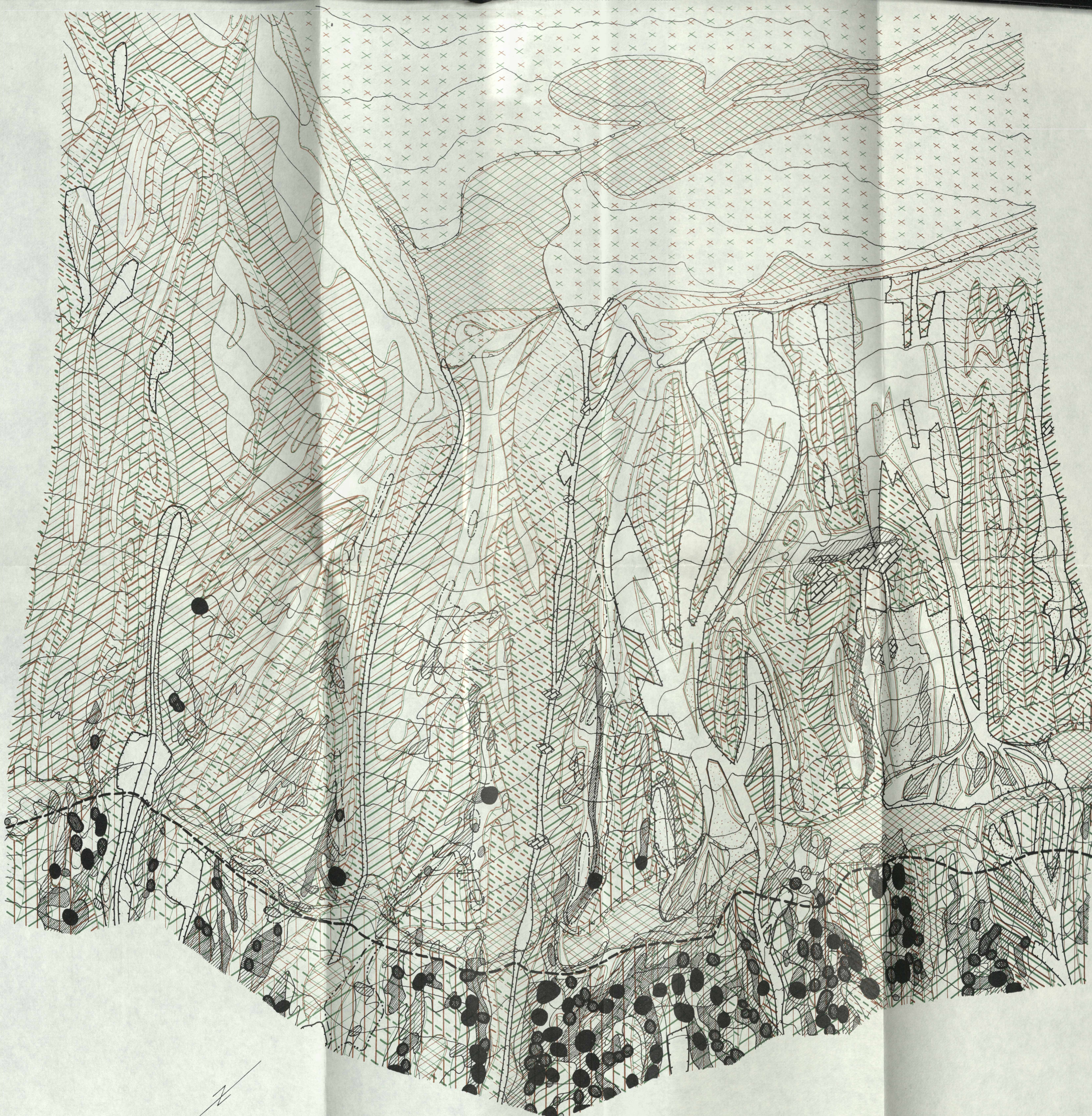
Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Außenstelle für subalpine Waldforschung in Innsbruck

Bodenkundliches Labor

Langgasse 64

A-6460 Imst



Gelände

- 1
- 2
- 3
- 4

Gehölz

- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11

Bodentypen

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12

Vegetation

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

wird, abgesehen von den großen Klimaschwankungen, hauptsächlich durch ihre wechselseitigen Beziehungen, das Kleinklima, menschliche Nutzung und Erosionen beeinflusst. Man sieht in den oberen Kreisen des Schemas drei große Gruppen von Boden- und Vegetationseinheiten: Zirbenwald und dichte Zwergstrauchheiden auf Rohhumusböden (Eisenpodsol und Eisenhumuspodsol); Fichtenwald, schütterere Zwergstrauchheiden und Rasen auf Moderböden (Rasen-Eisenpodsole und Semipodsole, d.h. in diesem Fall durch Erosion und Beweidung sowie durch Zunahme des Wärmegenusses entstandene sekundäre Podsolige Braunerden oder "Alpweide - Braunerden"), schließlich Lärchenwälder und Pioniervegetation auf Anfangsbodenbildungen. Diese drei Hauptgruppen wurden bei Kartierungsarbeiten festgestellt (I. NEUWINGER und A. CZELL 1963, 1964) und von der Verfasserin wurde auf Grund dieser und weiterer Beobachtungen ein Schlüssel für Praktiker ausgearbeitet, um die Einheiten im Gelände leicht auffinden zu können (I. NEUWINGER 1963 und 1965). Auf allen Bodenformen kann man Wald und natürliche Verjüngung finden; die Aufforstungen dagegen sind nicht immer zufriedenstellend. Die Zirben und vor allem die Fichten kümmern oft jahrelang, nur ein geringer Prozentsatz wird oft erst nach Jahrzehnten wüchsig. Die Lärchenaufforstungen gelingen augenscheinlich besser. Welche Gründe man für diese widersprechenden Erscheinungen finden kann, wird im nächsten Kapitel näher untersucht.

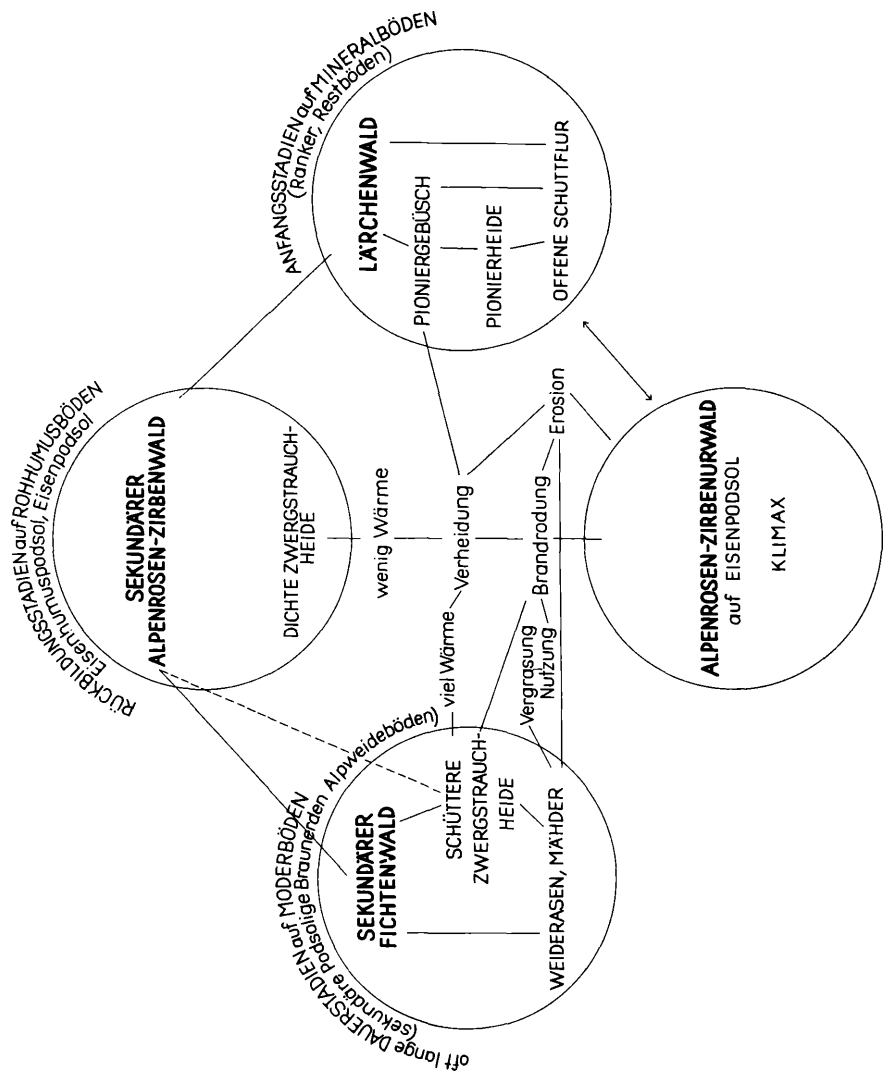
2. WIE EIGNEN SICH DIE BÖDEN DER ZENTRALALPINEN ENTWALDUNGSZONE FÜR AUFFORSTUNGEN

NÄHRSTOFFFANGEBOT UND STOFFPRODUKTION

Es soll hier versucht werden, durch vergleichende Untersuchungen von Nährstoffangebot der Böden und Stoffproduktion der Vegetationseinheiten etwas über die forstliche Eignung der Standortseinheiten auszusagen; bezüglich der bodenbiologischen Eignung, die eng mit dem Nährstoffhaushalt zusammenhängt, wird auf die Arbeiten der Kollegen F. GÖBL und M. MOSER im gleichen Band verwiesen.

Untersuchungsbereich

Die Untersuchungen konzentrierten sich auf Vergleiche zwischen den Einheiten der dichten Heiden, die sich im Wald-Regenerationsstadium befinden und der schütterten Heiden, die vielfach waldlose Dauerstadien darstellen. Die Farbtafel zeigt je ein Vegetations- und Bodenbild schütterer und dichter Alpenrosenheide. Die schütterere Alpenrosenheide hat als zugehörige Vegetationsform einen Semipodsol



ENTSTEHUNG von VEGETATIONS- und BODENFORMEN an der ZENTRALALPINEN WALDGRENZE

Abb. 1

(Abb. 6 a, rechts daneben), den KUBIENA als sekundäre podsolige Braunerde, PALLMANN als Alpweide-Braunerde bezeichnet. Wie weit die Bezeichnungen Semipodsol und podsolige Braunerde zu Recht hier angewendet werden, sei zur Diskussion gestellt. Professor W. LAATSCH ist der Ansicht, daß PALLMANNs Bezeichnung am eindeutigsten sei (mündliche Mitteilung während einer Exkursion im Gurgler Untersuchungsbereich). Herrn Professor LAATSCH verdanken wir auch den Hinweis auf den bodenbildenden Einfluß steter kleiner Erosionen im Weidegebiet, die zusammen mit zunehmender Erwärmung nach der Entwaldung die Entstehung eines braunerdeähnlichen Humushorizontes bewirkten (anthropogene Erosionsböden sind nicht nur im Alpengebiet zu finden, sondern sind weltweit verbreitet).

Bei näherer Untersuchung des Humushorizontes findet man einen sehr seichten rezenten A_H -Horizont und darunter einen durchschnittlich 20–30 cm mächtigen Erosionshorizont, in dem Spuren von Bleichsand, Brandreste und ursprünglichem A_H mit mineralischem Material aus tieferen Horizonten vermischt sind. Er sitzt einem B-Horizont auf, der vermutlich den ursprünglichen und weitergebildeten B-Horizont darstellt, der zu einem Eisenpodsol gehörte. Im Bild ist seine Farbe etwas zu rot wiedergegeben, er ist in der Natur rötlichocker. Der Humus-Erosionshorizont ist der Hauptwurzelhorizont der schütterten Heide und sehr verschieden vom Hauptwurzelhorizont der dichten Heide (Abb. 7) unten links, auf Eisenhumuspodsol 7a rechts daneben); hier findet man die stärkste Durchwurzelung im A_F - und A_H -Horizont, die beide ungestört sind. Erosions- und Brandspuren findet man im Bereich der A_E - und B_h -Horizonte. Da die beiden Einheiten dicht nebeneinander liegen, die dichte Alpenrosenheide am NE-Hang und die schütterte am SW-Hang der Beer Rinne im Stationsgebiet Gurgl, so kann man annehmen, daß beide Einheiten vom letzten Brand gleichzeitig betroffen wurden und sich seither die Verschiedenheit der Humushorizonte entwickelt hat.

In die Untersuchungen wurden noch Vegetations- und Bodeneinheiten der Beerenheiden, der Flechten- und Spalierheiden einbezogen, sowie ein Waldstück von 400 m² in 1900 m Höhe mit dichter Alpenrosenheide als Unterwuchs eines Baumbestandes von sechs etwa hundertjährigen, drei rund vierzigjährigen, vier zwanzigjährigen und einer alten Kandelaberzirbe von mehr als zweihundert Jahren, deren Alter infolge Kernfäule im Stamm nicht mehr genau feststellbar ist.

Die Untersuchungen wurden im Frühjahr unmittelbar nach der Schneeschmelze, im Sommer zur Alpenrosenblüte und im Spätherbst und Frühwinter, als die Lärchennadeln kurz vor dem Abfallen waren, gemacht. Es wurde nicht das Datum, sondern die lokal wirkende Jahreszeit berücksichtigt, sodaß Frühjahrs- und Sommerproben einmal an einem Tag genommen werden konnten. Hauptgebiet war das Stationsgelände Obergurgl, daneben wurden fallweise Vergleichsproben aus dem Pitztal (Taschachalm und Neubergalm) und



Abb. 6 Oben links: Schütterer Alpenrosenheide

Abb. 6a Oben rechts: Semipodsol mit Erosionshorizont, der Alpweideboden nach PALLMANN

Abb. 7 Unten links: Dichte Alpenrosenheide

Abb. 7a Unten rechts: Eisenhumuspodsol

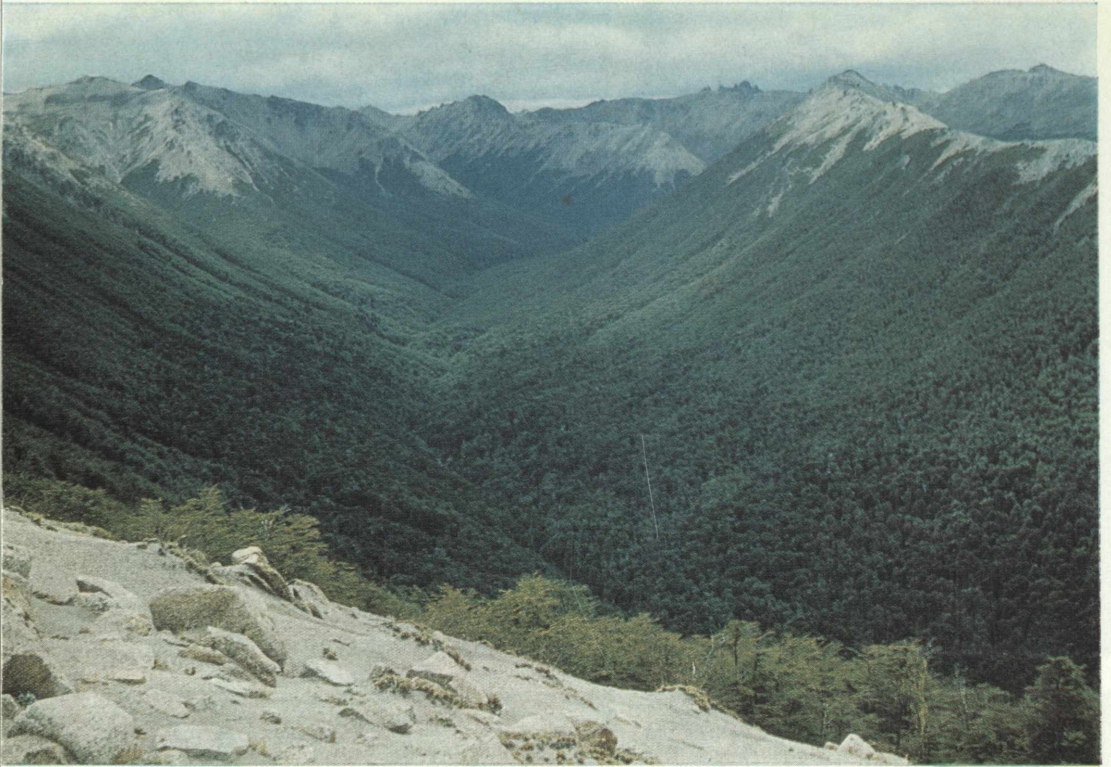


Abb. 8 Eine scharfe, natürliche Waldgrenze, gebildet durch einen geschlossenen Bestand der Patagonischen Bergbuche *Nothofagus pumilio* in Patagonien



Abb. 9 Die Grenzzone zwischen dem immergrünen und dem laubwerfenden *Nothofagus*-Wald bildet zugleich die ungefähre Obergrenze des Vordringens anektotropher Laubbäume

aus dem Zillertal (Gamssteingebiet) gewonnen.

An dieser Stelle sei unserem Laboranten GERHARD HEISS für die unentbehrliche Hilfe bei der mühevollen Probenbeschaffung und der Aufbereitung gedankt.

Probengewinnung und Aufbereitung

Es wurden Ziegel vom Boden bis zum B_h -Horizont einschließlich der Pflanzendecke entnommen. Die Größe richtete sich nach der Zusammensetzung der Vegetation und betrug zwischen 25 x 25 cm bei einheitlichen Rasen oder Spalier- und Flechtenheiden, bis 50 x 50 cm bei dichten und schütterten Alpenrosenheiden. Die Pflanzensprosse wurden am Wurzelhals abgetrennt, gewaschen, bei 110 °C getrocknet, gewogen, mit der Culattimühle zerkleinert, wieder getrocknet und analysiert. Daneben wurden im Herbst auch Einzelpflanzen genommen.

Im Waldbestand wurde ein Ziegel der Strauchschicht entnommen, sowie je zwei repräsentative Äste bei den Bäumen und je ein Stammbohrling. Die Äste der Bäume wurden gezählt, das Derbholz geschätzt und auf der Basis der entnommenen Proben die Gesamtmasse an Derbholz, Ästen und Nadeln berechnet. Kollegen Dipl.-Ing. H. KRONFUSS sei hier für seine Hilfe herzlich gedankt. Die Bodenziegel wurden horizontweise zerteilt, das Frischvolumen der Horizonte durch Ausmessen berechnet, die groben Wurzeln abgetrennt und der Boden luftgetrocknet, auf 2 mm gesiebt und horizontweise das Gewicht der lufttrockenen Feinerde pro Frischvolumseinheit berechnet. Die Analysenzahlen werden also bei den Pflanzen auf das Trockengewicht bezogen, beim Boden auf das lufttrockene Feinerdegewicht pro Frischvolumseinheit.

Die lockeren B-Horizonte wurden mit Literzylindern entnommen, dann wie oben weiterbehandelt.

Die Nährstoffe, die an tote organische Substanz gebunden sind, konnten bei dieser groben Methode nicht von jenen getrennt werden, die an lebende Mikroorganismen, z.B. Pilzwurzeln gebunden sind; sie fielen unter die "organische Masse" des Bodens.

Die verwendete Methode ist sehr grob und im Einzelnen sicher oft ungenau. Es ging mir aber darum, eine große Übersicht über die Nährstoffverhältnisse der Kartierungseinheiten zu gewinnen, und dafür geben die so gewonnenen Richtwerte brauchbare Vergleichszahlen.

Analysenmethoden

Die Pflanzenverfügbarkeit der Nährstoffe ist ein relativer Begriff; er muß für Kulturböden anders gefaßt werden als für Waldböden im allgemeinen und für die subalpinen Zirbenwuchsgebiete im besonderen.

Nach W. LAATSCH 1957 ist der Nährstoffhaushalt der Podsole bestimmt durch das weite C/N-Verhältnis, bei welchem der im Roh-

humus enthaltene Stickstoff hauptsächlich für den Aufbau von Mikroorganismensubstanz verwendet wird und für höhere Pflanzen eine "Stickstoffsperre" vorliegt. Auch die Phosphorsäure ist weitgehend an organische Substanz oder mit Eisen und Aluminium in Sesquioxidform gebunden und nicht frei verfügbar. Ebenso verhält es sich mit dem Basenanteil, der nur zu einem geringen Teil frei gelöst oder leicht austauschbar vorkommt, da die Streuzersetzung eine zwar stetige, aber sehr langsame Erneuerung des Basenanteils darstellt.

Es herrscht jedoch nur für die Kulturpflanzen Mangel an pflanzenverfügbaren Nährstoffen, die Rohhumuspflanzen haben die Sperre durch ihre Symbiose mit Wurzelpilzen überbrückt. Letztere können die Nährstoffe auch in einfacher organischer Bindung, wie sie bei der Zersetzung organischer Substanz auftreten (z. B. Aminosäuren) und durch Kontaktaustausch aufnehmen, z. B. Kali, Kalzium, Magnesium. Die Sesquioxidphosphate, die einen wesentlichen Anteil des Phosphorvorrates ausmachen, haben nach RATHJE (zitiert aus LAATSCH 1957) ihre geringste Löslichkeit zwischen pH 3 und 4. Es wäre meiner Meinung nach denkbar, daß sie in den B-Horizonten, die vielfach pH-Werte zwischen 4 und 5 aufweisen und in den A-Horizonten im Bereich von Mikroorganismen bei pH unter 3 in leichter löslicher Form zunächst von Mikroorganismen aufgenommen werden und dann in den Nährstoffkreislauf der höheren Pflanzen gelangen.

F. GÖBL (1966) fand in sorgfältig präparierten Mykorrhizen sehr hohe Anteile an Phosphor und Kali, die den Anteil dieser Nährstoffe in den Wurzeln und Sprossen der höheren Pflanzen um ein Vielfaches übertreffen. Demnach sind diese Pilzwurzeln die Nährstoffdepots der höheren Pflanzen. Es ist nach diesen Überlegungen verständlich, daß man zur Ermittlung des Nährstoffangebotes der Podsolböden nicht nur die in der Bodenlösung verfügbaren Nährstoffe, sondern auch die Reserven berücksichtigen muß.

Nach Ph. DUCHAUFOR 1965 gibt es drei Grade der Nährstoffverfügbarkeit:

1. Die leicht löslichen oder leicht austauschbaren;
2. Die "Reserven", die zur Zeit in schwer löslicher oder schwer austauschbarer Form vorliegen, aber im Verlauf der bodendynamischen Prozesse in absehbarer Zeit frei werden. Dazu gehören die Nährstoffe der Minerale, die einem Veränderungsprozeß unterliegen und solche, die schon freigesetzt waren, dann aber in schwer austauschbarer Form wieder "fixiert" wurden. Unter gewissen Bedingungen können auch sie wieder leichter austauschbar werden; dazu gehört z. B. das Kali in ton- oder kalkreichen Böden, dann die Nährstoffe in organischer Bindung, Phosphor in Eisen- und Aluminiumbindung.
3. Langfristig abbaubare Reserven: Elemente, die sehr schwer löslich an Komplexe gebunden sind und solche, die in nicht alternde Minerale eingeschlossen sind.

Vergleich von Trockensubstanzmengen der Pflanzendecke

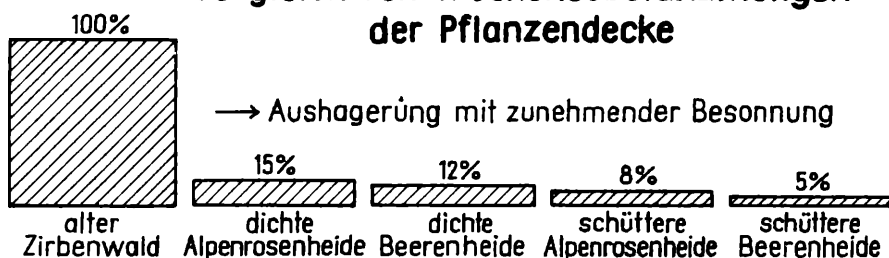


Abb. 2

Vergleich der Gesamt-Stickstoffwerte

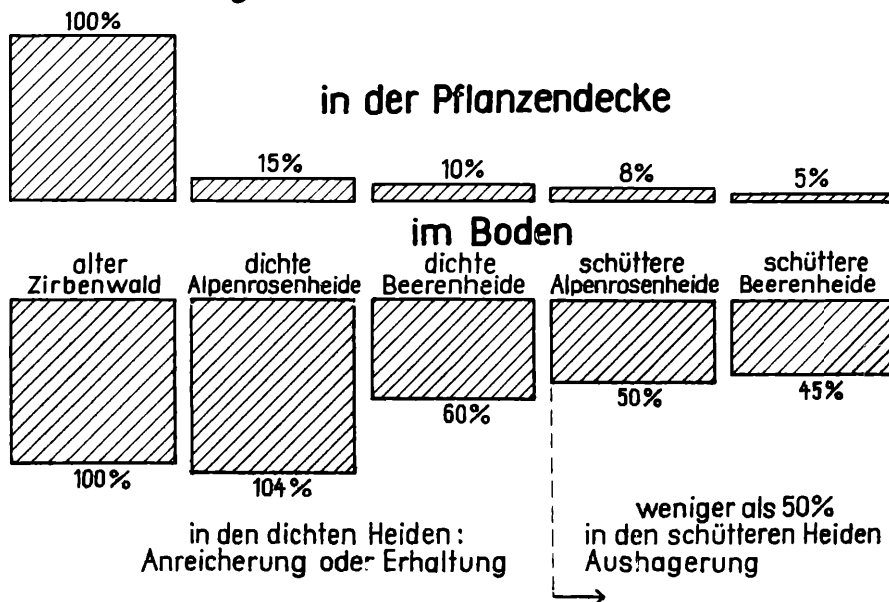


Abb. 3

Die Gruppe 1 sagt über den aktuellen Nährstoffzustand der Böden aus, die Gruppe 2 über den verfügbaren Vorrat, der bei Waldböden unbedingt berücksichtigt werden muß, die Gruppe 3, deren Umfang man nach Informationen über die Geologie des Gebietes abschätzen kann, über den langfristig verfügbaren Vorrat.

Für die vorliegende Studie wurden die Analysen auf die Nährstoffe der Gruppen 1 und 2 konzentriert. Der Hauptteil der Proben wurde daher für die Untersuchung von Phosphor, Kali, Kalzium, Magnesium und Mangan mit n/10 Salzsäure und für die Untersuchung von Phosphor außerdem noch mit n/10 Natronlauge behandelt. Stickstoff wurde als Gesamtstickstoff mit dem Mikroverbrennungsofen bestimmt. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 2 und 3 und in den Tabellen 1-6 zu sehen.

Arbeitsfolge für die Bodenanalysen

1 g lufttrockener Feinboden wird 2 mal in je 50 ml n/10 HCl 1/2 Stunde mit dem Magnetrührer gerührt, zentrifugiert und dekantiert. Die beiden Extrakte werden zusammengegossen, darin PO_4 mit der Molybdänblaumethode nach DUCHAUFOR 1965 (Reduktion mit Ascorbinsäure statt mit Zinnchlorür), K und Ca im Flammenphotometer Eppendorf, Mg mit Titangelb nach MAZOYER, Mn als Kaliumpermanganat nach WILDE und VOIGT, beide Methoden zitiert nach DUCHAUFOR 1965, bestimmt.

Der Rückstand der Salzsäureextraktion wird nun zweimal in oben beschriebener Weise mit n/10 NaOH extrahiert und aus den vereinten Extrakten nochmals PO_4 bestimmt.

Die Phosphorbestimmung erfolgt demnach im wesentlichen durch einfache fraktionierte Extraktion nach DUCHAUFOR 1965, nur wurde statt n/250 Schwefelsäure n/10 Salzsäure verwendet, da mit der stark verdünnten Schwefelsäure nur Spuren von Phosphor gefunden werden konnten. Im Schwefelsäureextrakt bekommt man die Kalziumphosphate, im Salzsäureextrakt dazu auch einen Teil der Sesquioxidphosphate, siehe Abbildungen 2 u. 3.

Im Natronlaugenextrakt erhält man die Sesquioxidphosphate, aber auch einen Anteil der organisch gebundenen Phosphate, siehe wiederum Abbildungen 2 u. 3.

Vergleichsweise zu dieser Schnellmethode wurde deshalb auch die Modifikation von W. MADL 1960 angewendet. Nach MADL ist auch bei der vielschichtig fraktionierten Extraktion nur 73,1 % \pm 25 der anorganisch gebundenen Phosphorsäure extrahierbar.

Arbeitsfolge für die Pflanzenanalysen

Eine Mischprobe der mit der Culattimühle fein zermahlenen Pflanzenproben werden bei 110 °C nochmals getrocknet und mit konzentrierter Schwefelsäure und Perhydrol naßaufgeschlossen. Die Kenntnis

der Methode verdanke ich Herrn Professor DUCHAUFOR, der mir die Arbeitsvorschrift des Bodenkundlichen Laboratoriums der Station des Recherches et Expériences Nancy zur Verfügung stellte. Ich möchte hier Herrn Professor DUCHAUFOR bestens für die freundliche Anteilnahme an meiner Arbeit und die liebenswürdige Aufnahme in seinem Laboratorium danken.

Im Aufschluß wurden Phosphor mit der Molybdänblaumethode, Magnesium mit Titangelb, Mangan als Kaliumpermanganat im Photometer Eppendorf, Kali und Kalzium im Flammenphotometer bestimmt.

DISKUSSION DER ERGEBNISSE

NÄHRSTOFFVORRAT IN DEN UNTERSCHIEDENEN BODENFORMEN

Es zeigt sich, daß der Stickstoff vorwiegend in organischer Form vorrätig ist, denn die höchsten Stickstoffwerte werden in den A-Horizonten der humusreichsten Podsole gefunden. Bezüglich der Humuswerte wird auf die Analysen in I. NEUWINGER und A. CZELL 1959 verwiesen. Es zeigt sich demnach eine deutliche Abnahme des Stickstoffgehaltes mit der Profiltiefe. Eine weitere Folgeerscheinung ist die Abnahme des Stickstoffgehaltes in der Bodenreihe: tiefgründige Eisen- und Eisenhumuspodsole - flachgründige Eisenhumuspodsole - tiefgründige podsolige Braunerden - flachgründige podsolige Braunerden - braune Ranker - Restböden - graue Ranker.

Phosphorsäure: MADL (1960) fand in oberbayerischen Moränenböden nur 26 % der extrahierbaren anorganischen Phosphorsäure im Oberboden, der Rest war im Unterboden akkumuliert.

In den vorliegenden Proben fanden sich zwei Akkumulationszentren: In den A-Horizonten ist sie vorwiegend organisch gebunden. Hier kann man wie beim Stickstoff eine Abnahme der organischen Phosphoranteile in den A-Horizonten der Bodenreihe von tiefgründigen Eisen- und Eisenhumuspodsolon über flachgründige Eisenhumuspodsole zu tiefgründigen podsoligen Braunerden und flachgründigen podsoligen Braunerden verfolgen. Das zweite Sammelzentrum der Phosphorsäure sind die Illuvialhorizonte, wo sie in Form von Eisen- und Aluminiumverbindungen gespeichert wird. Da diese Formen schwer beweglich sind, finden sie sich auch noch in erodierten Resten von Podsolon, die bis auf die B-Horizonte abgetragen sind.

Wenn man das Verhältnis von Gesamtstickstoff zu extrahierbarer Phosphorsäure im Wurzelraum der einzelnen Bodenformen betrachtet, so erkennt man eine deutliche Verschiebung in der Reihe von ausgeprägten Podsolon zu podsoligen Braunerden: Während bei den ersteren das Verhältnis $N : PO_4$ wie rund 10 : 1 ist, ist es in den podsoligen Braunerden je nach dem Erosionsgrad der Subvarietät 2 : 5 : 1.

Kali ist in den Ötztaler Untersuchungsgebieten reichlich vorhanden, dagegen wurde in den Tuxer Voralpen stellenweise Kaliarmut

angetroffen, besonders in Böden über Quarzphyllit. Kali zeigt ein kleines Anreicherungszenrum in den A-Horizonten, ein größeres wurde vielfach in den Illuvialhorizonten der podsoligen Braunerden festgestellt.

Kalzium findet sich ebenfalls in den A-Horizonten angereichert, besonders im Bereich von Wacholderstreu (*Juniperus nana*). Magnesium ist - den kalkarmen Gesteinen entsprechend - wenig vorhanden, dagegen ist Mangan so reichlich anzutreffen, daß man es vor allem im Bereich der podsoligen Braunerden als Makroelement ansprechen könnte; ROUSSEAU 1959 fand in den Vogesen Mangananreicherung in den Humushorizonten sonnexponierter Standorte und vermutete Giftwirkung auf junge Pflanzen.

DIE STOFFPRODUKTION

Die Stoffproduktion nimmt vom Alpenrosen-Zirbenwald über die dichten Alpenrosen- und Beerenheiden zu den schütterten Alpenrosen- und Beerenheiden laufend ab und erreicht ihr Minimum in den Nardeten, den Windblößenheiden, Pionierheiden und offenen Schuttfuren. Für die nachstehenden Kartierungseinheiten wurde annähernd das Trockengewicht der Pflanzensprosse in Gramm pro Quadratmeter errechnet und dabei folgendes Verhältnis bekommen: es verhält sich die Pflanzenmasse von Alpenrosen-Zirbenwald dichter Alpenrosenheide schütterer Alpenrosenheide Bürstlingrasen wie 100 - 200 : 15 7 1. Die Analysendaten, welche durch die Pflanzenuntersuchungen gewonnen wurden, sind jetzt nur als grobe Anhaltspunkte zu werten; es wäre wichtig, noch Untersuchungen nach dem Vegetationsrhythmus bei den einzelnen Arten zu machen. Vorläufig wurde beobachtet, daß die Pflanzen der schütterten Heiden einen größeren Mineralstoffgehalt aufweisen als die Pflanzen der dichten Heiden. Sie scheinen besonders Kali, Kalzium und Mangan in größeren Mengen zu enthalten als die Pflanzen der dichten Heiden. Bei *Juniperus nana* fällt der Kalziumreichtum der Nadeln im Vergleich zum Kalziumgehalt des Unterbodens auf. Beim Vergleich der Gesamtmassen der dichten und der schütterten Heiden fällt der Unterschied bei den Nährstoffanteilen nicht mehr auf, da die Unterschiede in der Pflanzendichte ausgleichend wirken. Weiters wurde beobachtet, daß junge Lärchentriebe nahezu doppelt so viel Stickstoff als junge, gleichaltrige Zirbentriebe enthalten. Auch die Streu der Lärchen ist noch beachtlich reich an Nährstoffen. Nach S. W. SONN 1960 bewirkt die Lärche eine Verbesserung der Bodeneigenschaften durch die Akkumulation von Aschenbestandteilen im Oberboden. Da die Lärche auf erodierten Bodenformen und Rankern ihr Optimum hat, ist sie demnach als Pionierholz und für die Einleitung von Regenerationsstadien der Boden- und Pflanzendecke von großem Aufbauwert.

VERHÄLTNIS DES NÄHRSTOFFFANGEBOTES ZUR STOFFPRODUKTION DER BODEN- VEGETATIONSEINHEITEN

Im großen und ganzen kann man eine Übereinstimmung der Vegetationshöhe mit der Bodenprofiltiefe beobachten, doch sind im Hinblick auf die Aufforstungen einige Ausnahmen zu beachten: In der Vegetationsreihe Wald - dichte Alpenrosenheide - dichte Beerenheide nehmen Vegetationshöhe und Stoffproduktion merklich ab, die Bodenprofiltiefe bleibt gleich; nur im Bodentyp ist eine Verschiebung vom Eisenpodsol zum Eisenhumuspodsol zu beobachten. Im A-Horizont verschiebt sich die Mächtigkeit der Förna zugunsten des Humusakkumulationshorizontes. Das Nährstoffangebot im Wurzelraum bleibt praktisch gleich. Unter Zirbenjungwald in der dichten Beerenheide bemerkt man wieder ein Mächtigerwerden der Förna und die Tendenz zum Eisenpodsol. Verglichen mit den dichten Heiden haben die schütterten Heiden infolge Einmischung von Erosionsmaterial in die A-Horizonte und stärkeren Wärmegenusses mineralreichere Humushorizonte. Parallel mit der Abnahme der Humus- und Stickstoffanteile geht eine Abnahme der Stoffproduktion. Die Exposition scheint eine große Rolle zu spielen; das geht so weit, daß man bei Bodenwellen im Fließbodenbereich an der sonnexponierten Seite schütterere Heidegesellschaften auf podsoligen Braunerden und auf den Schattenseiten ausgeprägte Eisenhumuspodsole oder Übergänge oder starke Tendenzen zur Bildung dieser Formen beobachten kann. Diese Übereinstimmung der Boden- und Vegetationsformen ist auf der Karte Abb. 4 festgehalten. In der Legende dazu sind die Richtwerte für Nährstoffangebot und Stoffproduktion bei den einzelnen Boden- und Vegetationseinheiten gegeben.

Für die Überlassung der Karte danke ich herzlich Helmut FRIEDEL, der sich der großen Mühe unterzog, neben seiner Vegetationsaufnahme auch die 1956 von Anna CZELL und mir aufgenommenen Bodenformen in die von Herrn Baurat Dipl.-Ing. GIERSIG aufgenommene Karte einzuzeichnen. Das genaue Studium dieser Karte gibt eine gute Übereinstimmung der Vegetations- und Bodenformen; vor allem kommt die Reliefabhängigkeit der ökologischen Einheiten gut heraus. Dies unterstreicht die Notwendigkeit kleinklimatischer Messungen, besonders der Messungen von Schneedeckenandauer und Wärmeintensität. Diese Untersuchungen werden vor allem dann notwendig, wenn durch starke Beweidung die Vegetation uniformiert wurde und nicht mehr die reliefabhängige Differenziertheit aufweist wie im Stationsgebiet Obergurgl.

Um das Lesen der Karte nicht zu sehr zu erschweren, mußten weitgehende Differenzierungen unterlassen werden. So wurden alle Übergangsformen der Vegetations- und Bodeneinheiten nicht aufgenommen sondern je nach ihrer Tendenz in eine Hauptform einbezogen. Es ergeben sich deshalb besonders an den Rändern der Karte

gewisse Unschärfen, die auszugleichen einer späteren Arbeit in größerem Maßstab vorbehalten sei.

Abschließend ist zu sagen, daß das Verhältnis von Nährstoffangebot zur Stoffproduktion in den Regenerationsstadien der subalpinen Entwaldungszone ein sehr günstiges ist, weil im Sinne von F. HARTMANN 1963 eine genügend große biologische Akkumulation gefunden werden kann. In den Wald-Degenerationsstadien der schütterten Heiden und Weiderasen dagegen nimmt die biologische Akkumulation zugunsten der hydrologischen merklich ab.

In den Waldgebieten beträgt der Nährstoffentzug nur einen Bruchteil des Nährstoffangebotes. Dies würde sich auch bei Holznutzung nicht ändern, es würden dann durch Anfall der Nadelmasse und des Schlagabraumes weitere Nährstoffanreicherungen stattfinden. Diese Ergebnisse sind auch im Sinne der Ausführungen von N. MAIR 1966, der in gut bewirtschafteten subalpinen Wäldern mit planmäßigem Holzentzug gute Verjüngung, gute Zuwachseleistungen und großen Holzvorrat feststellt. Da das Nährstoffangebot in den dichten Alpenrosen- und Beerenheiden dem der Waldgebiete gleicht, ist für die Ernährung von Jungkulturen in diesen Gebieten nichts zu fürchten. Die Gebiete der podsoligen Braunerden und Ranker sind den Pionieren, vor allem der Lärche vorbehalten oder sie müssen durch Düngungs- und biologische Maßnahmen für anspruchsvollere Holzarten vorbereitet werden.

ZUR FRAGE DER BODENVERBESSERUNG UND DÜNGUNG

Wenn man die Frage der Düngung anschneidet, muß man sich vor Augen halten, welche Nährstoffmengen von den einzelnen Bodenformen angeboten werden. Wie bereits oben dargelegt, nimmt die Menge des Gesamtstickstoffs mit der organischen Substanz ab. Je mineralreicher und je flachgründiger die A-Horizonte sind, desto weniger Stickstoff wird angeboten. Die Zirbe scheint sich am wohlsten in einem Substrat zu fühlen, das Überfluß an organisch gebundenem Stickstoff hat, der sehr langsam aber stetig durch die Tätigkeit der Bodenorganismen mineralisiert wird.

Es ist anzunehmen, daß sie, beziehungsweise ihre Mykorrhizenpartner in podsoligen Braunerden und stark erodierten Böden Stickstoffmangel leiden.

Phosphor ist den vorliegenden Untersuchungen zufolge reichlich vorhanden, Kali dagegen in manchen Gebieten, verglichen mit dem Phosphorangebot, sehr wenig. Untersuchungen über den Kupfergehalt der Böden wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht gemacht, doch ist Kupfermangel bekanntlich in Podsolgebieten weit verbreitet. Ein Topfversuch mit Jungzirben (I. NEUWINGER 1964) zeigte, daß die Sterblichkeit der Zirbenpflanzen durch Düngungen, besonders durch

erhöhte Stickstoff-, Kali- und Kupfergaben gesenkt werden konnte. Stickstoffgaben verbesserten außerdem die Wuchsformen von Zirben in rein mineralischen Bodengemischen.

Beobachtungen eines noch laufenden Düngerversuches mit Jungzirben im Freiland in natürlicher Vegetation zeigten, daß von den Stickstoffgaben am besten die langsam abbaubaren organischen Stickstoffdünger genutzt werden.

Die Beobachtung dieser Stickstoffverträglichkeit, beziehungsweise dieses Stickstoffbedürfnisses entspricht der Lehrmeinung von W. LAATSCH und den Arbeitsergebnissen seines Institutes (W. LAATSCH 1963), widerspricht aber manchen Beobachtungen und Versuchsergebnissen z.B. von KELLER, Zürich 1965 und mündliche Mitteilung. In dieser Richtung sind noch klärende Versuche ausständig. Dem Praktiker ist anzuraten, vor Düngungen Bodenuntersuchungen der Anbaufläche und eines optimalen Waldstandortes machen zu lassen und dann bei der Düngung das Verhältnis der einzelnen Nährstoffe zueinander zu berücksichtigen.

3. HINWEISE DER VEGETATIONS- UND BODEN-FORMEN FÜR DIE POTENTIELLE WALDGRENZE

Die Karte Abb. 4 zeigt, daß oberhalb des geschlossenen Waldes innerhalb der Alpenrosenheiden vereinzelt Altzirben vorkommen, der Jungwuchs vor allem in den dichten Beerenheiden emporsteigt und in den Flechten- und Spalierheiden Klein- und Krüppelwuchs angetroffen wird. Die schütterten Heiden sind nahezu baumfrei. Der Lärchenwuchs konzentriert sich auf die Pionierheiden alter, verwachsener Rutschungen, also auf Rankerformen. Die Beobachtung des Jungwuchses auf dem Gegenhang des Stationsgebietes Obergurgl, weiters in den Aufforstungsgebieten des Pitztales und im Gelände des Klimahauses Patscherkofel zeigen Zirbenjungwuchs ebenfalls in den Beerenheiden über Eisenhumuspodsol und Podsolrankern und in Übergangsformen zwischen dichten und schütterten Heiden, also auf relativ humusreichen podsoligen Braunerden mit Tendenz zum Eisenhumuspodsol. Die Flechten- und Spalierheidenzone auf flachgründigen, erodierten Podsolen ist überall eine Zone des Klein- und Krüppelwuchses, der Lärchenjungwuchs häuft sich auf verwachsenden Bodenverwundungen.

Die schütterten Heiden sind relativ arm an spontanem Jungwuchs, im Pitztal und auf dem Patscherkofel findet sich Fichtenjungwuchs auf tiefgründigen Podsoligen Braunerden.

Alle diese Beobachtungen ergeben ein Kriterium für die Annahme einer potentiellen Waldgrenze, das allerdings noch durch viele eingehende Beobachtungen und Untersuchungen erhärtet werden muß:

Die dichten Alpenrosen- und Beerenheiden auf ausgeprägten Podsolen sind potentiell Waldgebiet, ebenso die Übergänge zwischen schütterten und dichten Heiden auf Böden mit Tendenz zur Podsolierung. Diese Gebiete würden sich bei gleichbleibendem Klima langsam aber stetig von selbst bewalden, wobei Stellen mit langer Schneebedeckung wahrscheinlich frei bleiben würden. Es würde sich ein Zustand einstellen, der dem ursprünglichen sehr ähnlich wäre. Die schütterten Heiden und Weiderasen, auf Böden mit gehemmter Podsolierung, sind entwicklungsmäßig in ein Dauerstadium geraten, aus dem nur Aufforstungsmaßnahmen zur Wiederbewaldung führen können. Die Flechten- und Spalierheiden schließlich auf flachgründigen Eisenhumuspodsolen mit aktiver, aber äußerst langsamer Podsolierung sind die Grenzzone des potentiellen Waldgebietes, ihre Obergrenze fällt praktisch mit der klimatischen Krüppelgrenze zusammen, die Obergrenze der Beerenheiden mit der klimatischen Baumgrenze. Das Kriterium zur Festlegung einer potentiellen Waldgrenze ist also die aktive Podsolierung, die zur Bildung tiefgründiger Podsole führt. Eine interessante Ausnahme dieser - erst vorgeschlagenen - Regel wären die von H. FRIEDEL 1956 aus dem Großglocknergebiet beschriebenen "Bratschen", wo Podsolierungsvorgänge noch weit über der vermutbaren Waldgrenze vorkommen; nach Meinung des Autors ist dies wahrscheinlich auf das überaus lockere Muttergestein zurückzuführen.

Im allgemeinen ist das erste Kennzeichen einer aktiven Podsolierung eine gut wahrnehmbare Förna. Bei allen Bodenbildungen mit gehemmter oder gestoppter Podsolierung ist die Förna nur angedeutet oder fehlt ganz. Die Reste der wärmezeitlichen Podsolbildungen sind demnach leicht zu erkennen. Schwieriger ist es, wenn sie von Rasenbildungen mit gestörten Humushorizonten überlagert sind.

Dann müßte man eventuell vorhandene Zwergstrauchinseln zur Untersuchung heranziehen oder man müßte mit Hilfe der Dünnschliffmethode nach KUBIENA die Podsolierungsvorgänge untersuchen. Ein genaues Studium dieser Grenzen im alpinen Bereich wäre wünschenswert und lohnend.

Liegt das fragliche Gebiet innerhalb des Alpenrosen- und Beerenheidengürtels, dann könnte durch technische, chemische und biologische Maßnahmen eine Regeneration eingeleitet werden, zum Beispiel durch Verwehungsbauten (J. BERNARD 1965 und Manuskript), durch geeignete Düngung und Impfung von Aufforstungen.

Pflanzendecke	Trocken- substanz	Gramm pro Quadratmeter					
		N	PO ₄	K	Ca	Mg	Mn
dichte Alpenrosenheide Gurgl, Beerrinne	1600	18	6	2,4	4,5	1,3	1,8
dichte Alpenrosenheide Gurgl, Waldgrenze	1500	16	5	2	5,3	1,8	2,0
dichte Alpenrosenheide Neubergalm, Pitztal	1500	15	4	1,2	1,0	0,8	1,5
dichte, flechtenreiche Beerenheide, Gurgl Waldgrenze, Windeck	1700	9	4	3	4,8	0,9	0,9
dichte, flechtenreiche Beerenheide, Taschachalm, Pitztal	1200	9	3,4	2	2,3	0,9	1,0
Übergang von dichter zu schütterer Beeren- heide, Gurgl	900	7	3	1,2	2,1	0,6	0,5
schütterer Alpenrosenheide Gurgl, Beerrinne	800	9	3	1	0,9	0,3	0,7
schütterer Beerenheide Gurgl, Beerrinne	500	5	2	1	0,9	0,4	0,4
schütterer Beerenheide Gurgl, Südhügel	300	2	1,1	0,4	0,6	0,3	0,2
schütterer Beerenheide Taschachalm, Pitztal	250	2	0,5	0,4	0,6	0,2	0,2

Tab. 1

Jungzirbe, 19jährig, Höhe 75 cm

Trockengewicht kg	N		PO ₄		K	
	o/oo	g	o/oo	g	o/oo	g
Nadeln	0,035	11,8	0,41	4,9	0,17	2,7
Zweige	0,024	7,2	0,17	3,1	0,07	1,7
Stamm	0,055	3,5	0,19	1,5	0,08	0,7
Summe der Nährstoffe.....		0,77		0,32		0,17

Zirbe, 40jährig, Höhe 5,5 m, etwa 0,01 cbm Derbholz

Nadeln	3,1	16,0	50	4,5	14,0	2,6	8,0
Zweige	0,85	6,5	5,5	3,0	2,6	1,8	1,5
Äste	1,4	4,0	5,6	1,4	2,0	1,1	1,5
Stamm	10,0	0,4	4,0	0,2	2,0	0,6	6,0
Summe der Nährstoffe.....		65,1		20,6		17,1	

Zirbe, rund 100jährig, Höhe 9 m, etwa 0,24 cbm Derbholz

Nadeln	43	20,0	860	5,0	215	2,5	108
Zweige	27,2	7,0	190	2,4	66	1,2	33
Äste	65	2,6	169	1,1	71	0,9	59
Stamm	240	0,4	96	0,2	48	0,6	144
Summe der Nährstoffe.....		1315		400		344	

alte Zirbe, kernfaul, etwa 250jährig, Höhe 15,5 m, etwa 4,3 cbm Derbholz

Nadeln	25	12,0	300	4,0	100	2,0	50
Zweige	31	2,4	74	1,9	60	1,2	37
Äste	96	1,7	163	1,0	96	0,9	86
Stamm rund 3000		1,7	5100	0,11	330	0,3	900
Summe der Nährstoffe.....		5637		586		1073	

Für den 400 cm² großen Bestand von 4 Jungzirben, 3 40jährigen, 6 100jährigen und einer etwa 250jährigen Zirbe ergibt sich annähernd die Nährstoffsumme: kg N 14, kgPO₄ 3, kg K 3,2, das sind pro Quadratmeter gN : 35, gPO₄ : 7,5, gK 8.

Für einen überalterten Bestand mit wenig Nadelmasse und morschem, verpilzten Holz verschiebt sich das Nährstoffverhältnis zugunsten von Stickstoff und Kali.

Zu beachten ist das Verhältnis von Holzmasse zu Nadelmasse und das Verhältnis von Stickstoff zu Phosphor bei den verschiedenen alten Bäumen:

	Nadelmasse	Holzmasse	N	PO ₄
19jährig	1	5	2	1
40jährig	1	4	3	1
100jährig	1	8	4	1
250jährig	1	125	10	1

Tab. 2

Dichte Alpenrosenheide auf Eisenpodsol, Gurgl, Beerrinne:

Horizont	Tiefe cm	Fein- erde kg/m ²	Nährstoffe in g pro			Bodenhorizont-Quader, Grundfläche 1 m ²					
			im nassen Aufschluß	im n/10 HCl		(n/10 NaOH)		Extrakt			
			N	PO ₄	K	K	PO ₄ -HCl	PO ₄ -NaOH	Ca	Mg	Mn
Streu	2	0,37	3,2	1,3	0,4	0,3	0,2	0,1	1,72	0,19	Spur
A _{F1}	11	6,6	54,8	14,5	7,3	4,0	2,9	1,4	27,1	0,07	0,01
A _{F2}	6	12	162	38	8,4	3,2	2,9	4,0	3,84	1,08	0,01
A _H	8	24	173	70	48	1,5	0,7	6,0	0,84	4,32	0,02
A _E	2	14	21	14	63	0,4	0,04	1,4	1,1	1,33	0,01
B _{s1}	1	5	9,5	5,5	22	0,17	0,01	1,35	0,30	1,3	Spur
B _{s2}	25	110	187	143	481	36	4,1	25,3	6,6	25,3	0,11

Dichte Alpenrosenheide auf Eisenpodsol-Ranker, Gurgl, Waldgrenze:

Streu	3	1,3	17,0	3,4	1,8	1,5	0,9	0,53	6,8	0,43	0,08
A _{F1}	7	5,5	92	15,4	3,9	2,3	2,7	1,93	15,4	1,27	2,48
A _{F2}	3	6,3	108	17	5,2	2,3	2,2	2,1	18	1,8	0,25
A _H	1	6,9	138	5,5	10,1	1,7	2,0	1,6	6,35	0,76	2,14
A _{Brand}	1	6	48	9	20	0,9	0,9	0,7	1,6	0,09	0,01
A _E	2	12	28	10	39	8,2	0,2	1,6	0,8	0,2	0,06

Dichte Alpenrosenheide, Neubergalm, Pitztal, Eisenpodsol:

Streu	0,5	0,3	7,2	1,0	0,2	0,6	0,22	0,1	0,96	0,31	0,25
A _F	19	19,3	434	50	5,2	2,3	4,1	2,1	16	14,7	0,39
A _H	8	36	425	87	45,8	3,5	7,9	4,0	1,3	11,2	0,72
A _M	2	5	34	16	16	0,4	2,0	0,7	0,4	0,53	0,1
A _E	6	24	357	79	62	1,4	4,6	2,2	1,6	7,4	0,5
Brand											
B _{s1}	10	40	236	148	141	2,4	11,2	13,6	3,0	23,2	2,4
B _{s2}	8	17,6	90	60	76	1,2	7,4	11,4	1,5	9,3	1,1

A_M Erosionshorizont**Tab. 3**

Dichte, flächenreiche Rauschbeerheide auf Eisenhumuspodsol, Gurgl, Waldgrenze, Windeck

Horizont	Tiefe cm	Fein- erde kg/m ²	Nährstoffe in g pro			Bodenhorizont-Quader, Grundfläche 1 m ²						
			im nassen Aufschluß			im n/10 HCl (n/10 NaOH) - Extrakt						
			N	PO ₄	K	K	PO ₄ -HCl	PO ₄ -NaOH	Ca	Mg	Mn	
Streu	1	0,65	4,4	1,5	1,0	0,4	0,4	0,6	2,0	0,2	Spur	
A _{F1}	1,5	1,4	12	5,2	0,8	0,7	0,8	1,4	4,8	1,1	0,4	
A _{F2}	5	4,5	54	16,7	2,8	2,2	2,3	2,8	13,7	0,3	Spur	
A _H	2	3,1	46	14,6	4,4	0,8	1,4	1,2	2,4	0,6	Spur	
A _E Brand	5	34	143	40,8	85	2,5	0,2	7,5	2,2	3,2	0,3	
B _h Blockwerk	8	64	198	154	198	21	1,5	37,8	4,2	9,6	0,06	

Dichte, flechtenreiche Beerenheide auf Eisenhumuspodsol, Taschachalm, Pitztal

Streu	0,3	0,27	1,9	0,9	0,3	0,2	0,2	0,2	1,1	0,1	Spur	
A _F	2	3,6	28	13,5	5,7	2,8	2,6	2,6	11,1	0,2	Spur	
A _H	2	6,4	60	22	5,5	2,7	5,9	1,2	12,7	1,7	0,1	
A _M	5	24,8	142	102	38	4	3,7	8,7	2,5	2,0	0,03	
B _h	7	22,2	64,4	68,8	75,9	1,7	0,13	6,7	1,8	2,7	0,02	
B _s	10	77	192	200	323	6,2	11,6	6,9	5,4	4,2	0,08	

Dichte, flechtenreiche Rauschbeerheide auf Eisenhumuspodsol, Neubergalm, Pitztal

Streu	1	1,2	24,5	2,9	0,6	0,3	0,4	0,4	1,8	0,9	0,2	
A _F	3	7,4	151	20	3,5	1,8	2,4	2,2	14,4	4,7	0,4	
A _H Brand	4	17,4	444	50,5	10,1	3,0	5,6	4,2	28,9	6,1	0,5	
A _E	3	9	51	18	20,7	0,5	0,5	0,7	0,3	1,4	0,2	
B _h Blockwerk	8	39	281	78	129	12,9	4,7	3,1	3,2	32,4	1,5	

Übergang von dichter zu schütterer Beerenheide auf Eisenhumuspodsol, Gurgl

Streu	1	0,54	3,7	1,7	0,4	0,2	0,3	0,3	1,0	0,1	0,1	
A _F	1,5	3,5	23,5	9,8	1,8	1,0	1,2	2,4	7,3	1,0	0,4	
A _H Brand	3	11,8	88	40	22,4	3,0	7,9	1,8	8,0	1,3	0,6	
A _E	2	19,4	11,6	29	52,4	0,9	0,8	2,1	0,6	0,2	0,02	
B _h	3	19,2	105	99,8	197,8	1,1	1,4	14,2	1,0	1,3	1,4	
B _s	8	55,2	182	177	278	2,5	2,3	50,8	3,6	14,9	12,4	

Tab. 4

Schütterer Alpenrosenheide auf podsoliger Braunerde, Gurgl, Beerrinne:

Horizont	Tiefe cm	Fein- erde kg/m ²	Nährstoffe in g pro im nassen Aufschluß			Bodenhorizont-Quader, Grundfläche 1 m ² im n/10 HCl (n/10 NaOH) - Extrakt					
			N	PO ₄	K	K	PO ₄ -HCl	PO ₄ -NaOH	Ca	Mg	Mn
Streu	0,5	0,22	1,5	0,55	0,35	0,16	0,2	0,2	1,2	0,2	Spur
A _H	3	22,1	13,3	73,1	60,4	2,4	2,1	4,9	2,9	3,8	0,2
A _M	5	30	72	63	87,6	1,9	0,9	5,7	1,5	4,8	0,03
B _{s1}	15	105	252	283	370	5,3	0,1	60,9	3,7	12,6	0,11
B _{s2}	30	225	427	765	456	10,1	153	270	13,5	33,8	0,23

Schütterer Beerenheide auf flachgründiger podsoliger Braunerde, Gurgl, Beerrinne:

Streu	0,3	0,6	7,2	2,6	6,6	0,5	0,6	0,3	2,9	0,1	0,07
A _F	0,5	1,5	14,5	6,5	4,2	0,5	0,8	0,9	2,4	0,4	0,06
A _H	2	10	75	39	31	1,7	4,2	4,0	0,8	1,0	0,5
A _M	5	37,3	186	126	126	2,6	1,6	9,7	0,04	0,6	0,7
F _s	30	240	288	648	704	19,2	151	199	4,8	6,0	7,2

Schütterer Beerenheide auf flachgründiger podsoliger Braunerde, Gurgl, Südhügel

Streu	1,2	0,46	4,1	1,7	0,7	0,2	0,2	0,2	1,8	0,2	0,2
A _H	1	2,8	33,6	12,6	7,3	0,5	1,1	1,3	4,2	0,8	1,7
A _M	2	16,2	79	38,9	47,8	1,5	3,6	6,5	2,3	4,1	2,8
B _{s1}	6	42	101	105	152	1,4	5,5	27,4	0,42	8,8	0,4
B _{s2}	20	140	126	406	435	6,3	78	98	2,8	33,6	1,4

Schütterer Beerenheide auf flachgründiger podsoliger Braunerde, Taschachalm, Pitztal

Streu	0,5	0,07	0,7	0,18	0,13	0,04	0,03	0,03	0,16	0,06	Spur
A _H	1	4,5	22	13,9	17,6	0,6	0,5	1,2	1,13	0,28	1,6
A _M	15	75	216	225	300	7,3	5,0	15,8	5,6	3,0	7,1
B _{s1}	20	80	304	216	440	7,8	8,8	30,4	5,2	3,2	0,1
B _C	10	80	143	184	476	9,4	37	38	4,0	4,0	0,1

Tab. 5

Pflanzenart	o/oo im nassen Aufschluß					
	N	PO ₄	K	Ca	Mg	Mn
Rhododendron ferrugineum, Gurgl, 20jährig						
Blätter 68 g	13,5	4,2	5,4	2,6	1,3	1,3
Äste 272 g	2,6	1,4	2,5	2,2	0,3	0,7
Zweige 70 g	7,2	2,2	3,5	3,4	0,5	0,8
Rhododendron ferrugineum, Patscherkofel, 10jährig						
Blätter 82 g	14,0	4,6	3,5	2,1	0,8	0,2
Holz 154 g	5,0	1,6	1,5	1,7	0,3	0,8
Rhododendron ferrugineum, Taschachalm, 18jährig						
Blätter 310 g	18,5	4,0	1,7	4,1	1,1	0,4
Holz 1085 g	6,7	2,0	0,6	1,1	0,7	0,4
Juniperus nana, Gurgl, 25jährig						
130 g Nadeln und grüne Zweige	8,2	3,3	5,1	25,0	0,7	0,4
Zweige 95 g	5,4	2,5	2,0	17,0	0,5	0,2
Äste 127 g	3,0	2,1	1,1	21,0	0,2	0,1
Juniperus nana, Patscherkofel, 10jährig						
Nadeln, grüne Zweige 87 g	13,5	4,0	6,7	19,8	1,1	0,3
Holz 46 g	6,7	2,8	0,9	7,1	0,01	0,2
Juniperus nana, Taschachalm, 20jährig						
Nadeln, grüne Zweige 93 g	7,8	3,1	1,3	5,8	0,5	0,7
Holz 108 g	6,4	2,1	1,7	8,6	0,2	0,3
Vaccinium Myrtillus, Patscherkofel, 15jährig						
Blätter 6 g	11,8	4,2	3,1	4,2	0,1	0,6
Holz 15 g	20,4	3,4	1,7	3,1	0,6	0,5
Vaccinium Myrtillus, Gurgl, 14jährig						
feine Zweige 33 g	12,7	4,1	2,4	3,4	1,0	1,7
grobe Zweige 39 g	6,7	2,6	1,8	2,5	1,3	1,5
Vaccinium uliginosum, Gurgl, 17jährig						
feine Zweige 14 g	11,8	4,4	0,9	1,8	0,6	1,9
grobe Zweige 20 g	8,6	2,6	2,2	0,5	1,6	0,1
Vaccinium uliginosum, Patscherkofel, 6jährig						
Blätter 1,2 g	9,5	3,2	0,9	5,8	4,5	1,5
Holz 11,2 g	13,5	3,9	0,7	0,8	1,3	0,8
Vaccinium Vitis idaea, Gurgl, 6jährig						
Blätter 19 g	13,5	3,4	2,4	3,4	1,1	0,9
feine Zweige 6 g	11,8	3,0	1,3	4,3	1,2	0,5
grobe Zweige	4,6	2,4	1,7	2,3	0,5	0,7
Vaccinium Vitis idaea, Patscherkofel, 3jährig						
Blätter 3 g	9,5	3,6	1,4	2,8	0,8	0,7
Stämmchen 1 g	7,5	3,0	0,8	2,2	0,2	0,2
Loiseleuria procumbens, Gurgl, 15jährig						
Blätter 25 g	1,7	2,7	1,3	0,8	0,5	0,4
feine Zweige 15 g	6,1	2,1	0,9	1,1	0,2	0,1
grobe Zweige 28 g	4,2	2,5	0,6	0,8	0,3	0,2
Loiseleuria procumbens, Patscherkofel, 5jährig						
Blätter	8,2	3,2	1,1	1,8	0,5	0,3
Stämmchen	5,1	2,1	0,6	1,0	0,2	0,8
Hylocomium splendens, Gurgl	5,5	3,9	1,4	2,2	0,8	0,4
Cladonia rangiferina, Gurgl	3,5	1,7	0,6	0,7	0,3	0,1
Cetraria islandica, Gurgl	1,5	3,1	1,7	2,2	0,7	0,2
Cetraria nivalis, Gurgl	1,9	1,5	0,7	2,4	0,8	0,3
Alectoria ochroleuca, Gurgl	1,5	1,4	0,8	2,9	0,4	0,2

Tab. 6

LEGENDE ZU DEN TABELLEN

- Tab. 1 Stoffproduktion in den Vegetationseinheiten.
Tab. 2 Stoffproduktion in einem Zirbenbestand.
Tab. 3 Nährstoffangebot für dichte Alpenrosenheiden auf Eisenpodsol.
Tab. 4 Nährstoffangebot für dichte Beerenheiden auf Eisenhumuspodsol.
Tab. 5 Nährstoffangebot für schütterere Heiden auf podsoligen Braunerden.
Tab. 6 Analysen von Einzelpflanzen aus subalpinen Zwergstrauchheiden.

Die Nährstoffgebiete der einzelnen Bodenformen unterliegen großen Schwankungen, besonders die des $n/10$ HCl-extrahierbaren Kaliums und des $n/10$ HCl- und $n/10$ NaOH-extrahierbaren PO_4 -Anteiles. Man kann in Lagen, die der Trockenheit ausgesetzt sind, also in windexponierten und wärmeexponierten Lagen größere Anreicherungen feststellen als in feuchten kühlen Lagen. Bei den Untersuchungen traten auch deutlich jahreszeitliche Schwankungen auf; diese Ergebnisse bedürfen jedoch noch der Überarbeitung und Ergänzung und wurden daher in der vorliegenden Arbeit nicht gebracht.

Es zeigte sich ferner ein deutlicher Unterschied der Nährstoffmengen von Spätherbstproben, die aus verschiedenen Jahren stammen: In Herbstproben des Jahres 1965, das einen sehr nassen, kühlen Sommer hatte, wurden geringere Mengen extrahierbaren Kalis und Phosphors gefunden als in Herbstproben der Jahre 1956 und 1963, die einen allgemein ärmeren Wettercharakter hatten und lange schöne Herbste aufwiesen.

Die vorliegenden Tabellen stützen sich auf die Analysen der Proben von 1965, die Übersicht in dem Artikel über Bodenbildung, Nährstoffvorrat und Stoffproduktion an der zentralalpiner Waldgrenze, Allgemeine Forstzeitung, 77. Jg., F. 6, auf die Analysen der Proben von 1956 und 1963.

Im allgemeinen sind also geringere extrahierbare Phosphormengen in feuchten Lagen und während feuchteren Wetterperioden im Boden, in den Illuvialhorizonten können jedoch bei stärkerer Auswaschungstendenz größere Phosphormengen gefunden werden, als bei gestoppter Auswaschung.

Diese Sachverhalte können nur durch differenzierte fraktionierte Extraktionsmethoden geklärt werden: sie wurden nicht mehr in die vorliegende Arbeit aufgenommen, da die Methoden trotz neuester Fortschritte (CHANG S. C. und JACKSON M. L. 1957, W. MADL 1960, C. SOMMER 1966) noch sehr problematisch sind.

BODEN UND VEGETATIONSKARTE IM OBERGURGLER STATIONSSELÄNDE

(Abb. 4)

Stand von 1958, teils 1964 und 1966

aufgenommen:

Gelände von W. GIER SIG

Boden von I. NEUWINGER und A. CZELL

Vegetation von H. FRIEDEL

Gelände	Gehölz	
1 Blaikenränder	5 über	8 m Kronendurchmesser
2 Felsflächen	6	4 - 8 m Kronendurchmesser
3 Verebnungen	7	2 4 m Kronendurchmesser
4 aktuelle Waldgrenzen	8	1 - 2 m Kronendurchmesser
	9 unter	1 m Kronendurchmesser
	10 Latschen (<i>Pinus mugo</i>)	
	11 Luttern (<i>Alnus viridis</i>)	

Bodenformen	Nährstoffe in % des Zirbenwald-Eisenpodsoles		
	N	PO ₄ ⁺	K ⁺
1 Eisenhumuspodol	>100	>100	80-100
2 podsolige Braunerde	50 ⁺⁺	>100	>100
3 Eisenhumuspodsol (=flachgründiger Eisenhumuspodsol)	60-100	>100	>100
4 subalpine Kleinform d. podsoligen Braunerde (=flachgründige podsolige Braunerde)	45 ⁺⁺	>100	>100
5 brauner Ranker	40	50-80	>100
6 subalpine Kleinform des Eisenhumuspodsoles	30	>100	>100
7 verschiedene Rasenvarianten	30-70	70->100	80->100
8 alpinen Eisenhumuspodsol u. entspr. Kleinformen	60-80	>100	>100
9 Protoranker	< 5	< 10	< 50
10 Podsol-Rest	< 5	60	>100
11 Eisenpodsol	100	100	100
12 Eisenpodsol-Ranker (=flachgründiger Eisenpodsol)	40	50	80-100

Vegetation	Stoffproduktion in % vom Zirbenwald
1 dichte Alpenrosenheide	15
2 schütterte Alpenrosenheide	8
3 dichte Beerenheide	12
4 schütterte Beerenheide	5
5 Besenheide	3
6 Spalier- und Flechtenheide	9
7 stark rasendurchsetzte Heide	5-8
8 beerenheide-reiches Krummseggicht	4-6
9 dichte Pioniervegetation auf Blaiken	< 3
10 winderodierte Spalier- und Flechtenvegetation	< 1

⁺PO₄ aus n/10HCl und n/10NaOH-Extraktion, K aus HCl-Extraktion⁺⁺ manchmal Anreicherungen in den Illuvialhorizonten größer als im Zirbenwald

ZUSAMMENFASSUNG

Es soll geklärt werden, wie weit sich die im Bereich der zentral-alpinen Entwaldungszone gefundenen Böden für die Aufforstung eignen. Es wurde untersucht, wie sich die drei Hauptgruppen von Boden- und Vegetationseinheiten bezüglich der natürlichen Bewaldung, des Nährstoffangebotes der Böden und der Stoffproduktion der Vegetationseinheiten verhalten und welche Hinweise sie für die potentielle Waldgrenze, d. h. für die obere Aufforstungsgrenze geben. Nach den Ergebnissen der Nährstoffuntersuchung kann der Düngungsbedarf angeschätzt werden.

Im Untersuchungsbereich wurden keine ungestörten Böden angetroffen. Alle Humusböden weisen im Profil Erosions- und auch Brandhorizonte auf, über welchen sich die rezenten Humushorizonte regeneriert haben. Das fortgeschrittenste Stadium der Regeneration ist die Gruppe der dichten Heiden mit typischen Podsolen, die den größten Nährstoffvorrat und die größte Stoffproduktion sowie im Sinne von F. HARTMANN eine deutliche biologische Nährstoffakkumulation in den Humushorizonten aufweist, wenn man die leicht verfügbaren Reserven einbezieht. Dieser Nährstoffvorrat ist aber offenbar nur den Mykorrhizapflanzen voll zugänglich.

Bei der zweiten Gruppe, den schütterten Heiden und Weiderasen auf sekundären podsoligen Braunerden im Sinne von Kubiena ist der Regenerationsvorgang bei einem Dauerstadium stehen geblieben, das sich in absehbarer Zeit nur durch geeignete Aufforstungsmaßnahmen überwinden läßt. Die meist sonnexponierten Standorte zeigen Auslagerungserscheinungen wie geringe organische Substanz im Boden und geringe Stoffproduktion der Vegetation im Vergleich mit der ersten Gruppe. Die Mineralsubstanzen sind in den Illuvialhorizonten der ursprünglichen Böden erhalten und zum Teil angereichert, wie zum Beispiel Phosphor, allerdings hauptsächlich in schwer aufschließbarer Form als Sesquioxidphosphat. Man beobachtet alte Fichtenbestände, auf humusreicheren Böden Fichtenjungwuchs. Düngungen haben sich bewährt, sie wirken wuchsfördernd und senken die Sterblichkeit der Jungpflanzen. Ebenso wie man Übergänge zur ersten Gruppe beobachten kann, die sich für Zirben eignen, beobachtet man auch Übergänge zur dritten Gruppe: stark erodierte podsolige Braunerden, die den Rankern nahestehen, natürlichen Lärchenwuchs zeigen und sich leicht mit Lärchen aufforsten lassen. Die dritte Gruppe der Boden- und Vegetationseinheiten, die Initialstadien auf Schurf- und Aufschüttungsstellen mit humusarmen Böden und geringer Stoffproduktion der Vegetationseinheiten sind nach Beruhigung der Erosion der Lärche vorbehalten, welche differenziertere Stadien einleitet. Düngungen sind empfehlenswert.

Die obere Aufforstungsgrenze, die potentielle Waldgrenze fällt im Untersuchungsgebiet mit der Grenze der aktiven Podsolierung zusammen.

SUMMARY

Clarification is required on the suitability for reforestation of soils occurring in the deforested zone of the central alps. Investigations are made into the natural forest occurrence, nutrient supply of the soils, and dry matter production of the three main groups of soil-vegetation units, and as to what indications these have for the potential timberline, i.e. the upper limit of reforestation. Fertiliser needs can be evaluated from the results of the nutrient research.

No undisturbed soils occur in the research area. All humus soils show erosion and fire horizons with recently regenerated humus horizons overlying them. The most advanced stage of this regeneration is met with in dense heath communities with typical podsoils. These podsoils have the greatest nutrient supply and the most important dry matter production as well as in the opinion of F. HARTMANN, a clear biological nutrient accumulation in the humus horizons if the readily available reserves are included. This nutrient supply is, however, only fully available to plants with mycorrhiza.

In the second group, the sparse heath communities and grazed meadows on podsolised brown earths, KUBIENA thinks that the regeneration process has been halted at some intermediate phase and is only to be re-activated in the foreseeable future by suitable afforestation measures. The most sun-exposed of these sites show signs of impoverishment such as lower organic matter content of the soil or lower dry matter production when compared with the first group. Mineral substances are held in the illuvial horizons of the original soil and are partly enriched as for example in phosphorus, even if it is in the form of the sesquioxide which is not readily exchangeable. On these soils old spruce stands occur - where the soils are richer in humus young growth of spruce is to be found. Fertiliser treatment is a proven measure as it promotes growth and lowers mortality of young plants. Just as there are transitions between this group and the first which is most suitable for cembran pine, so there are transitions to a third group. These are the highly eroded brown earths which are close to the Rankers of KUBIENA, exhibit natural larch stands, and are easily planted to larch. The third group of soil and vegetation units, the initial stages of thinning out and opening, with soils poor in humus and low in dry matter production, are reserved to larch after the erosion has been corrected. This initiates different stages in development. Fertiliser treatment is to be recommended.

In the research area, the upper limit of afforestation, which is the potential timberline, coincides with the upper limit of active podsolisation.

R É S U M É

Il s'agit de constater dans quelle mesure les terrains situés dans la zone de déboisement des Alpes Centrales conviennent au reboisement. On a examiné le comportement des trois groupes principaux d'unités de sol et de végétation par rapport au reboisement naturel, aux effectifs du sol en substances nutritives, à la production de l'unité végétative, et quels renseignements ils donnent pour la limite forestière potentielle, c'est-à-dire pour la limite de reboisement supérieure. Le besoin d'amendement peut être évalué d'après les résultats de l'examen des substances nutritives.

Sur toute l'étendue de terrain examinée on n'a pas trouvé de sol qui ne fut atteint. Tous les humus montrent en profil des horizons d'érosion et aussi d'incendie, au-dessus desquels les horizons d'humus récents se sont régénérés. Le stade le plus progressif de la régénération est le groupe des landes épaisses avec podzols typiques, qui présentent les plus grandes réserves de substances nutritives et la plus grande production en matière ainsi qu'une évidente accumulation biologique de substances nutritives selon F. HARTMANN dans les horizons d'humus, si on inclut les réserves facilement disponibles. Mais il semble que ces réserves en matières nutritives ne soient complètement accessibles qu'aux plantes mycorrhizées.

Chez le second groupe, les landes clairsemées et les alpages sur terres brunes secondaires podzoliques selon KUBIENA, le procédé de régénération s'est stabilisé et ne pourra être surmonté dans un délai présumable que par des mesures de reboisement appropriées. Les terrains très ensoleillés présentent des symptômes d'appauvrissement, comme par exemple peu de substances organiques dans le sol et production réduite de la végétation, comparé au premier groupe. Les substances minérales sont contenues dans les horizons illuviaux des sols primaires et en partie enrichies, comme par exemple le phosphore, bien que surtout sous forme de phosphoresesquioxyde difficilement assimilable. On observe d'anciens effectifs d'épicéas, sur les sols plus riches en humus de jeunes épicéas. Les amendements se sont avérés utiles, ils favorisent la croissance et réduisent la mortalité des jeunes plantes. De même qu'on peut observer des transitions au premier groupe, convenables au pin cembre, on observe aussi des transitions au troisième groupe: terres brunes podzoliques très érodées, proches des "Ranker", offrant une croissance naturelle de mélèzes et se laissant facilement reboiser de mélèzes. Le troisième groupe des

unités de sol et de végétation sont les stades initiaux sur les terrains d'érosion et de remblai avec leurs sols pauvres en humus et leur production minime de végétation. Après apaisement de l'érosion ils sont réservés au mélèze qui introduit des stades plus différenciés. Des amendements sont à recommander.

La limite de reboisement supérieure, la frontière sylvestre potentielle, coïncident dans le terrain examiné avec la limite de podzolisation active.

Р е з ю м е

Автор ставит себе цель, выяснить, насколько почвы, встречающиеся в районе центрально-альпийской зоны, годны к лесонасаждению. Исследуется характеристика трех главных групп почвенных и вегетационных типов относительно лесонасаждения, запасов питательных веществ в почве, продукции органических веществ вегетационными типами, и какие выводы они допускают по отношению к достижимой границе леса, т. е. верхней границы лесонасаждения. Потребность в удобрении поддается оценке на основании результатов анализа питательных веществ.

В исследованном районе не встречались ненарушенные почвы. Профиль всех перегнойных почв содержит горизонты эрозии и пожарищ, над которыми восстанавливались новейшие перегнойные горизонты. Самым прогрессивным этапом регенерации является группа густых лугов с типичными подзолами, располагающими наибольшим запасом питательных веществ и наибольшей продукцией органических веществ, и характеризующиеся, согласно Ф. ГАРТМАННУ, явной биологической аккумуляцией питательных веществ, если причислить к последним легкодоступные запасы. Но, очевидно, этот запас питательных веществ является вполне доступным только растениям с микоризой.

Во второй группе, на пустошных лугах, на вторичных

бурых подзолах согласно КУБИЕНЕ, процесс регенерации остановился на весьма устойчивом этапе, преодолеть который в недалеком будущем удастся лишь соответственными мероприятиями лесонасаждения. Эти места, в большинстве случаев солдцпеки, обнаруживают явления выщелачивания, как например, недостаток органических веществ в почве и менее активную их продукцию вегетацией в сравнении с первой группой. В иллювиальных горизонтах первоначальных почв сохранились и отчасти накопились минеральные вещества, как например фосфор, но, правда, главным образом в форме фосфатов полуторных окисей, труднодоступных растениям. Встречаются старые сосновые древостои, а на почвах, более богатых подгноем, и сосновый молодняк. Удобрение оправдало себя, оно ускоряло произрастание и унижало отмирание молодых растений. Наблюдаются и переходы к первой группе, на которых возможно произрастание сибирского кедра, а также и переходы к третьей группе: сильно выщелоченные бурые подзолы, близкие к "ранкеру", обросшие лиственницами и легко поддающиеся облесению последними. Третья группа почвенных и вегетационных типов, это первоначальные стадии на местах подвергавшихся раскопке и навалу, с почвой, бедной перегноем, и с пониженной продукцией органических веществ вегетационными типами; эти места, после заторможения эрозии, предусматриваются для лиственницы, которая даст почин более дифференцированным стадиям. Рекомендуются удобрять.

Верхняя граница лесонасаждения, предусмотримая граница леса, совпадает в исследованном районе с границей активной подзолизации.

DISKUSSION

- GAMS:** Der Vortrag hat gezeigt, wie außerordentlich gestört die Böden auf Steilhängen im Bereich der Waldgrenze sind. Auch vor der durch Brandrodung bedingten Erosion traten vielfach Rutschungen auf und stellenweise sehr starkes Bodenfließen, Solifluktion. Um diese geschichtliche Entwicklung weiter zu verfolgen, ist es gut, daneben weniger gestörte, ebene Flächen zu untersuchen, namentlich solche, in denen sich die Entwicklung weiter zurückverfolgen läßt; das sind die Moore. Im Gurgler Gebiet haben wir ein besonders günstiges Untersuchungsprojekt, an dem ich an Hand von Diapositiven die Entwicklung demonstrieren möchte: das Gurgler Rotmoos. (Herr Prof. GAMS zeigt Diapositive aus dem Rotmoos bei Gurgl; besonders interessant sind die Profilaufschlüsse vom Bachufer).
- JELEM:** Auf welche geologische Einheiten erstrecken sich die Aufnahmen?
- NEUWINGER:** Vorwiegend auf Schiefergneise der inneren Zentralalpen.
- JELEM:** Wenn man ostalpine Zentralalpengebiete einbezieht, wird die Deutung komplizierter, weil auch das Grundgestein großen Einfluß auf die Bodenbildung hat. In manchen Fällen kommt es auch in der Zirbenregion zur Bildung von Braunerde, die aber der Braunerde tiefer gelegener Gebiete nicht gleichzusetzen ist; am Zirbitzkogel geht die Braunerde bis in die Zirbenregion, weil dort biotitreiche Gneise den Untergrund bilden.
- DÜRR:** Die Möglichkeit, die potentielle Wald- und Baumgrenze am Podsolierungszustand der Böden zu erkennen, erscheint mir für die Praxis sehr wichtig.
- FRIEDEL:** Auch mir leuchtet regional diese Hausregel ein, doch gibt es u.a. auch bei bestimmten Ursprungsgesteinen Ausnahmen, z.B. in den Kalkglimmerschiefern des Glocknergebietes; dieses Gestein verwittert physikalisch so schnell, daß es selbst bis zur nivalen Rasengrenze Nanopodssole bildet.
- GAMS:** Die scharfe Grenze zwischen Podsolen und Rasenbraunerden darf man nicht ohne weiteres für die heutige potentielle Waldgrenze halten; sie entspricht im allgemeinen eher der wärmezeitlichen Waldgrenze, die 200 bis 400 m höher war als die heutige klimatische Waldgrenze. Der Eisenhumuspodsol im Zwergstrauchgürtel, der im großen und ganzen das verlorene Waldgebiet ist, ist nicht nur durch Rodung, sondern auch durch die postglaziale Klimaverschlechterung entstanden. Man muß da sehr vorsichtig sein und überlegen, wie weit man dem heutigen Klima entsprechend aufforsten kann, und darf nicht ohne weiteres die wärmezeitliche Waldgrenze für die heutige potentielle halten.
- NEUWINGER:** Wenn ich die Podsolierungsgrenze als potentielle Baumgrenze hinstellte, so meinte ich damit aktive Podsolierung und rezente Podsole. Die subfossilen Podsolreste darf man nicht mit einbeziehen.
- FRIEDEL:** Die Theorie der unteren Zwergstrauchheidenzone als ehemalige Waldböden der Wärmezeit kann nur teilweise gelten, weil nicht überall eine untere alpine Zone mit Zwergstrauchheide vorhanden ist; es gibt Gegenden, wo sie fehlt, so eben auch bis zu einem gewissen Grade in unserem Ötztaler Stationsgebiet.
- ECKHART:** Es wäre noch zu betonen, daß Sie mittels einer Synthese von Bodenanalysen einerseits und Düngungsversuchen andererseits Maßnahmenkarten für die Aufforstung der verschiedenen Böden herstellen können. Es wäre das Endziel Ihrer Untersuchungen, wenn Sie schließlich sagen können, welche Böden sich ohne weitere Behandlung für Aufforstungen eignen und bei welchen man Maßnahmen ergreifen muß.

- RUTHNER: Ich möchte darauf hinweisen, wie wichtig es wäre, alle Umweltsfaktoren nicht einzeln, sondern in Komplexen zu erfassen.
- SCHMID: An unserem Institut wurden von Th. KELLER ebenfalls Düngungsversuche im Alpenrosengürtel durchgeführt. Dabei haben wir festgestellt, daß die Fichten bei Stickstoffdüngung zwar schön grün wurden und stärker assimilierten, daß sie im folgenden Winter aber stärker vom Schneeschimmel befallen wurden. Es würde uns daher interessieren, ob Sie ähnliche Feststellungen gemacht haben.
- NEUWINGER: Die Düngungsversuche mit Fichten sind noch sehr jung; aber bei dem gezeigten Versuch mit Zirben haben wir geglaubt, daß die Stickstoffdüngung tödlich auf die Pflanzen wirken würde, weil sie dann anfälliger werden, aber das Gegenteil trat ein. Die Pflanzen haben sehr gut reagiert und die Sterblichkeit wurde gesenkt.
- DONAUBAUER: Die Fichte erliegt im Rhododendretum im allgemeinen dem schwarzen Schneeschimmel (*Herpotrichia juniperi*) ohne zusätzliche "Mißhandlung".
- SCHMID: Ist durch die Düngung eine Erhöhung der Anfälligkeit eingetreten? Es handelt sich natürlich um einen korrekt angelegten Versuch mit Kontrollpflanzen und Wiederholungen. Die mit Stickstoff gedüngten Pflanzen sind stärker befallen worden als die übrigen, die Unterschiede sind statistisch nachweisbar.
- ECKHART: Man wird wohl einen Mittelweg suchen müssen zwischen "guter" und "nicht guter" Ernährung. Bei den gut ernährten Pflanzen war in Ihren Versuchen das Ausfallprozent sehr groß, bei den schlecht ernährten sehr gering.
- NEUWINGER: Der große Ausfall war in der Null-Parzelle der humusreichen Böden. Mit Düngung haben auch die Zirben in den humusreichen, also nährstoffreichen Böden weniger Ausfälle gehabt. Die Düngung hat dazu beigetragen, die Sterblichkeit zu senken. Welches Element ausschlaggebend war, ist nicht eindeutig festgestellt worden. Außerdem muß man berücksichtigen, daß im Topfversuch die Anfälligkeit gegen pathogene Pilze groß ist.
- JELEM: Wenn man mit der Düngung in Kontakt kommt, rollt sich das ganze Humusproblem auf. In Rohhumusgebieten jedenfalls ist die Konkurrenzkraft der Zirbe als Rohhumuskeimer jener der Fichte als Moderkeimer und jener der Lärche als Mineralkeimer überlegen.

LITERATUR

- BERNARD J. 1964: Verwehungsbauten im Dienste von Lawinenvorbeugung und Aufforstung. Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanst. Maria-brunn H. 66
- BRAUN-BLANQUET J. und JENNY H. 1926: Vegetationsentwicklung und Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges. Bd. 63, Abh. 2, Zürich
- BRAUN-BLANQUET J., PALLMANN H. und BACH R. 1954: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten. Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen des Schweizerischen Nationalparks. Bd. 6 (Neue Folge) Lüdin AG
- CZELL A. 1963: Die forstliche Eignung von Böden oberhalb des Wirtschaftswaldes. Ber. d. naturw. med. Ver. in Innsbruck Bd. 53, Festschrift Helmut Gams
- CZELL A. 1964: Die Maßnahmenkarte als Grundlage für Aufforstungsprojekte oberhalb des Wirtschaftswaldes. Centralbl. f. d. ges. Forstw. 81. Jg. H. 3
- CHANG S.C. and JACKSON M.L. 1957 a: Solubility product of iron phosphat. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 21, 265
- CHANG S.C. and JACKSON M.L. 1957 b: Fractionation of soil phosphorus. Soil Sci. 84, 133
- DUCHAUFOR Ph. 1965: Précis de Pédologie. 2^e Éd. Masson et C^{ie}, Paris
- DUCHAUFOR Ph. et ROUSSEAU L.Z. 1959: Les phénomènes d'intoxications des plantules de résineux par le manganèse dans les humus forestiers. Rev. For. Franc. N^o 12
- FRIEDEL H. 1956: Die alpine Vegetation des obersten Mölltales (Hohe Tauern). Erläuterungen zur Vegetationskarte der Umgebung der Pasterze (Großglockner). Wissenschaftliche Alpenvereinshefte Heft 16. Universitätsverlag Wagner, Innsbruck
- GAMS H. 1937: Aus der Geschichte der Alpenwälder. Z. d. D. u. Ö. Alpenver.
- GÖBL F. 1966: Beobachtungen über einen Wurzelschnitt bei Zirbenjungpflanzen. Cbl. f. d. ges. Forstw. 83, Jg. H 2
- HARTMANN F. 1963: Zur Frage der Nährstoffbilanz im Waldboden. Allg. Forstztg. 74. Jg. F. 7/8
- JACKSON M.L. 1958: Soil Chemical Analysis. Englewood Cliffs, N.J.
- KELLER Th. 1965: Modellversuch zur Düngung von Ballenpflanzen. Schweiz. Zeitschr. f. Forstw. Nr. 3
- KUBIENA W. 1948: Entwicklungslehre des Bodens. Wien, Springer-Verlag
- LAATSCH W. 1957: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. 4. Aufl. Th. Steinkopf Dresden u. Leipzig
- LAATSCH W. 1963: Bodenfruchtbarkeit und Nadelholzanbau. Bayerischer Landwirtschaftsverlag München
- MADL W. 1960: Bindung und Verteilung des Phosphors in Böden der Bayerischen Moränenlandschaft. Dissertation Univ. München

- MAIR N. 1966: Zuwachs und Ertragsleistung subalpiner Wälder. Allg. Forstztg. 77. Jg. F. 6
- NEUWINGER I. und CZELL A. 1959: Standortsuntersuchungen in subalpinen Aufzuchtungsgebieten. I. Teil: Böden in den Tiroler Zentralalpen. Forstw. Cbl. 78. Jg. (11/12)
- NEUWINGER I. 1963: Beziehungen zwischen Relief, Pflanzendecke und Boden an der Obergrenze des Zirben-Lärchenwaldgürtels. Ber. d. naturw. med. Ver. in Innsbruck, Bd. 53, Festschrift Helmut Gams
- NEUWINGER I. 1964: Wirkungen von Substrat und Düngung auf das Wachstum von Jungzirben. Forstw. Cbl. 83. Jg. (5/6) 129 192
- NEUWINGER I. 1965: Die Vegetations- und Bodenaufnahme als Beitrag zur Abgrenzung von Standortseinheiten. Beiträge zur subalpinen Waldforschung, Mitt. d. Forstl. Bundesversuchsanst. Mariabrunn H. 66
- PALLMANN H. und HAFFTER P. 1933: Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im Oberengadin mit besonderer Berücksichtigung der Zwergstrauchgesellschaften der Ordnung Rhodoreta-Vaccinietalia. Ber. Schweiz. Bot. Ges. Bd. 42, Comm. S.I.G.M.A. Nr. 26
- ROUSSEAU L. Z. 1959: De l'influence du type d'humus sur le développement des plantules de Sapin dans les Vosges. Thèse Fac. des Sci. Nancy
- SONN S. W. 1960: Der Einfluß des Waldes auf die Böden. G. Fischer, Jena
- SOMMER G. 1966: Untersuchungen zur Fraktionierung des anorganischen Phosphats im Boden. Ztschr. f. Pflanzenernährung, Düngung u. Bodenk., 113. Bd, H. 3, S. 215