

**MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT**

HEFT 12

WIEN 1968

MITTEILUNGEN
DER
ÖSTERREICHISCHEN
BODENKUNDLICHEN
GESELLSCHAFT

HEFT 12

WIEN 1968

IN NEUEM GEWAND !

Fast alle wissenschaftlichen Gesellschaften in Österreich haben mit finanziellen Schwierigkeiten zu kämpfen. Das liegt zwar nicht nur, aber sehr weitgehend daran, daß die Zahl der in einer Dachorganisation, im "Notring der wissenschaftlichen Verbände Österreichs", zusammengeschlossenen Vereine immer größer wird, die Geldmittel dagegen, die für die Förderung wissenschaftlicher Vorhaben und für die Subventionierung von Druckkosten vorgesehen sind, nicht erhöht, sondern sogar gekürzt worden sind.

Die Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft (ÖBG) hat jedoch nicht nur ihren Anteil an diesen Schwierigkeiten zu tragen, sondern auch ein Handikap zu verkraften, das sich aus der besonderen Organisation der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft (IBG) ergibt. Da nämlich die IBG nur Einzelmitglieder kennt, ist für jene Mitglieder der ÖBG, die gleichzeitig der IBG angehören, der Gegenwert von je 2 US-Dollar abzuführen. Diese Notwendigkeit besteht bei anderen Vereinigungen nicht, denn sie sind lediglich als Verein an die entsprechende internationale Union angeschlossen. Dies ist deswegen vorteilhafter, weil den Beitrag der nationalen Vereine an die entsprechende internationale Union das Bundesministerium für Unterricht bzw. die Akademie der Wissenschaften trägt, was bei Einzelmitgliedschaften nicht möglich ist. Es ergibt sich daher bei anderen Vereinigungen zwischen der möglichen, zumutbaren Höhe des Mitgliedsbeitrages der Einzelmitglieder und den der Vereinsleitung zur Verfügung stehenden Mitteln eine wesentlich günstigere Relation, als dies bei der ÖBG der Fall ist. Vorsprachen beim "Notring" mit dem Ziel, eine Berücksichtigung der geschilderten Verhältnisse zu erreichen, führten zu keinem greifbaren Ergebnis.

Nachdem außerdem die finanzielle Reserve, die aus dem Jahr 1961 stammt - sie entstand anlässlich der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Wien -, trotz größter Sparsamkeit zusammenschmilzt, ist es notwendig geworden, den Druck der "Mitteilungen der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft" billiger zu gestalten. Die Hefte erscheinen deshalb in einem neuen Gewand. Sie werden nicht mehr im Buchdruck ausgeführt, sondern die Texte werden mittels Schreibmaschine erstellt und im Kleinoffsetverfahren gedruckt. Inhalt und Umfang sind von dieser Änderung nicht betroffen; es bleibt zu hoffen, daß das neue Gewand gebilligt wird.

Wien, im November 1968

V. Fink

INHALTSVERZEICHNIS

A. KRAPFENBAUER: Waldernährung und Problematik der Walddüngung	5
G. GLATZEL: Probleme der Beurteilung der Ernährungssituation von Fichte auf Dolomitböden	14
Symposion über die Untersuchung von Waldböden	47
Aus der Gesellschaft:	
Tätigkeitsbericht (J. FINK)	60
Exkursion 1966 (J. FINK)	63

SCHRIFTFLEITUNG

Prof. Dr. J. FINK

Prof. Dr. Ing. H. FRANZ

**Eigentümer, Herausgeber und Verleger: Österreichische Bodenkundliche Gesellschaft. Für den Inhalt
verantwortlich: Prof. Dr. Julius Fink. Beide 1180 Wien XVIII, Gregor Mendelstraße 33.**

WALDERNÄHRUNG UND PROBLEMATIK DER WALDDÜNGUNG

5

von A. KRAPPENBAUER, Wien

Waldernährung und Walddüngung können nur dann richtig beurteilt und verstanden werden, wenn man sich über die grundlegenden Probleme der Waldernährung im klaren ist. Nachfolgend wird der Versuch unternommen, skizzenhaft die wichtigsten Details dieses Fragenkomplexes zu umreißen.

Autotrophie und Mykotrophie

Den Waldbäumen ist die Aufnahme von Nährstoffen aus dem Boden auf zwei Wegen möglich: über die autotrophe Wurzel oder über die ektotrophe bzw. ektendotrophe Pilzwurzel. Die Waldbäume sind fakultativ mykotroph, das heißt, sie können Nährstoffe über Pilzwurzeln aufnehmen, wenn solche ausgebildet sind; ist dies nicht der Fall, so erfolgt die Aufnahme über die Wurzelspitzen mit Hilfe der Wurzelhaare, also autotroph.

Die ektotrophe bzw. ektendotrophe Mykorrhiza ist bei unseren wichtigen Waldbäumen, also bei Kiefer, Fichte, Buche, Eiche u. a. m., eine sehr häufige Erscheinung (LOBANOW 1960, HARLEY 1959, BERGEMANN 1955). Im Gegensatz zu früheren Meinungen steht heute fest, daß Mykotrophie auf sauren bis neutralen und schwach alkalischen Böden vorkommt, also auf fast allen Waldstandorten angetroffen werden kann.

Aus vielen Untersuchungen geht hervor, daß die Mykorrhizapilze durch ihre enge Verbindung mit den Wurzeln dem Partner Stickstoff, Kali, Phosphor und andere Nährstoffe neben Wasser zuführen. Da sie die Substrate besser erschließen, als dies die autotrophe Wurzel zu tun vermag, können sie Nährstoffe auch rohen organischen Substanzen und unverwitterten Mineralien entziehen. Der Pilz übt aber auch noch besondere Funktionen aus, die dem Baum zum Vorteil gereichen. Er akkumuliert u. a. anfallende Nährstoffe rasch im Pilzkörper und gibt sie, dem Stoffwechsel des Baumes angepaßt, an diesen allmählich weiter. Die Pilzwurzel ist gegenüber der autotrophen Wurzel dürre- und trockenheitsresistenter (HARLEY 1965). Die Wirkung der Mykorrhiza ist für die Forstwirtschaft von großer praktischer Bedeutung. Sie vermindert durch erhöhtes Aufschließungsvermögen, besonders auf mineralkräftigen Böden und auf Böden mit roher organischer Substanz, den Bedarf an leicht aufnehmbaren Nährstoffen. Sie ermöglicht daher auch die Verwendung von schwerer löslichen Düngemitteln. Die Wirkung, die dadurch erzielt werden kann, ist nicht nur preiswerter, sondern auch sicherer und nachhaltiger.

Die Zufuhr von Düngemitteln ist auch für die Ausbildung der Mykorrhiza von Bedeutung. Nach bisherigen Untersuchungsergebnissen ist eine nachteilige Wirkung bei einseitiger Überbetonung der Stickstoffdüngung, verbunden mit hohem Stickstoffspiegel

in den Feinwurzeln, zu erwarten (RICHARDS 1965, GLATZEL 1968). Eine substrat-angepaßte, ausgeglichene Düngung hat immer auch eine Steigerung des Grades der Mykorrhizie, verbunden mit besserem Wachstum, zur Folge (KRAPPENBAUER 1967, GLATZEL 1968, GÖBL und PLATZER 1968). Erhöhte Stickstoffkonzentration in der Wurzelmasse dürfte die Mykorrhizabildung behindern, in der Folge auch das Wachstum beeinträchtigen.

Sicherlich kann ohne Mykorrhiza auf Standorten mit optimaler Konstellation der Faktoren einschließlich Wasser- und Nährstoffversorgung auch ein optimaler Wachstumserfolg erzielt werden (MITCHELL et al. 1937). Solche Standorte dürften aber dort, wo Forstwirtschaft betrieben wird, in der Minderzahl sein. Wichtig ist die Tatsache, daß auf Standorten mit Nährstoffmangel bei Zufuhr von Nährstoffen in der Regel immer der Grad der Mykorrhizie dort am höchsten ist, wo auch die größte Wachstumsteigerung eingetreten ist.

Die Mykorrhizabildner sind teilweise baumarten-spezifisch. Sie dürften aber - aller Wahrscheinlichkeit nach - zum Teil auch substrat-spezifisch sein. Dies besagt aber, daß eine grundlegende Änderung der Verhältnisse in einem Substrat, z. B. durch hohe Kalkgaben, auch Einfluß auf den Wandel in der Art der Mykorrhizabildner haben dürfte. Dies könnte möglicherweise kurzfristig auch das Wachstum beeinträchtigen.

Polyfaktorielles Zusammenwirken der Wachstumsfaktoren

Ein optimales Zusammenwirken aller Wachstumsfaktoren sichert das beste Wachstum. Optimal ist dabei aber immer auf die Art oder den Ökotypus bezogen. Die Zonen größter flächenhafter Vitalität einer Art sind regelmäßig jene Bereiche, in denen die großräumigen klimatischen Gegebenheiten einer Art am besten zusagen. In diesen Bereichen sind substrat-, boden- und reliefbedingte Wachstumsfaktoren zwar Ursache verschiedener Ertragsleistung, sie wirken aber in der Regel nicht ausschließlich für das Vorkommen. Ganz anders verhält es sich allerdings in Zonen mit klimatisch bedingter verminderter Vitalität. Hier werden besonders die substrat-, boden- und reliefbedingten Wachstumsfaktoren entscheidend für das Vorkommen und die Wuchsleistung, denn durch sie werden die großklimatischen Gegebenheiten in ihrer Auswirkung auf das Wachstum entweder verschärft oder abgeschwächt.

Mangelhafte Versorgung mit einem bestimmten Wachstumsfaktor kann entweder direkt oder auch durch Verbesserung von dessen Nutzeffekt über optimalere Gestaltung anderer teilweise ausgeglichen werden. So kann z. B. ein ausgeglicheneres Nährstoffangebot den Nutzeffekt des Wassers durch Hebung der Produktivität der Assimilation steigern; oder verminderte Luftwärme kann durch günstige Wärmeeigenschaften des Bodens ausgeglichen werden u. dgl. m.

Das komplizierte wechselseitige Zusammenwirken aller das Wachstum beeinflus-

senden Faktoren macht es schwierig - in Geländeversuchen oft unmöglich -, den Wirkungsgrad einzelner Faktoren, so auch den der Nährstoffe, isoliert von allen anderen zu erfassen. Abgesehen vom Einfluß aller übrigen Faktoren auf das Wachstum steht fest, daß optimaler Ertrag auch an optimales Nährstoffangebot aus dem Substrat gebunden ist. Das Optimum muß aber auch dabei wieder baumarten-spezifisch gesehen werden.

Stickstoff

Der größte substratbedingte Mangel besteht allgemein ursprünglich an Stickstoff. Die Gesteine enthalten höchstens Spuren dieses wichtigen Pflanzennährstoffes. Die Stickstoffmenge, die heute in unseren Waldböden von einigen 100 kg/ha bis zu 20.000 kg/ha angereichert sind, wurden dort über die biologische Stickstoffbindung aus der Bodenluft oder die Stickstoffzufuhr über atmosphärische Niederschläge angereichert. Die N-Versorgung ist in unseren heutigen Wäldern vorwiegend an die Mineralisation von N aus der im und auf dem Waldboden befindlichen organischen Substanz gebunden. Es ist deshalb auch verständlich, daß bei geringem Anfall an organischer Substanz, bei mangelnder Mineralisation, durch Entfernung des Bestandesabfalles und des Anfalles von toter organischer Substanz aus der niederen Vegetation die Stickstoffversorgung gedrosselt und somit das Wachstum des Waldes stark beeinträchtigt wird. Dies ist auch die Ursache dafür, daß aus zahlreichen Geländeversuchen fast stets gesicherte positive Korrelationen bzw. Regressionen zwischen N-Versorgung und Baumwachstum abgeleitet werden können.

Kalium

Kalium ist in den bodenbildenden Gesteinen in ganz verschiedenen Mengen vorhanden. Während des Ablaufes der bodenbildenden Prozesse kann im Boden sowohl eine Anreicherung als auch eine Verarmung eintreten. Bei diesen Vorgängen spielt die jeweils sich einfindende Vegetation eine bestimmte Rolle. Im allgemeinen kann festgestellt werden, daß Böden aus Gesteinen, die reich an kalihaltigen Mineralien sind, in vergleichbarer Lage regelmäßig auch mehr Kalium enthalten als andere. Bei Böden aus Gesteinen, die - wie die karbonatischen Gesteine - primär relativ kaliarm sind, ist eher ein Mangel zu erwarten. Mit einer bestimmten Kaliakkumulation ist dabei auf Grund der Anreicherung der tonigen Bestandteile im Zuge der Verwitterung zu rechnen. Durch die hohe Mobilität des Kaliums ist auch eine hohe Neigung zur Auslaugung von Kali aus lebender und toter organischer Substanz gegeben. Dies kann einerseits zu einem raschen Umlauf des Kaliums führen, was bei mangelnder Kalinachlieferung den Effekt des vorhandenen erhöht, andererseits ist damit aber auch die Gefahr des Kaliverlustes durch Auswaschung gegeben. Hier dürfte im Waldboden die akkumulative Wirkung der Pilzwurzel einerseits und deren Aufschlußvermögen andererseits eine nicht unwesentliche Rolle spielen. Ein Überangebot an Kalium im Boden wirkt sich bei mangelnder Kalk-, Magnesium- und

Stickstoffversorgung besonders nachteilig auf das Wachstum aus, ebenso ein Mangel, wie er häufig auf Böden aus kalzium- und magnesiumkarbonathaltigem Substrat angetroffen werden kann.

Magnesium

Magnesium ist besonders in karbonatischen Gesteinen, vor allem im Dolomit und Kalk, und in silikatischen Gesteinen wie Olivinfels und Eklogiten, aber auch in Chlorit- und Serizitquarziten in relativ großen Mengen vorhanden. Böden aus diesen Gesteinen haben oft einen relativ hohen verfügbaren Magnesiumgehalt, der besonders bei geringer Kali- und Phosphorbereitstellung nachteilige Folgen im Wachstum bewirkt (KRAPPENBAUER 1967).

Phosphor

Die Phosphorbereitstellung im Boden ist sowohl an den primären Gehalt an Phosphormineralen im Gestein als auch an die Nachlieferung aus der Mineralisation der organischen Substanz gebunden. Besonders auf Böden mit Magnesium- oder Eisenüberschuß sind negative Auswirkungen auf die Phosphorversorgung bzw. auf die Mobilität des Phosphors in der Pflanze zu erwarten.

Kalk

Der Kalkgehalt im Boden hängt vom Gehalt im Ausgangsmaterial für die Bodenbildung und von den Bodenbildungsvorgängen ab. Kalk ist im Boden für die Erhaltung günstiger Bodeneigenschaften bedeutungsvoll. Einseitig hoher Kalkgehalt bewirkt verschiedene Schwächezustände in der Nährstoffbereitstellung, aber auch hinsichtlich der Antagonistenwirkung von Bodenpilzen gegenüber Wurzel- und Stammfäuleerregern. Eine Erhöhung des Rotfäulebefalls wurde u. a. von WEST-NIELSEN und OKSBJERG (1955) nachgewiesen.

Nährstoffbedarf - Nährstoffnachlieferung - Nährstoffkreislauf

Über den Nährstoffbedarf für die mittlere jährlich produzierte Baummasse liegen nur grobe Anhaltswerte vor. Der Bedarf der Laubbäume ist immer größer als jener der Nadelbäume.

Für die Nachlieferung an Nährstoffen zur Waldernährung spielt der laufende Anfall an toter organischer Substanz in und auf dem Waldboden eine sehr bedeutende Rolle. Die Nährstoffmenge, die jährlich in Rinde, Streu und Feinreisig festgelegt wird, ist immer beachtlich größer als jene, die in der Holzmasse gebunden wird. Streu und Feinreisig fällt als Bestandesabfall während der Umtriebszeit laufend an. Über deren Umsetzung wird ein Großteil der Nährstoffe im Laufe eines Bestandeslebens wiederholt im

Wachstumsprozeß wirksam. Je rascher die Umsetzung erfolgt, desto besser ist in der Regel die Nährstoffversorgung. Die sogenannte Mineralisierungsrate ist daher ein wichtiges Kriterium für die Waldernährung. Da die Mineralisierungsverhältnisse in den einzelnen Waldhumustypen (HARTMANN 1965) charakteristisch sind, bilden die jeweils herrschenden Humusbildungstendenzen ein gutes Kennzeichen für den Fortgang der Mineralisierung. In diesem Zusammenhang wird verständlich, daß die jahrhundertlang geübte Streunutzung die Leistungsfähigkeit der Waldstandorte stark gesenkt hat. Aber auch die Holznutzung ist von oft einschneidendem Einfluß auf die Nährstoffnachlieferung. In der Holzmasse sind zwar prozentmäßig relativ geringe Nährstoffmengen enthalten, auf die Zeit eines Umtriebes bezogen sind die entnommenen Mengen jedoch beachtlich (MAKI 1966). Die Verhältnisse werden noch bedeutend verschärft, wenn außer dem Derbholz auch noch das Reisig, womöglich mit der grünen Nadelmasse, und die Rinde entnommen werden.

Wo die Umsetzung bzw. die Mineralisierung des Bestandesabfalles ins Stocken gerät, kommt es zur Auflagebildung. Solche Auflagebildungen werden, pedogenetisch betrachtet, stets als besonders negativ empfunden. Sie stellen aber eine Nährstoffakkumulation dar, die für die Waldernährung bedeutungsvoll ist oder werden kann. Eine gewisse Auflagebildung ist im allgemeinen im Wald durch die regelmäßig länger als ein Jahr dauernde Umsetzung der Streu eine gegebene Tatsache. Je länger die Umsetzungsdauer ist, desto mächtiger wird die Auflage.

Die Auflagen bzw. die Humusdecken in unseren Wäldern sind ein wichtiger Rohstoff für die Waldernährung. Sie liegen örtlich in verschiedener Qualität und Quantität vor. Das Hauptproblem für die Forstwirtschaft bildet dabei die fortlaufende Mobilisierung von Pflanzennährstoffen aus den sich ständig verjüngenden Auflagen durch entsprechend regelnde Maßnahmen des Forstmannes.

Dem Waldboden werden auch über die Niederschläge Nährstoffe zugeführt. Diesbezügliche Untersuchungen sind in letzter Zeit in England (CARLISLE et al. 1967) angestellt worden. Dabei muß besonders bei Kali, aber auch bei anderen Mineralstoffen bedacht werden, daß das Niederschlagswasser aus der Nadelmasse und der Rinde Mineralstoffe auslaugt, und weiters, daß ein Teil des im Niederschlagswasser enthaltenen Stickstoffes aus den Denitrifikationsvorgängen des Waldbodens oder dem verflüchtigten Ammonium stammt.

Feststellung von Nährstoffversorgungsschwächen auf Waldstandorten

Nährstoffversorgungsschwächen sind auf Waldstandorten selbstverständlich nach den dort vorkommenden, für die Ertragsleistung maßgebenden Baumarten zu beurteilen. Das Ausnutzungsvermögen von Bodennährstoffen ist den Baumarten nach verschieden.

Die Kiefer z. B. hat auf gleichem Standort im Vergleich zur Fichte ein besseres Aneignungsvermögen für Stickstoff, während die Fichte ein besseres Aufschlußvermögen oder bessere Voraussetzungen für die Aneignung von Kalium besitzen dürfte. Die Nährstoffversorgungsschwächen können nach bodenkundlichen Befunden allein kaum oder überhaupt nicht beurteilt werden. Entscheidend ist immer der Anhalt, der über die Bäume selbst gewonnen werden kann; es sind dies reine Wachstumsmerkmale oder andere "physiologische" Merkmale. Weite Verbreitung hat die Nadel- bzw. Blattanalyse gefunden. Aber auch die Kennwerte aus Nadel- oder Blattanalysen bedürfen einer kritischen Prüfung. Die Nadelanalyse stellt immer nur eine Momentaufnahme dar, deren Ergebnis über die Beziehungen der Gehalte zu den tatsächlichen Stoffwechselforgängen unmittelbar nichts Eindeutiges aussagen kann. Entscheidend sind immer die Nährstoffe, die im Organismus "Pflanze" für Stoffwechselforgänge tatsächlich verfügbar sind. Darüber ermöglicht aber die Nadelanalyse primär keine absoluten Aussagen. Das Ergebnis muß immer mit Wachstumsmerkmalen gemeinsam interpretiert werden. Dabei gibt es aber eine ganze Reihe von Irrtumsmöglichkeiten. Wenn nach besonders starkem Wachstum gegen Ende der Vegetationszeit starke Verdünnungseffekte an einem Nährstoff auftreten, so werden diese bei primären Untersuchungen als solche kaum erkannt, eine festgestellte niedrige Konzentration trotz anscheinend guten Wachstums also nicht als Anzeichen für einen Mangel gedeutet. Wenn durch Ionenantagonismus bei Überschuß eines einzelnen Nährstoffes ein anderer in der Mobilität innerhalb der Pflanze stark gehemmt oder überhaupt festgelegt wird, kann ein durch Blatt- oder Nadelanalysen festgestellter und als ausreichend beurteilter Gehalt Ursache gehemmten Wachstums sein, weil er in der pflanzlichen Substanz zwar scheinbar ausreichend vorhanden, in Wirklichkeit aber nicht in ausreichendem Maße für den Stoffwechsel verfügbar ist. Um den allgemeinen Aussagewert der Nadel- bzw. Blattanalyse für eine bestimmte Baumart zu festigen, sind gezielte Experimente auf verschiedenen Substraten bzw. Böden, am besten über entsprechende Vorversuche in Gefäßen, ein gangbarer Weg. Gemeinsam mit Bodenuntersuchungsergebnissen wird man dann jeweils leichter zu angemessenen Empfehlungen für Düngungsmaßnahmen kommen.

Nährstoffergänzungen und Verdünnungseffekte

Werden einem Substrat Nährstoffe zugeführt, tritt als Folge immer eine Verschiebung der Verhältnisse der Nährstoffe zueinander ein. Dies führt oftmals, besonders bei einseitiger Nährstoffergänzung, nach anfänglich verbessertem Wachstum zu einem raschen Nachlassen des Wachstums oder sogar zur Erschöpfung der Pflanzen. Die Ursache dafür ist vielfach ein Verdünnungseffekt, der durch einseitige Düngung zustande kommen kann. Ursprünglich mangelt es anscheinend nur an einem Nährstoff; nach Zufuhr des mangelnden Pflanzennährstoffes tritt nach einem über eine gewisse Zeit dauernden guten

Wachstum eine Depression ein, die jetzt im Mangel eines anderen Nährstoffes ihre Ursache hat. Diese sogenannten Verdünnungseffekte können aber auch als Ursache von Immobilisierung durch Ionenantagonismus in der Pflanze selbst auftreten.

Diese Zusammenhänge sind der tiefere Grund dafür, daß bisher selbst auf Standorten mit ausgesprochen einseitigem Nährstoffmangel durch die gleichzeitige Zufuhr nicht nur des mangelnden, sondern auch anderer Hauptnährstoffen regelmäßig eine bessere Wuchsleistung erzielt wird. Dies spricht aber nicht für eine unüberlegte bzw. unausgewogene Düngung mit allen sogenannten Hauptnährstoffen, es ist vielmehr notwendig, die engeren Zusammenfassungen zu untersuchen und auf diese Weise zu richtigen Düngeempfehlungen zu kommen.

Zusammenfassung

Für die Waldernährung ist, abweichend von den anderen Kulturpflanzen, die Mykorrhizie von besonderer Bedeutung.

Das polyfaktorielles Zusammenspiel der Wachstumsfaktoren schafft Standortverhältnisse, die für die einzelnen Baumarten verschieden geeignet sind. Dabei sind für das Vorkommen bestimmter Arten primär die großräumigen klimatischen Gegebenheiten entscheidend. Boden- und reliefbedingte Faktoren werden aber trotzdem immer in der Ertragsleistung wirksam. Wo die klimatischen Voraussetzungen für eine Art ungünstig werden, sind Boden- und Reliefaktoren und besonders die Nährstoffversorgung für das Vorkommen und den Ertrag entscheidend. Substratbedingte Schwächen in der Nährstoffbereitstellung haben regelmäßig einen weitreichenden Einfluß auf das Baumwachstum.

Für die Nährstoffversorgung der Bäume ist der Substanzkreislauf über den ober- und unterirdischen Bestandesabfall, den Anfall an toter organischer Substanz, die von der niederen Vegetation und von tierischen Bodenorganismen stammt, die Grundlage. Organische Auflagen bilden im allgemeinen im Wald einen wichtigen Rohstoff für die Waldernährung.

Nährstoffversorgungsschwächen können primär nur über "physiologische" Merkmale festgestellt werden. Nadel- und Blattanalysergebnisse sowie Bodenuntersuchungen sind Interpretationshilfsmittel und nur Anhalte für die Düngemittelmengenbemessungen.

Nährstoffergänzungen haben vielfach eine Verschiebung der Verhältnisse im Angebot vom Substrat her, aber auch Änderungen der Mobilität der Nährstoffe in der Pflanze zur Folge. Dies führt bei einseitiger Nährstoffergänzung oft nach anfänglich erhöhtem Wachstum zu Erschöpfungerscheinungen auf Grund sogenannter Verdünnungseffekte.

Als ein unmittelbares Zeichen dafür ist die Tatsache zu werten, daß selbst auf Standorten mit einem festgestellten einseitigen Mangel mit der Zufuhr aller Hauptnährstoffe regelmäßig der beste Wachstumserfolg erzielt wird. Dies darf aber keine Ermun-

terung für eine unausgewogene Düngung mit den Hauptnährstoffen ohne Rücksicht auf die echten standörtlichen und baumartenspezifischen Bedürfnisse sein, es soll vielmehr der Anstoß für weitere eingehendere Untersuchungen der Zusammenhänge sein.

Literaturhinweis :

- BERGEMANN, J.: Die Mykorrhiza - Ausbildung einiger Koniferen-Arten in verschiedenen Böden. Z.f. Weltfw. 18 (1955) 184-202
- CARLISLE, A., BROWN, A.H.F. and WHITE, E.J.: The nutrient content of rainfall and its role in the forest nutrient cycle. XIV. JUFRO-KONGRESS, Referat II, (1967) 145-158
- GLATZEL, G.: Ein Gefäßversuch zur Frage der Mineralstoffernährung von Fichte auf Dolomitböden. Unveröff. Diss. 1968, Hochschule für Bodenkultur, Wien
- GÖBL, F. u. PLATZER, H.: Einfluß von Düngung und Mykorrhiza-Impfung auf das Wachstum von Fichtenpflanzen. "Cbl. ges. Forstwesen" 85 (1968) 3, 160-172
- HARLEY, J.L.: The Biology of Mycorrhiza (L. HILL 1959)
- HARLEY, J.L.: Mycorrhiza. In "Ecology of soil-borne plant pathogens" pp 218-230, redigiert von Baker, K.F. und Snyder, W.C. (Univ. of California Press, Berkeley/Los Angeles, USA, 1965)
- KRAPFENBAUER, A.: Eine autökologische Studie eines Serpentinstandortes im Dunkelsteinerwald und ein Gefäßversuch mit *Pinus silv.* u. *Pinus nigr.* var. *Austriaca* auf Serpentinboden. Cbl. ges. Forstwesen 84 (1967), 2-6, 207-230
- LOBANOW, N.W.: Mykotrophie der Holzpflanzen. (Deutscher Verl. d. Wissenschaften, Berlin, 1960)
- MAIK, T.E.: Fertilizers in Forestry (FAO, Rome 1966)
- MITCHELL, H.L., FINN, R.F. and ROSENDAHL, R.O.: The relation between mycorrhiza and the growth and nutrient absorption of coniferous seedlings in nursery beds. Black Rock For. Pap. 1 (1937) 58-73

RICHARDS, N. B.: Mycorrhiza development of Loblolly pine seedlings in relation to soil reaction and supply of nitrate.
Plant and Soil 22 (1965), 187-199

WEST-NIELSEN, G. and OKSBJERG, E.: Forsatte undersogeler over granens wackst og sundhed. Hedeselkabets Tidsskrift, 1955, H 4, 1-22

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. Anton KRAPFENBAUER, Institut für forstliche Standortforschung, Hochschule für Bodenkultur, 1190 Wien, Peter Jordanstraße 82.

PROBLEME DER BEURTEILUNG DER ERNÄHRUNGSSITUATION VON FICHTE AUF DOLOMITBÖDEN

Ein Gefäßversuch
von GERHARD GLATZEL, Wien

Einleitung

Wenige forstliche Intensivierungsmaßnahmen haben in den letzten zwei Jahrzehnten so geteilte Aufnahme bei Forstpraktikern gefunden wie die Anwendung von mineralischen Düngemitteln. Zahlreiche ungelöste Probleme des Erkennens und Behebens von Nährstoffmängeln bei Waldbäumen und häufig die Unfähigkeit, die Wirkung der ausgebrachten Düngemittel exakt voraussagen zu können, verhinderten vielfach eine klare, betriebswirtschaftlich fundierte Beurteilung dieses Fragenkomplexes. Dieser Mangel an Erkenntnissen aber spiegelt sich in der Einstellung der Forstleute zu Düngungsfragen wider.

Ernährungsphysiologische Untersuchungen und praktische Düngungsversuche konnten zwar während der letzten Jahre manche Wissenslücke schließen - zumindest soweit unsere Wirtschaftsbaumarten Fichte und Kiefer betroffen waren -, aber auch heute noch verhindert das Fehlen geeigneter Unterlagen in vielen Fällen die Erstellung fundierter Düngungsempfehlungen. Insbesondere dann, wenn es gilt, andere als die "klassischen" Düngungsstandorte mit Böden geringer Basensättigung zu beurteilen. So fehlen für Standorte, deren Böden ein hohes, einseitiges Angebot an bestimmten Mineralstoffen aufweisen, Literaturhinweise noch weitgehend.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, Fragen der Mineralstoffernährung von Fichte bei starkem Überangebot von Kalzium und Magnesium, wie dies auf Dolomitböden der Fall ist, zu untersuchen. Die Forderung nach Düngungsempfehlungen wird im Falle der Dolomitböden nicht nur von den mit Holzproduktion befaßten Forstleuten, sondern auch von den Wildbach- und Lawinverbauern gestellt, die immer wieder über den schlechten Wuchs der auf Dolomitstandorten kultivierten Jungpflanzen klagen.

In einem Gefäßversuch, der als Vorstudie für Geländeversuche geplant war, wurde untersucht, wie weit die im forstlichen Bereich üblichen Grenzwerte zur Interpretation von Blatt- und Bodenanalysendaten für diesen speziellen Ernährungsfall unmodifiziert übernommen werden können und welche grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen Mineralstoffaufnahme und Wuchsreaktion von Fichtenjungpflanzen auf Dolomitsubstrat bei verschiedenen Düngergaben bestehen.

Besonderheiten der Mineralstoffernährung auf Dolomitböden

In Mitteleuropa sind Dolomitböden meist rendzinaartige Böden mit hohen Gehalten an dolomitischem Skelettmaterial. Da Dolomite der Lösungsverwitterung mehr Widerstand entgegensetzen als Kalke und darüber hinaus meist nur wenig tonigen Lösungsrückstand hinterlassen, ist die anorganische Komponente, die für die Bildung eines A-Horizontes zur Verfügung steht, gering. Dolomitrendzinen sind daher meist flachgründige Böden mit geringer Wasserkapazität.

Bei durchschnittlich fortgeschrittener Entwicklung enthalten derartige Böden im A-Horizont reichlich organische Substanz. Dank der hohen Ca- und Mg-Sättigung und des dadurch hohen pH-Wertes ist die Tätigkeit von Bodenorganismen intensiv. Das C/N-Verhältnis von Rendzina-Humus liegt meist im Bereich von 9 bis 14, ist also ziemlich eng. Die Durchlüftung ist dank des Vorherrschens wasserstabiler Aggregate gut. Dolomitböden zeichnen sich durch sehr unausgeglichenes Mineralstoffangebot für Pflanzen aus. In der Bodenlösung und am Sorptionskomplex dominieren Ca- und Mg-Ionen. Die Abundanz anderer pflanzenaufnehmbarer Mineralstoffe hängt weitgehend von der Qualität der nichtkarbonatischen Komponente des Ausgangsgesteines ab. Da diese Komponente in Dolomiten vielfach aus nährstoffarmen Silikaten besteht, die noch dazu bei hohem pH nur langsam verwittern, ist Kali- und Phosphormangel nicht selten. Auf die Versorgung der Pflanzen mit Eisen und manchen Spurenelementen wirkt sich die Basizität ungünstig aus. Die Stickstoffversorgung ist bei genügendem Anfall an geeigneter Streu durch die meist gute Mineralisationsrate gesichert.

Die Auswirkungen von derart einseitigen Ernährungsvoraussetzungen auf das Wachstum auf Waldböden sind noch kaum untersucht. Auch der sonst so bequeme Vergleich mit landwirtschaftlichen Erfahrungen versagt hier, da sich Dolomitböden wegen des hohen Skelettgehaltes und des raschen Humusabbaues bei ungenügender Nachlieferung an organischem Abfall dem Vergleich mit solchen Kulturen entziehen. Einige zu erwartende Störungen der Makroelement-Ernährung lassen sich aber durch Anwendung allgemeiner Erfahrungen abschätzen:

Der entscheidendste Einfluß wird natürlich von dem Überangebot an Kalzium und Magnesium ausgehen. Das theoretische Verhältnis von Ca- zu Mg-Ionen, das die Verwitterung des Minerals Dolomit erwarten läßt, ist am Sorptionskomplex und in der Bodenlösung zugunsten von Ca verschoben, da Mg-Ionen an ihren spezifischen Sorptionsstellen weniger fest gebunden sind und daher leichter ausgewaschen werden können (BECKETT, 1965). Da die Pflanzen aber im allgemeinen auch weniger Magnesium benötigen (MENGEL, 1965), kann nicht ohne weiteres darauf geschlossen werden, daß das größere Kalziumangebot aus der Bodenlösung auch den größeren physiologischen Einfluß ausübt. Untersuchungen von KRAPFENBAUER (1966) an Kiefernpflanzen auf Serpentinböden deuten vielmehr darauf hin, daß diese Baumart gegen Magnesiumüberschuß wesentlich empfind-

licher ist als gegen Kalziumüberschuß. Über Wachstumsverminderungen bei hohen Magnesiumkonzentrationen in Citrus-Blättern berichten MARTIN und PAGE (1965).

Die bekannteste Ursache von Störungen bei Kalzium- und Magnesiumüberschuß sind Ionenantagonismen mit anderen in Kationenform aufgenommenen Nährstoffen. Auf Dolomitböden kommt in erster Linie der Antagonismus mit Kalium in Betracht. Der Antagonismus mit dem Ammonium-Ion ist für die Stickstoffaufnahme wenig bedeutend, da Ammonium dank der hohen Basensättigung derartiger Böden rasch nitrifiziert wird.

Der Bedarf der Pflanzen an Kalium wird durch hohes Kalzium- und wohl auch hohes Magnesiumangebot stark erhöht. (In der Literatur - HOVLAND und CALDWELL, 1960; SCHARRER und MENGEL, 1958 - wird zwar durchwegs der umgekehrte Fall beschrieben, nämlich daß starke Kalidüngung auf Mg-armen Böden den Magnesiummangel verschärft, doch sollte, wenn es sich um einen Ionenantagonismus handelt, auch der genannte Effekt eintreten können.) Da viele Dolomitböden von Haus aus schlecht mit Kalium versorgt sind, ist leicht abzusehen, daß auf Dolomitstandorten vielfach mit Kaliummangelerscheinungen gerechnet werden muß. Die Auswirkungen von Kalzium- und Magnesiumüberschuß auf den Stickstoff- und Phosphorstoffwechsel sind weniger leicht zu überblicken. Daß auch mit diesen Elementen enge Wechselbeziehungen bestehen, zeigt eine Arbeit von HOVLAND und CALDWELL (1960). In einem Ernährungsversuch mit Kartoffel wurde festgestellt, daß durch NP-Düngung das Äquivalentverhältnis Mg:K in den Blättern von 1.42 auf 3.64 hinaufgesetzt wurde.

Ein möglicher Mechanismus für Wechselwirkungen zwischen Magnesium und Phosphor wurde von ENSMINGER et al. (1965) aufgezeigt. Bei der Untersuchung von Schäden, die durch Ammoniumphosphate an Keimlingen hervorgerufen werden, stellte sich heraus, daß der äußere Ausdruck dieser Schäden Magnesiummangelerscheinungen sehr ähnelt. Da in vitro bei pH-Werten höher als 7 Mg durch $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ als MgNH_4PO_4 ausgefällt wird, schlossen Ensminger und seine Mitarbeiter, daß auch in lebenden Zellen eine Inaktivierung des Magnesiums durch Phosphatgruppen die Magnesiummangelsymptome verursachen müsse. Ob umgekehrt hohes Mg-Angebot Phosphatgruppen soweit inaktivieren kann, daß Phosphormangelerscheinungen auftreten, wurde leider nicht untersucht.

Da Dolomitböden vielfach auch arm an Phosphor sind, könnte eine teilweise Inaktivierung des Phosphates in den Pflanzen durch Magnesiumüberschuß die Phosphorernährungssituation auf Dolomitstandorten stark verschlechtern. Wie schon früher erwähnt, scheint die Stickstoffernährung auf Dolomitböden ziemlich gut gesichert zu sein, Kalzium- und Magnesiumüberschuß kann aber durch Verschärfung des Kalium- und Phosphormangels indirekten Einfluß auf den N-Stoffwechsel ausüben. Denn nach WITTICH (1958) vermag P- und K-Mangel die Nukleinsäure- und Proteidsynthese derart zu hemmen, daß die Zellen mit schädlichen löslichen N-Verbindungen überschwemmt werden, die nicht weiter verarbeitet werden können.

Beurteilung der Mineralstoffversorgung

Die Überprüfung von Methoden zur Beurteilung der Mineralstoffversorgung für den Fall der Fichte auf Dolomittböden war eine sehr entscheidende Aufgabe dieses Versuches. Nachfolgend sollen daher die im forstlichen Bereich üblichen Verfahren - Bodenanalyse, Pflanzenanalyse, Vegetationsversuch und Nämierungsmethoden - kurz besprochen werden. Fast allen Verfahren liegt das Bestreben zugrunde, Wuchsreaktionen von Pflanzen mit reproduzierbaren und leicht erfaßbaren Merkmalen des Mineralstoffhaushaltes zu korrelieren. Meist wird noch versucht, Grenzmerkmale für ausreichendes und optimales Wachstum im Sinne des Produktionszieles zu erarbeiten.

a) Bodenanalytisches Verfahren:

Bodenanalysendaten sind zweifellos auch im Bereich der Waldernährung die am häufigsten verwendeten Nährstoffmerkmale zur Charakterisierung von Standorten. Die Brauchbarkeit von Extraktions- und Aufschlußverfahren - der besonders gerne angewandte Salzsäureauszug steht etwa in der Mitte zwischen beiden - zur Beurteilung der Nährstoffversorgung von Waldbäumen wurde wiederholt untersucht, wobei die Ergebnisse recht unterschiedlich waren - siehe dazu FIEDLER, HUNGER und NEBE (1962); FIEDLER und NEBE (1963); HEINSDORF (1964); TAMM (1964); WITTICH (1958, 1960) und andere. Als Gründe für das zumindest teilweise Versagen der Bodenanalyse im forstlichen Bereich können die besondere Aufschlußkraft der Wurzeln mancher Bäume, insbesondere bei Mykorrhizie, die lange Kulturdauer und nicht zuletzt der komplexe, mehrschichtige Aufbau vieler Waldböden genannt werden.

b) Pflanzenanalytisches Verfahren:

Die pflanzenanalytischen Verfahren basieren auf der chemisch-analytischen Erfassung des Mineralstoffgehaltes pflanzlicher Organe oder ganzer Pflanzen.

Zur Beurteilung der Nährstoffversorgung von Bäumen hat sich besonders die Blattanalyse durchgesetzt. LUNDEGARDH (1945) hat diesem Verfahren zum Durchbruch verholfen. Er versuchte die Schwierigkeiten mit den bodenanalytischen Methoden dadurch zu umgehen, daß er die leicht bestimmbare Mineralstoffkonzentration in einem Pflanzenorgan als integriertes Ergebnis aus Mineralstoffverfügbarkeit des Bodens und physiologischer Aufnahme auffaßte. Lundegardh schlug das Blatt als Referenzorgan vor, weil es als "Nährstofflaboratorium" der Pflanze das konstanteste und durchschnittlich höchste Nährstoffniveau aufweist. Die grundsätzliche Brauchbarkeit dieses Verfahrens - das in seiner Anwendung auf Koniferen auch "Nadelanalyse" genannt wird - zur Beurteilung der Mineralstoffversorgung unserer Wirtschaftsbaumarten Fichte und Kiefer wird von zahlreichen Autoren bestätigt (AALTONEN, 1950; HÖHNE, 1963; HÖHNE und NEBE, 1964; HUNGER, 1965; LEYTON, 1958; NEBE, 1963; TAMM, 1964; WEHRMANN, 1963; u. a. Autoren). Da die Nährelementkonzentration in den Nadeln ein und desselben Baumes

vom Nadelalter (HÖHNE, 1963), von der Jahreszeit (HÖHNE, 1963; LEYTON, 1958) und von der Position in der Krone (HÖHNE, 1963; STREBEL, 1961) abhängt, war es notwendig, die Probennahme zu standardisieren. Für allgemeine Fälle werden daher heute die halbjährigen Nadeln des obersten Quirls, in der Zeit zwischen Oktober und Januar ge-
 worben, für Nadelanalysen verwendet (BAULE und FRICKER, 1967; WEHRMANN, 1963).

Die praktische Anwendung der Blattanalyse zur Beurteilung des Nährstoffversorgungsgrades setzt die Kenntnis von Bezugswerten voraus. Diese sollen Nährstoffkonzentrationen in den Nadeln definieren, die zur Erzielung von bestimmten Wuchsleistungen notwendig sind. Für die Fichte liegt bereits eine größere Zahl von Arbeiten zu diesem Problem vor. (HUNGER, 1965; INGESTAD, 1959; 1962-1963; NEBE und BENES, 1965; STREBEL, 1961; TAMM, 1964; WEHRMANN, 1963; u. a. A.)

Die Ermittlung der von diesen Autoren angeführten Vergleichswerte erfolgte empirisch auf zwei Arten:

STREBEL (1961), HUNGER (1965) und NEBE und BENES (1965) analysierten Nadelproben aus optimalwüchsigen Beständen, um auf diese Weise Anhaltspunkte über Elementkonzentrationen in den Nadeln zu erhalten, bei denen noch überdurchschnittliches Wachstum möglich ist. INGESTAD (1962-1963) hingegen erarbeitete Grenzkonzentrationswerte, die optimalem und mangelhaftem Wachstum entsprechen, über einen Nährstoffsteigerungsversuch in Wasserkultur.

In Tabelle 1 sind einige Vergleichswerte aus der Literatur angeführt.

Tabelle 1

Bereiche der Nährstoffkonzentrationen in den 1/2-jährigen Nadeln von Fichte bei mangelhaftem und gutem Wuchs. Nach Literaturangaben.

Element	Nährstoffkonzentration in %				
	bei mangelhaftem Wuchs		bei Höchstertrag		
	Mangel- symptome INGESTAD (1962-1963)	mäßiger Mangel INGESTAD (1962-1963)	INGESTAD (1962-1963)	NEBE, BENES (1965)	STREBEL (1961)
N	1,00-1,70	0,90-1,80	1,80-2,40	1,37-1,67	1,44
P	0,05-0,11	0,07-0,10	0,10-0,30	0,11-0,21	0,19
K	0,3	0,3-0,7	0,7-1,1	0,53-0,83	0,42
Ca	0,02	0,02-0,09	0,09-0,6	0,39-0,64	0,57
Mg	0,02-0,07	0,02-0,09	0,09-0,16	0,14-0,18	0,17

Wie daraus zu ersehen ist, streuen selbst die Werte für optimales Wachstum in einem weiten Bereich. Die Erklärung für diese Unstimmigkeiten ist darin zu suchen,

daß zwischen dem Massenzuwachs eines Pflanzenorganes und der in diesem Organ vorhandenen Menge eines Einzelnährstoffes keineswegs direkte, mathematisch erfaßbare Zusammenhänge bestehen. Das Wachstum ist ja der Ausdruck einer Vielzahl von Faktoren, und selbst wenn man nur die Seite der Mineralstoffernährung ins Auge faßt, ist klar, daß die Massenproduktion die Resultierende der Einzelwirkungen aller Nährelemente und - unter Umständen - aller Störelemente ist. Diese Einzelkomponenten sind überdies nicht gleichgerichtet und additiv, sondern durch wechselseitige Beeinflussungen komplex verwoben.

Zahlreiche Autoren (HUNGER, 1965; NEBE, 1963; TAMM, 1964; WEHRMANN, 1963; WELLS, 1965; WITTICH, 1958; 1960, et al.) betonen daher, daß nur durch polyfaktorielle Betrachtungsweise manche scheinbaren Widersprüche zwischen Blattanalysergebnissen und Wuchsreaktionen geklärt werden können.

Der praktischen Anwendung dieser Betrachtungsweise stehen allerdings noch große Hindernisse im Wege. Daher werden meist erst Nährelementpaare auf diese Art untersucht. Voraussetzung für eine sinnvolle Interpretation von Nährstoffverhältnissen in Pflanzenorganen ist eine durch Experimente erhärtete Kenntnis der wechselseitigen Beeinflussung der in Frage kommenden Elemente. So drücken Nährstoffverhältnisse im einfachsten Fall Antagonismen aus, wie etwa K:Ca-, K:Mg- und Ca:Mg-Verhältnisse. Sie können aber auch ein grober Anhalt für die Konzentration gewisser Elemente im Vergleich zur Protoplasmamenge sein, wie etwa K:N- oder P:N-Verhältnisse bei suboptimaler Stickstoffkonzentration (TAMM, 1964).

Besonders schwierig wird die richtige Deutung von Blattanalysergebnissen, wenn die untersuchten Pflanzen unter stark einseitigem Nährstoffmangel leiden (WITTICH; 1960) oder wenn mittels Blattanalyse die Wirkung einer Düngung beurteilt werden soll (TAMM, 1964). In beiden Fällen müssen Wuchsmerkmale unbedingt mit zur Beurteilung herangezogen werden.

Zusammenfassend kann über die Blattanalyse gesagt werden, daß sie sich zwar als brauchbare, in vieler Hinsicht der Bodenanalyse überlegene Methode zur Beurteilung der Nährstoffversorgung von Fichte und Kiefer erwiesen hat, daß aber die Interpretation der Analysergebnisse oft sehr schwierig ist und noch zahlreiche Fragen einer Klärung bedürfen. Die Forderung der Praktiker nach einfachen, universell anwendbaren Grenzwerten zur verlässlichen Abschätzung des Mineralstoffversorgungsgrades konnte daher erst bedingt erfüllt werden. Grenzwerte, die für alle Ernährungssituationen einer Baumart Geltung hätten, also auf allen Standorten gleich anwendbar wären, scheinen aus prinzipiellen Gründen nicht möglich zu sein.

c) Vegetationsversuchsverfahren:

Die Verwendung von Gefäß- und Feldversuchen zur Beurteilung der Mineralstoffversorgung von Pflanzen kommt aus der Landwirtschaft. Meist werden dabei quantita-

tive Aussagen über die Versorgungskraft oder die Düngungsbedürftigkeit von Böden angestrebt (BERGMANN, 1958).

Zur Beurteilung der Mineralstoffversorgungskraft von Waldböden sind diese Methoden jedoch wenig geeignet (FIEDLER, HUNGER und NEBE, 1962). Zu den schon besprochenen Schwierigkeiten der chemischen Waldbodenanalyse mit den vielschichtigen Waldböden kommt noch das Problem, daß besonders die für die Ernährung unserer Waldbäume so wichtigen humosen Horizonte sehr empfindlich auf veränderte Umweltsbedingungen, die ja jeder Gefäßversuch mit sich bringt, reagieren. Da der Waldhumus aber nicht nur "Ionenaustauscher", sondern auch ein wichtiger Nährstoffspeicher ist, kann schon eine Erhöhung der Mineralisationsrate um wenige Prozente stark verfälschte Aussagen über das Gesamtnährstoff- und insbesondere das Stickstoffangebot des Bodens verursachen (TAMM, 1964). Geländeversuche zur Beurteilung der Nährstoffversorgung von Waldbeständen sind hingegen ungleich schwieriger durchzuführen als Feldversuche mit landwirtschaftlichen Nutzpflanzen (NEBE, 1965; THOMASIU, 1962; WITTICH, 1958 und 1960). Extrem lange Produktionszeit und komplex definierte Wachstumskriterien sind die Hauptschwierigkeiten, die das forstliche Versuchswesen belasten und Geländeversuche zur Beurteilung der Mineralstoffversorgung von Baumbeständen bzw. der Versorgungskraft von Waldstandorten für konkrete Begutachtungsfälle praktisch ausscheiden lassen.

Wenn in der Forstwirtschaft Geländeversuche zu Problemen der Waldernährung angestellt werden, haben sie fast ausschließlich den Zweck, die wachstumssteigernde Wirkung von bestimmten, durch hypothetische Erwägungen festgelegten Mineralstoffgaben zu prüfen. Dadurch kann die Zahl der Behandlungsstufen so klein gehalten werden - oft nur gedüngt und ungedüngt -, daß derartige Düngungsversuche praktisch durchführbar sind.

c) Näherungs- und Sonderverfahren:

An weiteren Methoden zur Beurteilung der Mineralstoffversorgung von Waldbeständen sind noch die Nährstoffmangeldiagnose nach äußeren Merkmalen und die pflanzensoziologischen Verfahren zu nennen. Obwohl für die wichtigen Nährstoffe Mangelsymptome wie Verfärbungen, Chlorosen, morphologische Veränderungen von Pflanzenorganen und schließlich verschiedene Nekrosen bekannt sind (BRÜNING, 1959; GOOR, 1962; PENNINGSFELD, 1964; u. a. A.), stößt die praktische Beurteilung des Ernährungszustandes von Forstgewächsen mittels dieser Merkmale auf erhebliche Schwierigkeiten.

Es bedarf großer Erfahrung, Mangelsymptome richtig zu deuten, können doch auch Trockenheit, verschiedene Krankheiten, Industrieabgase und Schädlingsbefall sehr ähnliche Reaktionen hervorrufen (KRAMER und KOZLOWSKI, 1960). Darüber hinaus ist diese Methode nur auf den ziemlich kleinen Prozentsatz von Waldbeständen anzuwenden, die unter starkem Nährstoffmangel leiden. Die große Masse der Bestände mit

schwachem bis mittlerem Mangel kann nicht erfaßt werden.

Mittels pflanzensoziologischer Verfahren können zwar Standorte und Standorteigenheiten ausgezeichnet charakterisiert werden, eine konkrete Beurteilung der Versorgungssituation eines Bestandes mit den einzelnen Nährstoffen ist jedoch damit nicht möglich. Auch diese Methoden tendieren dazu, die Extreme besser zu charakterisieren als das breite Spektrum der mittelmäßig versorgten Bestände.

Da die Pflanzengesellschaft eines Standortes Ausdruck aller Standortfaktoren ist, kann darüber hinaus die Gunst einzelner Faktoren das Bild stark verzerren.

Ernährungsphysiologische Versuche

Es ist das Ziel ernährungsphysiologischer Versuche, die Zusammenhänge zwischen Nährstoffversorgung und Wuchsreaktion experimentell zu klären. Nur wenn diese Zusammenhänge bekannt sind, können Daten über die Mineralstoffversorgung eines Standortes richtig interpretiert werden. Da unsere Baumarten artspezifisch recht unterschiedliche Ansprüche an die Konzentrationen der einzelnen Elemente stellen, ist es notwendig, jede einzelne Baumart ernährungsphysiologisch zu charakterisieren (INGESTAD, 1962-1963; TAMM, 1964; WITTICH, 1960).

Voraussetzung für derartige Versuche ist eine ausreichende Definierbarkeit des Mineralstoffangebotes und der Wuchsbedingungen. Am leichtesten überblickbar ist das Nährstoffangebot in Wasserkulturexperimenten oder in Experimenten auf künstlichen Substraten. Nachteilig ist dabei der relativ große Aufwand und insbesondere die den natürlichen Verhältnissen nur schlecht entsprechende Wurzel Ausbildung der Versuchspflanzen. Am schwersten zu definieren ist das Nährstoffangebot bei Freiland- und Geländeversuchen, bei denen auch die quantitative Einsammlung aller Pflanzenorgane für die Untersuchung auf erhebliche Schwierigkeiten stößt. Störungen durch äußere Einwirkungen sind wenig kontrollierbar, und kleinstandörtliche Unterschiede erhöhen die Streuung und machen große Wiederholungszahlen notwendig.

Ein brauchbarer Kompromiß scheint für viele Fälle der Gefäßversuch auf natürlichen Substraten zu sein. Das Mineralstoffangebot ist zwar weniger gut definierbar, doch lassen sich die übrigen Versuchsbedingungen in weiten Grenzen variieren und sind einer Messung zugänglich. Von großem Vorteil ist überdies die Tatsache, daß sich die Pflanzen mit diesem Verfahren mykotroph ziehen lassen.

Zu betonen ist, daß ernährungsphysiologische Gefäßversuche nicht mit Gefäßversuchen, die die Beurteilung des Mineralstoffversorgungspotentials des Bodens bestimmter Waldstandorte zum Ziel haben und die, wie schon früher erwähnt, für diesen Zweck wenig geeignet sind, verwechselt werden dürfen.

Gefäßversuch auf Dolomitsubstrat

Problemstellung

Die diesem Versuch zugrundeliegende Fragestellung kann wie folgt umrissen werden:

- Wie weit kann die normale Makroelementernährung von Fichten-Jungpflanzen durch hohes Ca- und Mg-Angebot, wie dies auf Dolomitböden gegeben ist, gestört werden?
- Wie wird das Wachstum der Versuchspflanzen durch Zugabe von Düngemitteln beeinflusst?
- Wie wirken sich diese Maßnahmen auf den Nährstoffspiegel in den Pflanzenorganen aus?
- Wie weit lassen sich die beobachteten Phänomene auf bekannte Gesetzmäßigkeiten zurückführen?
- Welche Schlüsse können aus den Ergebnissen des Versuches in Hinblick auf Geländeversuche und Praxis gezogen werden?

Versuchsmethodik

Methodisch wurde zur Untersuchung der Besonderheiten der Makroelementernährung von Fichten-Jungpflanzen bei hohem Ca- und Mg-Angebot dem Gefäßversuch mit natürlichem Dolomitsubstrat der Vorzug vor Sand- oder Wasserkulturverfahren gegeben.

Die Gründe für diese Wahl sind hauptsächlich darin zu sehen, daß Dolomitbodenmaterial die Forderung nach hohem Ca- und Mg-Angebot sehr gut erfüllt und daß es seine physikalischen Eigenschaften als Substrat für Gefäßversuche sehr geeignet erscheinen lassen. Da der Versuchsboden unter Wald geworben wurde, war auch die Voraussetzung für die Mykotrophie der Versuchspflanzen geschaffen. Darüber hinaus war diese Methode für eine Untersuchung, die eine mehrjährige Beobachtung der Versuchspflanzen erstrebenswert machte, auch aus arbeitstechnischen und kostenökonomischen Gründen günstig.

Der Weg, der bei der Durchführung des Versuches eingeschlagen wurde, sei im folgenden kurz umrissen:

In Mitscherlich-Gefäßen wurden auf abgewogenen Mengen des Dolomitbodenmaterials (2, 80 kg A-Material und darunter 3, 70 kg C-Material, um ein allzu schnelles Durchwachsen der Wurzeln in die Auffanggefäße zu verhindern) Fichtenpflanzen aus Samen gezogen und nach zwei Jahren einzeln in Polystyrolhartschaumgefäße übertragen (2, 00 kg A-Material und 1, 95 kg C-Material pro Gefäß). Da anfangs nur 20 Mitscherlichgefäße für den Versuch vorhanden waren und aus statistischen Gründen mindestens 3 Versuchseinheiten pro Behandlung angestrebt wurden, konnten nur 6 Behandlungsstufen in Betracht gezogen werden. (Im dritten Jahr wurden pro Behandlung 18 Wiederholungen verwendet.) Damit konnte die Forderung nach Berücksichtigung aller möglichen Kombinationen der Makroelemente N, P und K in den Konzentrationsstufen 0 und 1 nicht erfüllt werden. Es wurde daher auf die Einzeldüngervarianten N und P verzichtet.

Es kamen also folgende Behandlungsstufen zur Anwendung:

N0	P0	K0	N1	P0	K1
N0	P0	K1	N0	P1	K1
N1	P1	K0	N1	P1	K1

Der Einfachheit halber werden diese Behandlungen weiterhin nur als 0, K, NP, NK, PK und NPK bezeichnet.

Die Versuchspflanzen wurden jedes Jahr entsprechend ihrer Behandlungsstufe gedüngt. Als Düngemittel kamen Ammonsulfat, Superphosphat und Schwefelsaures Kali zur Anwendung. Die Aufwandmengen betragen im 1. Jahr 500 mg und im 2. und 3. Jahr je 1500 mg der betreffenden Düngemittel pro Gefäß.

Nach dem zweiten Jahr wurden Pflanzen stichprobenweise für Untersuchungen gezogen. Nach der dritten Vegetationsperiode wurde der Versuch abgebrochen und die Pflanzen einer genauen Aufmessung und chemischen Analyse unterzogen. (Eine ausführliche Darstellung der Versuchsmethodik kann bei GLATZEL, 1968, gefunden werden.)

Versuchsboden

Das Bodenmaterial für den Versuch wurde im Weichseltal, in der Nähe von Baden bei Wien, in einer Seehöhe von ca. 450 Meter, unter einem lichten Buchenaltbestand mit eingesprengten Schwarz-Kiefern und einigen Fichten erworben. Dort hatte sich auf Hauptdolomit-Hangschutt an der Basis eines steileren Einhanges eine ziemlich tiefgründige Dolomitrendzina ausgebildet. Die obersten, stark humosen 15 bis 20 cm des Mineralbodens wurden als A-Material erworben, aus einer Tiefe von 40 bis 60 cm wurde Dolomitschutt als C-Material entnommen.

Eine Untersuchung von Gesteinsproben des hell- bis mittelgrauen Dolomitschutts aus dem Werbungsprofil ergab folgende Werte:

In heißer 10 %iger Salzsäure unlöslicher Rückstand: 1,7 %; CaCO_3 -Gehalt (flammenphotometrisch): 54 %; MgCO_3 -Gehalt (flammenphotometrisch): 44 %. Es handelt sich also um einen ziemlich reinen Dolomit, dessen stöchiometrisches Ca:Mg-Verhältnis mit 1 : 0,97 dem des Minerals Dolomit recht nahe kommt.

Die Ergebnisse der bodenanalytischen Untersuchung der Versuchssubstrate sind in Tabelle 2 zusammengestellt.

Wie die Untersuchungsergebnisse zeigen, entsprach das Bodenmaterial den gestellten Anforderungen. Das Material des A-Horizontes wies den für Dolomitrendzinen typischen hohen Anteil an Sand und Kies auf, der auf die vorwiegend mechanische Verwitterung des dolomitischen Ausgangsgesteins zurückzuführen ist. Der Gehalt an organischen Substanzen war mit über 10 % erwartungsgemäß ziemlich hoch, während der Rohanteil des Feinbodens mit weniger als 2 % sehr mäßig war. Das C:N-Verhältnis des Humus lag mit ca. 12 in jener Größenordnung, die für Rendzinen charakteristisch ist.

Tabelle 2

Analytische Charakterisierung der als Versuchssubstrate dienenden Bodenmaterialien.

Die angegebenen Fehlergrenzen gelten

für eine Überschreitungswahrscheinlichkeit von 5 %.

Untersuchung		A-Material	C-Material
Reaktion (elektrometrisch bestimmt)			
in 0,1 n KCl-Suspension	pH	7,23 (0,05)	7,23 (0,08)
in dest. Wasser-Suspension	pH	7,68 (0,05)	7,89 (0,12)
Korngrößenverteilung im Gesamtmaterial			
15 - 2 mm	%	44,00 (3,70)	57,30 (3,40)
kleiner 2 mm	%	Rest	Rest
Korngrößenverteilung im Feinboden; nach der komb. Sieb- und Sedimentations- methode von KÖHN (FIEDLER, 1964)			
2,0 - 0,2 mm	%	16,25 (3,15)	33,95 (2,53)
0,2 - 0,02 mm	%	69,13 (3,64)	52,35 (1,55)
0,02 - 0,002 mm	%	12,70 (0,29)	11,75 (2,06)
kleiner 0,002 mm	%	1,92 (0,53)	1,95 (0,16)
Volumsgewicht des lufttrockenen Gesamtmaterials	g/l	1312 (58)	1952 (14)
Organische Substanz nach WALKLEY- BLACK (JACKSON, 1958)	%	10,65 (0,37)	1,67 (0,06)
Kohlenstoffgehalt durch Umrechnung aus der organischen Substanz	%	6,18 (0,21)	0,97 (0,03)
Stickstoff nach KJELDAHL	%	0,52 (0,05)	0,08 (0,02)
C/N - Verhältnis		11,90	11,55
Kationen im 1n-Ammoniumacetatauszug (JACKSON, 1958)			
K in 100 g Feinboden	mg	2,60 (0,67)	2,42 (0,15)
Ca in 100 g Feinboden	mg	510 (13)	136 (4)
Mg in 100 g Feinboden	mg	126 (10)	36,80 (2,70)
Kationen im Salzsäureauszug (FIEDLER, 1965)			
K in 100 g Feinboden	mg	21,00	9,00
Ca in 100 g Feinboden	g	17,50	20,70
Mg in 100 g Feinboden	g	9,56	11,69
Phosphor im 0,002n Schwefelsäure/ Sulfatauszug (JACKSON, 1958)			
P in 100 g Feinboden	mg	3,18 (0,26)	2,96 (0,31)
Phosphor im Auszug mit dest. Wasser (Boden:Wasser = 1 : 5)			
P in 100 g Feinboden	mg	0,32	0,20
Phosphor und Kalium im Gesamtaufschluß (Dreisäureaufschluß)			
P in 100 g Feinboden	mg	50,10 (4,30)	19,40 (3,40)
K in 100 g Feinboden	mg	35,40 (2,60)	16,60 (1,00)

Die Ergebnisse des Ammoniumacetatauszugs bestätigten, daß der Kationenbelag des Sorptionskomplexes weitgehend aus Ca- und Mg-Ionen bestand. Das stöchiometrische Ca:Mg-Verhältnis von 1 : 0,4 ist im Vergleich zum Grundgestein zugunsten des Ca verschoben, offenbar dadurch, daß das Mg weniger stark sorbiert ist und daher leichter ausgewaschen wird.

Das Angebot an austauschbarem Kalium war in beiden Horizonten äußerst gering. Im A-Material war es in Äquivalentdarstellung 1/96 des Kalziums und 1/39 des Magnesiums. Die bei MENGEL (1965) für durchschnittliche Verhältnisse angeführten Relationen sind ca. 1 : 10 für K : Ca und 1 : 3 für K : Mg. Der Gesamtaufschluß ergab mit ca. 35 mg K/100 g ofentrockenem Feinboden - das sind 0,035 % - einen extrem niederen Wert, der auf den geringen Anteil der Nichtkarbonatminerale zurückzuführen ist. Durch heiße Salzsäure konnten zwar 21 mg dieses K in Lösung gebracht werden, doch scheint es bei den hohen pH-Werten des Bodenmaterials eher fraglich, ob diese Fraktion von der Pflanze erschlossen werden kann. Die Phosphorversorgung muß bei einem gegen Sulfat austauschbaren P-Anteil von kaum mehr als 3 mg/100 g ofentrockenem Feinboden ebenfalls als schlecht bezeichnet werden. Auch der Gesamtphosphorgehalt des A-Materials war mit 0,05 % sehr gering.

Der Stickstoffgehalt des A-Materials war mit 0,52 % sehr hoch. Es wurde kein Versuch unternommen, Daten über N-Verfügbarkeit und N-Mineralisation zu erarbeiten, da diese Größen zu sehr umweltsabhängig sind und bei einem Gefäßversuch möglicherweise anders aussehen als in der Natur.

Versuchsergebnisse

Die in diesem Abschnitt dargestellten Daten stellen nur eine begrenzte Auswahl der tatsächlich erhobenen Größen dar. Wo immer es möglich ist, wird der graphischen Darstellung der Vorrang vor Zahlen gegeben.

Weiterhin wurde darauf verzichtet, für jede Beobachtungsreihe das Ergebnis der Varianzanalyse und den F-Wert anzuführen. Die Darstellung der statistischen Zusammenhänge wurde vielmehr fast ausschließlich durch Unterstreichungen vorgenommen, um verwirrendes Zahlenmaterial zu vermeiden. In Abbildung 1 sind die wichtigsten der erhobenen Längen- und Gewichtsmerkmale zusammengestellt. Alle Gewichtsangaben sind Trockengewichte der bei 105°C für 24 Stunden getrockneten Pflanzenteile.

Die Konzentration der Makroelemente N, P, K, Ca und Mg in den einzelnen Teilen der Versuchspflanzen sind in Tabelle 3 angeführt. Abbildung 2 zeigt die Konzentrationsverhältnisse der Mineralstoffe in den halbjährigen Nadeln der Versuchspflanzen, also die üblichen Nadelanalysenwerte.

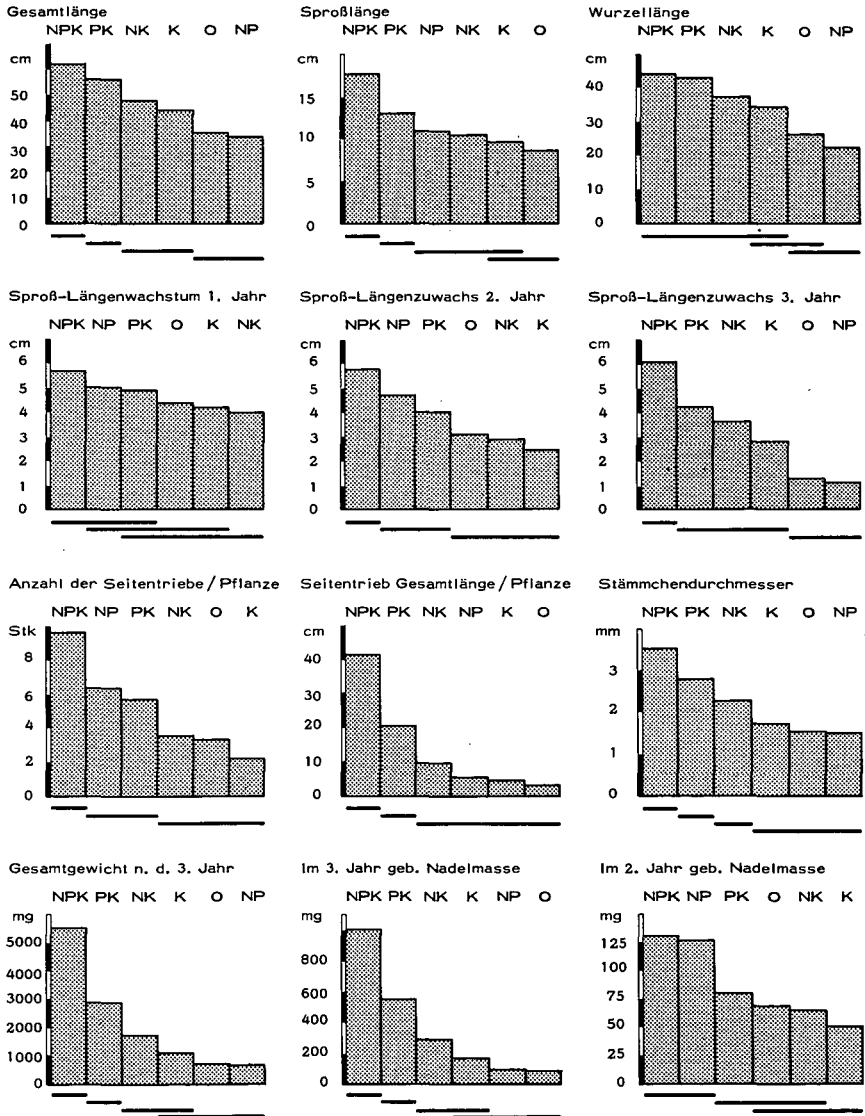


Abbildung 1. Wuchsmerkmale der Versuchspflanzen

Statistische Absicherung: Alle Behandlungsmittelwerte, die durch eine gemeinsame Unterstreichung verbunden sind, weisen untereinander keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. Überschreitungswahrscheinlichkeit $P = 5\%$

Tabelle 3

Mineralstoffmerkmale der 3-jährigen Versuchspflanzen.
Mineralstoffkonzentration in den ofentrockenen Pflanzenteilen.

Elemente in verschiedenen Pflanzenteilen	Elementkonzentration in % bei verschiedener Behandlung					
	0	K	NK	NP	PK	NPK
Stickstoff:						
1/2-jährige Nadeln	2,15	2,68	2,22	2,10	1,91	1,62
1 1/2- und 2 1/2-jährige Nadeln	1,60	2,06	2,09	1,45	1,51	1,52
1/2-jährige entnadelt Sprosstteile	2,06	1,86	1,33	2,24	1,15	1,00
Übrige entnadelt Sprosstteile	1,38	1,41	1,23	1,11	0,70	0,59
Unbenadelt Sprosstteile	1,08	1,18	0,80	0,90	0,50	0,40
Wurzeln	1,52	1,28	1,31	1,70	1,10	1,01
Phosphor:						
1/2-jährige Nadeln	0,291	0,226	0,234	0,437	0,310	0,302
1 1/2- und 2 1/2-jährige Nadeln	0,163	0,137	0,150	0,278	0,195	0,202
1/2-jährige entnadelt Sprosstteile	0,300	0,248	0,219	0,295	0,267	0,248
Übrige entnadelt Sprosstteile	0,152	0,135	0,134	0,145	0,173	0,150
Unbenadelt Sprosstteile	0,070	0,067	0,070	0,066	0,077	0,080
Wurzeln	0,156	0,144	0,150	0,194	0,233	0,183
Kalium:						
1/2-jährige Nadeln	0,311	0,971	0,987	0,145	1,120	1,008
1 1/2- und 2 1/2-jährige Nadeln	0,211	0,449	0,416	0,105	0,572	0,552
1/2-jährige entnadelt Sprosstteile	0,459	1,038	1,098	0,175	1,006	0,983
Übrige entnadelt Sprosstteile	0,224	0,422	0,405	0,110	0,491	0,421
Unbenadelt Sprosstteile	0,104	0,222	0,203	0,062	0,233	0,209
Wurzeln	0,275	0,625	0,568	0,243	0,648	0,543
Kalzium:						
1/2-jährige Nadeln	1,967	1,408	1,454	1,615	1,419	1,340
1 1/2- und 2 1/2-jährige Nadeln	2,739	1,939	1,608	2,856	1,729	1,489
1/2-jährige entnadelt Sprosstteile	0,559	0,518	0,459	0,634	0,465	0,528
Übrige entnadelt Sprosstteile	0,711	0,603	0,518	0,739	0,536	0,622
Unbenadelt Sprosstteile	0,528	0,387	0,451	0,471	0,382	0,473
Magnesium:						
1/2-jährige Nadeln	0,567	0,237	0,242	0,637	0,288	0,310
1 1/2- und 2 1/2-jährige Nadeln	0,755	0,314	0,308	0,929	0,362	0,372
1/2-jährige entnadelt Sprosstteile	0,237	0,208	0,229	0,252	0,237	0,222
Übrige entnadelt Sprosstteile	0,337	0,227	0,172	0,291	0,228	0,219
Unbenadelt Sprosstteile	0,126	0,069	0,076	0,082	0,061	0,082

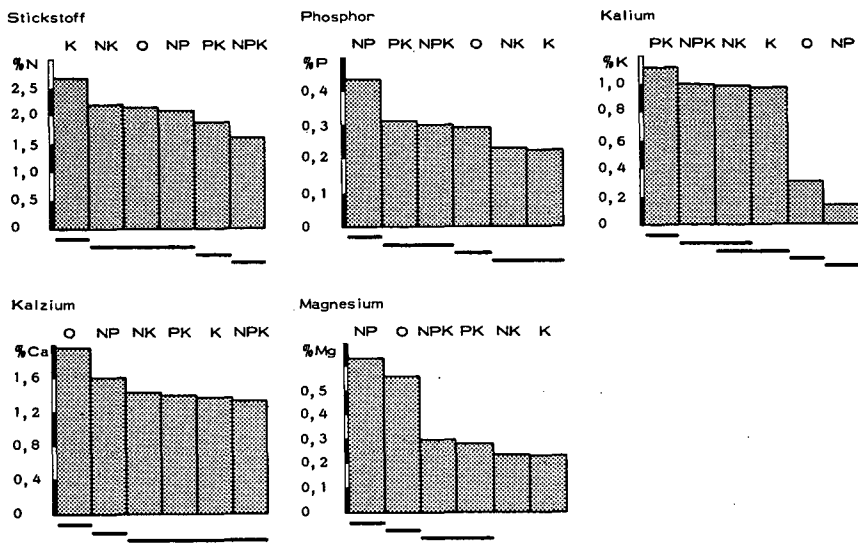


Abbildung 2. Mineralstoffkonzentrationen in den ofentrockenen 1/2-jährigen Nadeln der Versuchspflanzen.

Statistische Absicherung: Alle Behandlungsmittelwerte, die durch eine gemeinsame Unterstreichung verbunden sind, weisen untereinander keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. Überschreitungswahrscheinlichkeit $P = 5\%$

Diskussion der Ergebnisse

Wuchsmerkmale der Versuchspflanzen

Die in Abbildung 1 dargestellten mittleren Wuchsmerkmale der Versuchspflanzen in den einzelnen Behandlungsstufen ermöglichen folgende prinzipielle Aussagen:

Die Behandlungen bewirkten statistisch signifikante Unterschiede der beobachteten Merkmale.

Die Verhältnisse der Behandlungsmittelwerte zweier Merkmale waren von Behandlungsstufe zu Behandlungsstufe verschieden. Das heißt, die Behandlungen bewirkten Unterschiede in der Gestalt der Versuchspflanzen.

Im Zuge der Entwicklung der Versuchspflanzen waren die Proportionen der Behandlungsmittelwerte der einzelnen Merkmale nicht konstant. Das heißt, der Wachstumsablauf war in den verschiedenen Behandlungen verschieden.

Im folgenden werden die Aufmessungsergebnisse nach diesen drei Gesichtspunkten erörtert.

a) Größe und Gewicht:

Dieser Abschnitt bedarf keiner besonderen Diskussion, da die in den Tabellen und

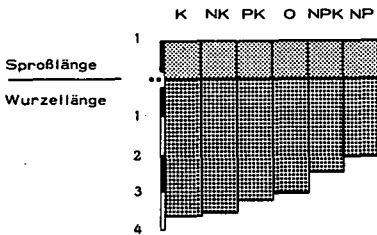
Abbildungen dargestellten Werte für sich sprechen. Betrachtet man die Längenmerkmale, so erkennt man, daß die einzelnen Düngungsvarianten recht unterschiedliche Erfolge zeigen. Die NPK-Behandlung brachte (mit Ausnahme der nicht angeführten Nadelänge) in allen Merkmalen überlegene Pflanzen hervor. Das andere Extrem der Skala wurde nicht so eindeutig von einer Behandlung eingenommen. Bei den dreijährigen Pflanzen wechselten bei allen Merkmalen außer der Sproßlänge die 0- und die NP-Behandlung einander ab. Das Zwischenfeld nahmen, von der besseren Seite beginnend, meist die Behandlungen PK, NK und K ein.

Die Unterschiede zwischen der schlechtesten und der besten Behandlung waren sehr deutlich ausgeprägt. So wies die Durchschnittspflanze der NPK-Behandlung einen mehr als doppelt so langen Sproß und eine mehr als zwölfmal so große Seitentrieblänge auf als die 0-Behandlung. Noch wesentlich deutlicher werden diese Unterschiede, wenn man die Massenverhältnisse der Versuchspflanzen betrachtet. Bei den 3-jährigen Pflanzen war die beste Behandlung der schlechtesten meist um den Faktor 5 bis über 10 überlegen.

b) Form:

Die einzelnen Behandlungen brachten recht unterschiedlich geformte Pflanzen hervor. Besonders augenfällig ist wohl das Sproß:Wurzel-Verhältnis. Die für die einzelnen Behandlungen errechneten Werte sind in Abbildung 3 dargestellt.

Sproßlänge : Wurzellänge



Sproßgewicht : Wurzelgewicht

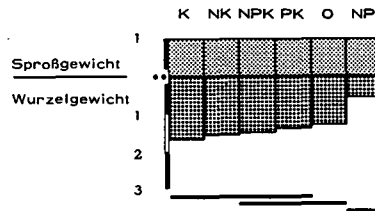


Abbildung 3. Sproß : Wurzelverhältnis der Versuchspflanzen

Statistische Absicherung: Alle Behandlungsmittelwerte, die durch eine gemeinsame Unterstreichung verbunden sind, weisen untereinander keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. Überschreitungswahrscheinlichkeit $P = 5\%$

Bei Betrachtung der Gewichtsverhältnisse erkennt man, daß die NP-Behandlung zu einer signifikanten, sehr ausgeprägten Erniedrigung des Wurzelanteiles geführt hat. Düngungsbehandlungen, die als Komponente Kalium enthielten, bewirkten nicht signifikant unterscheidbare hohe Wurzelanteile. Die Pflanzen der 0-Behandlung wiesen gegen-

über den mit K gedüngten Behandlungen geringere Wurzelmassen auf - offenbar deshalb, weil der K-Mangel zu einer relativen Überversorgung mit N und möglicherweise auch P geführt hatte. Diese Beobachtungen entsprechen durchaus dem aus der Literatur bekannten Phänomen, daß Stickstoff- und auch Phosphorgaben das Sproß:Wurzel-Verhältnis von Versuchspflanzen wesentlich zu erhöhen vermögen (ARMSON, 1963; BURSTRÖM, 1965; INGESTAD, 1962).

Als weiteres Formmerkmal wurde das Verhältnis Sproßlänge : Stämmchendurchmesser untersucht. Die dazu errechneten Verhältniszahlen sind folgende:

Behandlung	NK	PK	NPK	K	0	NP
Sproßlänge : Durchmesser	461	471	511	552	579	736

Die NP-Behandlung beeinflusste das Wachstum der Versuchspflanzen derart, daß die dreijährigen Pflanzen Stämmchen aufwiesen, die im Vergleich zur Sproßlänge sehr schwach waren. Ähnliches, wenn auch nicht so ausgeprägt, gilt für die 0-Behandlung und abgeschwächt für die K-Behandlung. NK, PK und NPK zeigten kräftige, gedrungene Stämmchen. Die Ursache für die Spindeligkeit der NP- und der 0-Pflanzen ist sicherlich im extremen K-Mangel, dem diese Pflanzen ausgesetzt waren, zu suchen.

Als letztes Merkmal zum Kapitel Form sind noch Seitentriebsdichte und Seitentrieblänge erwähnenswert. Auch hier verursachten die verschiedenen Behandlungen große Unterschiede. Pro 1 cm Sproßlänge kamen den Durchschnittspflanzen der einzelnen Behandlungen folgende Triebanzahlen und Triebängen zu:

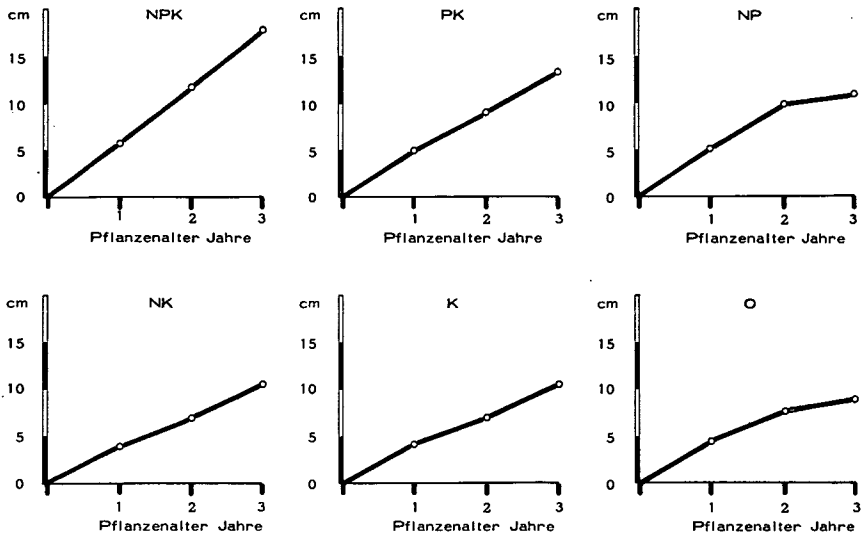
Behandlung	NP	NPK	PK	0	NK	K
Seitentriebzahl/cm Sproßlänge	0, 57	0, 53	0, 43	0, 38	0, 33	0, 23
Behandlung	NPK	PK	NK	NP	K	0
Seitentrieblänge/cm Sproßlänge	2, 34	1, 57	0, 93	0, 51	0, 48	0, 38

Wie aus diesen Werten zu ersehen ist, förderten die Behandlungen, die als Düngerkomponente Phosphor erhielten, die Verzweigungsfreudigkeit, während die reine K-Behandlung Pflanzen mit der geringsten Seitentriebzahl hervorbrachte. Die Länge der Seitentriebe pro Sproßlängeneinheit wiederum stand in ziemlich enger Beziehung zur Sproßlänge der Pflanzen.

c) Wachstumsgang:

Abbildung 4 zeigt die Längenentwicklung des Sprosses der Versuchspflanzen während des Versuches und die jährlich gebildeten Nadelmassen. Die Pflanzen der Behandlungsstufen NPK, PK, NK und K wiesen durch alle drei Jahre mehr oder minder ausgeglichenes Längenwachstum auf. In den Behandlungen, die von außen kein Kalium zugeführt erhalten hatten, zeigte das Längenwachstum im 3. Jahr eine starke Verflachung, die auf akuten K-Mangel zurückzuführen ist.

Längenentwicklung des Sprosses der Versuchspflanzen in den einzelnen Behandlungsstufen



Jährlich gebildete Nadelmassen der Versuchspflanzen in den einzelnen Behandlungsstufen

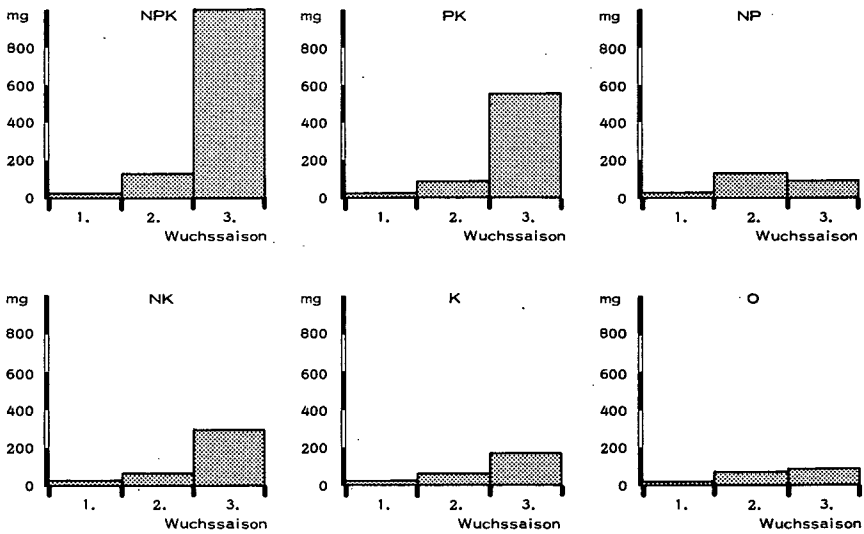


Abbildung 4. Längenentwicklung des Sprosses in den einzelnen Behandlungsstufen und jährlich gebildete Nadelmassen.

Noch deutlicher können diese Zusammenhänge durch Vergleich der jährlich gebildeten Nadelmassen erkannt werden. Während in der 0-Behandlung im dritten Jahr noch eine - wenn auch nur geringe - Steigerung der Nadelproduktion beobachtet werden konnte, war bei der NP-Behandlung die Entwicklung bereits rückläufig.

Der Vergleich der Triebblängen mit den Nadelmassen bestätigte darüber hinaus die bekannte Tatsache, daß Terminaltriebblängen von Koniferen ein verhältnismäßig unsicherer Anhalt für die Beurteilung der Gesamtproduktion an Nadelmasse oder organischer Substanz sind (SCHMIDTVOGT, 1966).

Mykotrophie der Versuchspflanzen

Wiewohl Mykotrophie nicht zum Themenkreis dieser Arbeit zählte, wurde doch der Versuch unternommen, gewisse Daten mitzuerfassen. Aus diesem Grund wurde auch darauf geachtet, daß die ökologischen Voraussetzungen für die Assoziation der Versuchspflanzen mit Mykorrhizen erfüllt wurden.

Die Mittelwerte der Mykorrhizenschätzung (durch Vergleich mit einer "Eichreihe" an fünf ausgewählten Pflanzen) an den einzelnen Pflanzen sind für jede Behandlung in Abbildung 5 angeführt. Die Abfolge der Mykotrophiewerte entsprach ungefähr jener der Gesamtmassenproduktion. Je kräftiger und gesünder die Pflanze war, desto höher war auch der Grad der Mykotrophie. Die Abfolge war nur bei der Behandlung NK und K umgekehrt. Hier dürfte die Stickstoffzufuhr in der NK-Behandlung auf die Ausbildung der Mykorrhizen einen hemmenden Einfluß ausgeübt haben. Die Abfolge NPK, PK, K, NK, 0 und NP in absteigender Reihung ist insofern beachtenswert, als sie anscheinend im Widerspruch mit der Lehrmeinung (LOBANOW, 1960; HARLEY, 1959) steht, die besagt, daß höheres Stickstoffangebot hemmend auf die Mykorrhizenausbildung wirkt. Demnach

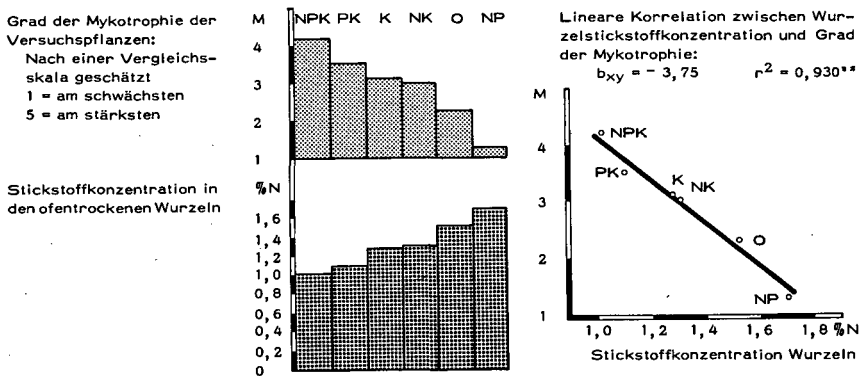


Abbildung 5. Zusammenhang zwischen Stickstoffkonzentrationen in den Wurzeln und den Graden der Mykotrophie.

wäre eine Reihung, die die Behandlungen ohne N-Zufuhr auf die hochmykotrophe Seite stellt und die N-gedüngten auf die niedermykotrophe, eher zu erwarten gewesen als das tatsächlich erzielte Ergebnis.

Vergleicht man jedoch die Wurzelstickstoffgehalte mit dem Grad der Mykotrophie in den einzelnen Behandlungsstufen (Abbildung 5), so erkennt man, daß hier eine sehr enge Beziehung besteht. Je höher der N-Gehalt der Wurzeln war, desto schwächer waren die Mykorrhizen ausgebildet. Dieses Ergebnis scheint die von RICHARDS (1965) an Kiefern gemachte Beobachtung auch für den Fall unserer Fichte zu bestätigen.

Abschließend muß aber betont werden, daß die Angaben über die Mykotrophie der Versuchspflanzen eine Momentaufnahme am Ende der dritten Wachstumsperiode sind und daß keine Möglichkeit besteht, daraus die Verhältnisse zu anderen Zeitpunkten des Versuchsablaufes - etwa im Frühsommer nach der Düngung - abzuleiten. Möglicherweise lagen unmittelbar nach der N-Zufuhr die Verhältnisse ganz anders.

Mineralstoffernährung der Versuchspflanzen

a) Blattanalysenergebnisse:

Um den Aussagewert von Blattanalysendaten im Fall des vorliegenden Versuches beurteilen zu können, sollen im folgenden die Analysenergebnisse der 0-Behandlung untersucht werden, denn in der 0-Behandlung wurden von außen her keine Mineralstoffe zugeführt und die Konzentrationsdaten der Nährstoffe in den Blättern sollten daher erkennen lassen, wie gut die Versuchspflanzen mit den einzelnen Nährstoffen versorgt waren. In den 1/2-jährigen Nadeln der dreijährigen Fichtenpflanzen der 0-Behandlung wurden folgende Mineralstoffkonzentrationen ermittelt:

N	2,15 %
P	0,29 %
K	0,31 %
Ca	1,97 %
Mg	0,57 %

Vergleicht man diese Werte mit den Literaturangaben für optimales Wachstum (siehe Tabelle 1), insbesondere mit den Werten von INGESTAD (1962 - 63) für junge Fichtenpflanzen, so ergibt sich für die einzelnen Elemente folgendes Bild:

Stickstoff	sehr gut versorgt
Phosphor	sehr gut versorgt
Kalium	sehr schlecht versorgt, Mangelsymptome zu erwarten
Kalzium	überoptimal
Magnesium	überoptimal

Daraus würde man in erster Annäherung schließen, daß eine Zufuhr von Kalium eine wesentliche Leistungssteigerung bringen müßte - eine Folgerung, die durch die Versuchsergebnisse wenig bekräftigt wird. WITTICH (1958, 1960) weist zwar darauf hin, daß bei stark einseitigem Nährstoffmangel die Deutung von Blattanalysergebnissen sehr schwierig wird, führt aber als Beispiel nur an, starker P-Mangel könne sich insofern auf den N-Stoffwechsel auswirken, daß das Blatt mit schädlichen N-Verbindungen überschwemmt wird, wodurch auch bei geringem N-Angebot recht hohe N-Konzentrationen in den Blättern gefunden werden können. Angaben über ähnliche Auswirkungen von K-Mangel alleine konnten jedoch in der Literatur nicht gefunden werden. Phosphormangel kann aus den Analysergebnissen nicht abgeleitet werden.

Die Aussagekraft der Blattanalysenwerte über den Ernährungszustand der unbehandelten Fichtenjungpflanzen auf dem Dolomitsubstrat des Versuches muß demnach als gering bezeichnet werden. Ohne Berücksichtigung von Bodenanalysenwerten und ohne Düngungsversuche können daraus keine sicheren Anhaltspunkte für eine zweckmäßige Verbesserung der Mineralstoffversorgungssituation abgeleitet werden - zumindest nicht in der Art, daß man jedes Element für sich den Werten für optimales Wachstum, die in der Literatur genannt sind, gegenüberstellt.

Betrachtet man die Veränderung der Elementkonzentrationen, die durch die einzelnen Düngungsbehandlungen hervorgerufen wurden (Abbildung 2), so ist die Tatsache, daß die Behandlung mit den höchsten Zuwachsleistungen in keinem Fall die höchsten Mineralstoffkonzentrationen in den Nadeln aufwies, sehr bemerkenswert und nicht einfach zu durchschauen. Im folgenden soll versucht werden, dazu eine ernährungsphysiologische Erklärung zu finden.

b) Versuch einer polyfaktoriellen Deutung:

Wie sich gezeigt hat, lassen sich die an den Versuchspflanzen beobachteten Phänomene nicht auf das Einwirken eines einzelnen, unabhängig wirkenden Nährelementfaktors zurückführen. Daß die Unterschiede in der Wuchsleistung der Pflanzen aber durch die unterschiedliche Mineralstoffernährung hervorgerufen wurden, geht aus der Versuchsmethodik eindeutig hervor. Demnach konnte nur das Zusammenwirken und Entgegenwirken der verschiedenen Pflanzennährstoffe die äußeren und inneren Veränderungen an den untersuchten Pflanzen verursacht haben.

Um eine graphische Unterstützung bei der Diskussion der recht komplexen Zusammenhänge zu haben, wurde der in Abbildung 6 gezeigte Versuch einer polyfaktoriellen Darstellung unternommen.

Es liegt dabei folgende Überlegung zugrunde: Jene Behandlung, welche die beste Wuchsleistung aufwies, sollte auch den günstigsten und ausgewogensten Nährstoffhaushalt zeigen. Im vorliegenden Fall war dies die NPK-Behandlung. Würde man also das Verhältnis $N : P : K$ ermitteln, so müßte es von allen in den einzelnen Behandlungen

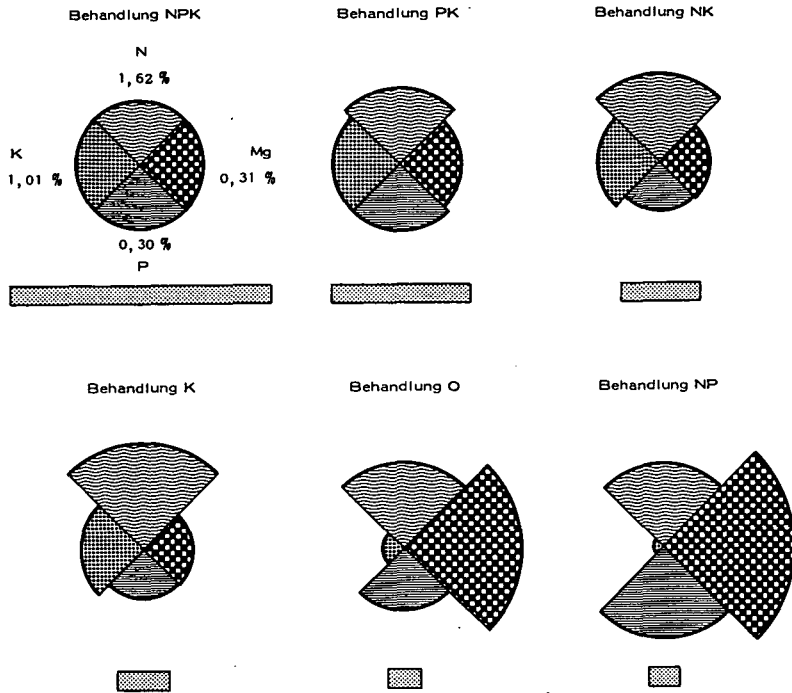


Abbildung 6. Wechselbeziehungen zwischen den Konzentrationen der Nährstoffe Stickstoff, Phosphor, Kalium und Magnesium in den Nadeln der Versuchspflanzen und dem Massenertrag.

Radien der Segmente Elementkonzentrationen
Horizontale Balken Trockenmasse / Pflanze

anzutreffenden Verhältnissen das günstigste sein. Allerdings war aber auch - gemäß der Problemstellung - mit sehr hohem Ca- und Mg-Angebot zu rechnen, einem Ionenangebot, das in erster Linie auf das Kalium antagonistisch wirken sollte. Manche Gründe sprechen dafür, daß hier das Magnesium den größeren Einfluß auszuüben imstande ist. Es ist in der Pflanze leichter beweglich als Ca und kann weniger leicht durch Bildung unlöslicher Verbindungen entgiftet werden. Auch wurden Ca-Konzentrationen in den Nadeln der Versuchspflanzen durch die einzelnen Behandlungsstufen weit weniger beeinflusst als die Mg-Konzentrationen. Aus diesen Gründen wurde das Magnesium in das abgebildete Modell aufgenommen.

Demnach sollte das Verhältnis N:P:K:Mg in den Nadeln der NPK-Pflanzen der Standard sein, gegen den die Verhältnisse dieser Elemente in den Nadeln der Pflanzen die übrigen Behandlungsstufen gemessen werden konnten. Zur Darstellung dieser Proportionen wurde ein kreuzförmiges Koordinatensystem gewählt und auf der optischen

Hauptachse, der Links-Rechts-Achse, das Kalium dem Magnesium gegenübergestellt, auf der Ordinate der Stickstoff dem Phosphor. Die Konzentrationen der einzelnen Elemente in den 1/2-jährigen Nadeln wurden nun auf den entsprechenden Achsen aufgetragen. Der Maßstab wurde für jedes Element so gewählt, daß für die NPK-Behandlung in allen vier Richtungen gleich lange Abschnitte entstanden. Dann wurde mit dem 0-Punkt des Koordinatensystems als Mittelpunkt und dem Achsabschnitt als Radius für jedes Element ein Viertelkreis gezogen und durch Einzeichnen der Diagonalen auf ein Kreissegment ergänzt. Für die NPK-Behandlung entstand so als äußere Begrenzungslinie ein Kreis, der das für diese Behandlung postulierte Optimalverhältnis symbolisieren sollte. Für die anderen Behandlungen ergaben sich die mehr oder minder verzerrten Figuren der Abbildung. Unterhalb der Darstellung der Elementverhältnisse wurde dann noch für jede Behandlung die pro Durchschnittspflanze produzierte Gesamt-trockenmasse als Block dargestellt. An Hand dieses Modelles soll nun der Versuch unternommen werden, verschiedene Zusammenhänge zwischen den in den Nadeln gefundenen Mineralstoffmengen und den Wuchseleistungen zu klären.

Sehr deutlich kommt in Abbildung 6 der Kalium-Magnesium-Antagonismus zum Ausdruck. Sehr kleinen Kaliumsegmenten in der 0- und NP-Behandlung stehen enorme Mg-Segmente gegenüber. Die Kalidüngung der übrigen Behandlungen drückt sich in einem "Sanduhreffekt" aus: je größer das K-Segment ist, desto kleiner ist das Mg-Segment. Daß auch N und P ihren Einfluß ausübten, kann man im Fall der NP-Behandlung sehen. Bei annähernd gleicher Massenproduktion wie in der 0-Behandlung ist der K-Gehalt noch kleiner geworden, während der Mg-Gehalt stieg. Es ist dies genau der gleiche Effekt, den HOVLAND und CALDWELL (1960) schon bei der Kartoffel beobachtet hatten.

Der "Sanduhreffekt" ist aber auch in vertikaler Richtung zu beobachten. Ist das P-Segment klein, so steht darüber ein mächtiges N-Segment, und zwar ganz ungeachtet, ob mit N gedüngt wurde oder nicht.

Neben diesen Achseneffekten scheinen auch gewisse Beziehungen zwischen den benachbarten Segmenten zu bestehen, insbesondere im Zusammenhang zwischen P und Mg, der beim Vergleich der Behandlungen 0 und NP deutlich wird.

Weitere interessante Aspekte sind die Verdünnungseffekte, die beim Vergleich mit den Massenleistungsbalken offenbar werden. Die vier Segmente des NPK-Kreises stellen für kein Element die maximalen, im Versuch erreichten Konzentrationen dar. Demnach wäre also nur das optimale Verhältnis für die gute Wuchseistung verantwortlich. Eine Erklärung, die beim Vergleich der NPK- und der PK-Behandlung mit ihren doch ziemlich ähnlichen Proportionsbildern nicht unbedingt befriedigt. Hält man sich aber vor Augen, daß Blattanalysendaten von Koniferen dem Übereinkommen nach Mineralstoffkonzentrationen beschreiben, wie sie nach Ablauf der Vegetationszeit in den

Nadeln herrschen, so muß man die Möglichkeit anderer Konzentrationsverhältnisse während der Vegetationszeit unbedingt in Betracht ziehen. Gerade im Falle von Düngungsbehandlungen, bei denen zu einem einzigen Zeitpunkt am Anfang der Wuchssaison gedüngt wurde, ist es so, daß in den Wochen üppigen Wachstums nach dem Austreiben die unterschiedliche Streckung und Entfaltung der vorgebildeten Anlagen einsetzt. Wenn nun einzelne Nährstoffe nicht gedüngt wurden oder gegen Ende der Vegetationszeit die gedüngten Mineralstoffe durch Auswaschung, Festlegung oder Verbrauch verknappt sind, ist es durchaus denkbar, daß die Spiegelwerte mancher Mineralstoffe in den Blättern unter das Ausgangsmaß absinken. Dieses Absinken der Mineralstoffkonzentrationen könnte durch einen Rücktausch aus der Pflanze in den Boden, durch Auswaschung aus den oberirdischen Pflanzenorganen bei Regen oder aber - was am wahrscheinlichsten ist - durch Massenzuwachs bei gedrosselter Zufuhr und somit Verdünnung hervorgerufen werden. Gerade im vorliegenden Fall scheint Verdünnung eine wesentliche Rolle gespielt zu haben: günstige Ernährungsbedingungen nach der Düngung leiten starkes Wachstum ein. Im Zuge dieses Wachstums wurden dann die nicht gedüngten und begrenzt vorhandenen Mineralstoffe erschöpft, und in den Geweben sanken die Konzentrationen unter das Maß der ungedüngten Pflanzen ab. Recht deutlich ist dieser Effekt beim Vergleich der Behandlungen 0 und K zu sehen. Das durch Kalidüngung induzierte Mehrwachstum in dieser Behandlung bewirkte ein deutliches Absinken der P-Konzentration in den Nadeln im Vergleich zur 0-Behandlung. Neben dieser Verdünnung der nicht gedüngten Nährstoffe - einer in der Praxis der Düngung schon lange bekannten und berücksichtigten Erscheinung - scheint aber in manchen Behandlungen auch eine Verdünnung der gedüngten Nährstoffe eingetreten zu sein. In manchen Behandlungen wurden die Pflanzen dank der günstigen Ernährungssituation im Frühjahr in ihrem Wachstum so angeregt, daß sie ihr "Mineralstoffbudget" überschritten und dadurch auch die Konzentration der gedüngten Elemente absank. Diese bei TAMM (1964) als "Steenbjerg Effekt" beschriebene Erscheinung dürfte die Erklärung dafür sein, daß die Elementkonzentrationen in den Nadeln der NPK-Pflanzen meist niedriger liegen als in den Nadeln der Pflanzen in den übrigen Behandlungsstufen. So wiesen beispielsweise die Behandlungen NP und PK höhere Phosphorkonzentrationen in den Nadeln auf als die NPK-Behandlung, obwohl in allen drei Stufen die exakt gleichen Phosphormengen pro Topf zugeführt worden waren.

Aufgrund der vorstehenden Überlegungen soll nun der Versuch einer Evaluierung der Stickstoff-, Phosphor- und Kali-Ernährungssituation der Fichtenpflanzen auf diesem Substrat unternommen werden.

Stickstoff: Die Beurteilung der Stickstoffversorgungssituation ist schwierig. Die meisten Anzeichen deuten darauf hin, daß Stickstoff vom insgesamt ziemlich N-reichen Substrat in stetem, jedoch eher mäßigem Fluß zur Verfügung gestellt wurde. Dadurch

konnten sich in den Behandlungen, deren Wachstum durch andere Faktoren gehemmt war, erhebliche N-Mengen ansammeln. Waren die übrigen Faktoren im Optimum, reichte allerdings der Nachschub zu den Hauptbedarfszeiten nicht aus, um bestes Wachstum zu ermöglichen. Dies erklärt den Mehrzuwachs der NK-Behandlung gegenüber der K-Behandlung und jenen in der NPK-Behandlung gegenüber der PK-Behandlung. Nach Abschluß der Massenproduktion hat dann offenbar das stete Tropfen ausgereicht, um die N-Konzentration in den Behandlungen K und PK mit ihren relativ geringeren Substanzmassen über das Vergleichsmaß anzuheben. Für die N-Anhäufung in den Behandlungen 0, K und NK scheint darüber hinaus doch ein Mangel im P-Haushalt dieser nicht phosphorgedüngten Behandlungen verantwortlich gewesen zu sein.

Phosphor: Selbst in den Nadeln der nicht P-gedüngten Pflanzen liegen die P-Konzentrationen beim Vergleich mit Literaturangaben (Tabelle 1) im Optimalbereich. Dennoch sprechen alle Anzeichen dafür, daß Phosphor ein Minimumfaktor war, sonst hätte die Phosphordüngung in den Behandlungen PK und NPK den Massenzuwachs gegenüber den Behandlungen K und NK nicht vervielfachen können. Die Grenzwerte aus der Literatur scheinen also bei hohem, einseitigem Ca- und besonders Mg-Angebot für Phosphor nicht brauchbar zu sein. Die Ursachen für dieses Phänomen konnten nicht untersucht werden, und die folgende Überlegung ist daher eher Mutmaßung als wissenschaftlich fundierte Hypothese. Als Anhalt für gezielte Untersuchungen soll sie aber dennoch nicht unerwähnt bleiben. Der entscheidende Einfluß auf den P-Stoffwechsel dürfte vom Mg ausgehen, da Ca-Konzentrationen, wie sie in diesem Versuch gefunden wurden, nicht außergewöhnlich sind und bei auf Kalkrendzinen wachsenden Pflanzen auch höhere Ca-Konzentrationen noch nicht allzusehr zu stören scheinen. Als einziger Anhaltspunkt für eine hemmende Wechselwirkung zwischen Mg und P konnte in der Literatur der von ENSMINGER et al. (1965) beschriebene durch Ammoniumphosphat induzierte Mg-Mangel an Weizenkeimlingen gefunden werden. Möglicherweise werden auch umgekehrt Phosphatgruppen durch hohen Mg-Überschuß inaktiviert. Wie bei der Beschreibung des in Abbildung 6 dargestellten Modelles gezeigt werden konnte, besteht ja tatsächlich eine Wechselwirkung zwischen dem P- und Mg-Spiegel in den Nadeln.

Kalium: Die Kaliumversorgung ist am leichtesten zu durchschauen. Sowohl Bodenanalysen als auch Blattanalysen zeigten einen deutlichen Engpaß in der K-Versorgung. Diese K-Knappheit wurde durch den Antagonismus mit Ca und Mg noch sehr verschärft. Bedingt durch diesen Antagonismus dürften die Kalikonzentrationen, die für optimales Wachstum in den Nadeln nötig sind, eher bei der oberen als der unteren Grenze der Literaturangaben zu suchen sein.

Abschließend soll in diesem Abschnitt die Frage gestellt werden, ob man, auf den in diesem Versuch gewonnenen Erkenntnissen aufbauend, aus den Blattanalysendaten der 0-Behandlung die richtige Düngungsprognose stellen könnte. Versucht man es auf

die klassische Methode, also durch elementweise Vergleiche der Konzentrationen mit Grenzwerten, muß man die Frage verneinen. Der starke Kalimangel wäre zwar leicht zu erkennen, der Phosphor- und Stickstoffbedarf aber nicht voraussagen gewesen. Eine einigermaßen brauchbare Methodik zeichnet sich aber bei Betrachtung der Segmentbilder der Abbildung 6 ab. Allerdings kommt man nicht ohne zusätzliche Informationen über Boden und Standort aus. Wie schon besprochen, handelte es sich im vorliegenden Fall um ein Substrat, auf dem man mit K- und P-Versorgungsschwierigkeiten rechnen mußte und das insgesamt sehr viel N gebunden enthielt, dessen N-Bereitstellung aber weitgehend von der Mineralisationsrate abhängig war. Die Segmentdarstellung der Elementkonzentration zeigt für die 0-Behandlung starke Ungleichheit der Segmente, also in erster Annäherung eine Störung der Verhältnisse der einzelnen Elemente zueinander. Von dieser Feststellung ausgehend, läßt sich eine Düngungsempfehlung folgendermaßen ableiten:

Das K-Segment ist am kleinsten. Also wird man zuerst mit K düngen müssen. Dadurch wird eine Normalisierung des K : Mg-Verhältnisses eintreten, und die Pflanze wird besser wachsen. Als Folge der vergrößerten Massenproduktion werden die Elemente P und N verdünnt. Bei hohem Mg-Angebot ist aber der P-Bedarf sehr groß, während die Bereitstellung aus dem Boden (s. Bodenanalyse) nur mäßig ist. Das Wachstum wird also infolge P-Mangels bald stocken. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, auch mit P zu düngen. Durch den daraus resultierenden Mehrzuwachs steigt der N-Bedarf - die Frage ist dann, ob der Boden genug N bereitstellen kann, um ungehemmtes Wachstum zu ermöglichen. Die Beantwortung dieser Frage ist nicht einfach. Weder aus dem gesamten N-Gehalt noch aus dem C : N-Verhältnis ist eine eindeutige Antwort herleitbar. Am ehesten noch kann die Beurteilung der ökologischen Voraussetzungen für die N-Mineralisation am Standort selbst Anhaltspunkte liefern, oder ein kleiner gezielter Versuch, in dem die Behandlungen PK und NPK an Ort und Stelle gegenübergestellt werden. Allerdings braucht man für einen Versuch mindestens zwei Jahre Zeit.

Durch diese Darstellung ist vielleicht der Eindruck entstanden, daß im geschilderten Fall Blattanalysendaten für den Praktiker kaum brauchbar sind. Wenn man sich jedoch vor Augen hält, daß Blattanalysendaten Konzentrationsangaben von Nährstoffen in Pflanzenorganen darstellen, die nach Abschluß der Produktion dieser Organe erhoben wurden, und daß ferner das Wachstum bzw. die Massenproduktion auch durch andere als Nährstoffaktoren wesentlich beeinflusst wird, und schließlich, daß die Elementkonzentrationen in deutlicher gegenseitiger Abhängigkeit stehen, dann wird man auch in Fällen wie dem vorliegenden durchaus brauchbare Schlußfolgerungen aus derartigen Analysendaten ziehen können.

Tabelle 4

Mineralstoffangebot und Mineralstoffentzug in den einzelnen Behandlungen
im dritten Versuchsjahr

Mineralstoffmenge pro Gefäß; Gehalt des ungedüngten A-Substrates
(entsprechend dem Feinbodenmaterial der Gesamtfraktion)

Element und Methode	Gehalt in mg
N (gesamt)	5725
P (wasserausziehbar)	3,6
(H ₂ SO ₄ -Ammonsulfat ausziehbar)	34,4
(gesamt)	553
K (acetatausziehbar)	28,1
(gesamt)	390

Mineralstoffmenge pro Gefäß; Nährstoffzufuhr in Form von Düngemitteln
bei den verschiedenen Behandlungen

Element	Zufuhr in mg bei den verschiedenen Behandlungen					
	0	K	PK	NK	NP	NPK
N	-	-	-	318	318	318
P	-	-	118	-	118	118
K	-	623	623	623	-	623

Durchschnittlicher Entzug an N, P und K je Gefäß

Element	Entzug in mg bei den verschiedenen Behandlungen					
	0	K	PK	NK	NP	NPK
N	9,37	15,68	33,36	21,32	6,33	56,97
P	1,05	1,57	6,32	2,61	1,04	10,87
K	1,34	5,30	19,67	9,76	0,42	33,09

Durchschnittlicher Entzug an N, P und K je kg A-Substrat

Element	Entzug in mg bei den verschiedenen Behandlungen					
	0	K	PK	NK	NP	NPK
N	4,81	8,04	17,11	10,93	3,25	29,22
P	0,54	0,81	3,24	1,34	0,53	5,57
K	0,69	2,72	10,09	5,01	0,22	16,97

Wurzelmasse pro kg A-Substrat

Wurzel-trockenmasse	mg bei verschiedenen Behandlungen					
	0	K	PK	NK	NP	NPK
	208	357	862	531	123	1696

Nährstoffentzug pro 1000 mg Wurzelrockenmasse

Element	Entzug in mg bei den verschiedenen Behandlungen					
	0	K	PK	NK	NP	NPK
N	23,11	22,52	19,86	20,60	26,37	17,23
P	2,59	2,26	3,76	2,52	4,33	3,29
K	3,31	7,61	11,71	9,43	1,75	10,01

c) Mineralstoffhaushalt:

Als letzter Punkt zum Kapitel Ernährung sollen noch kurz einige quantitative Zusammenhänge zwischen Mineralstoffangebot und Mineralstoffaufnahme besprochen werden. In Tabelle 4 wurden verschiedene Daten über Mineralstoffangebot und Mineralstoffentzug zusammengestellt. Ein besonders interessanter Aspekt ist die Abschätzung des Ausnützungsgrades der angebotenen Mineralstoffe. Durch Vergleich der Mineralstoffgehalte des Bodens - für diese Studie wurde die Vereinfachung zugrunde gelegt, daß aus dem kaum durchwurzelten C-Material keine Nährstoffe aufgenommen wurden - mit den Angaben über den Mineralstoffentzug läßt sich feststellen, welche Mengen eines jeden Elementes aufgenommen wurden. Natürlich sind hier nur jene Behandlungen in Betracht zu ziehen, die mit dem in Frage kommenden Element nicht gedüngt worden waren. Im Falle des Stickstoffes wurden innerhalb eines Jahres von der 0-Behandlung 0,16 %, von der K-Behandlung 0,27 %, und von der PK-Behandlung 0,58 % des Gesamtvorrates an Stickstoff entzogen. Im Falle des Phosphors konnten die Pflanzen der Behandlungen 0, K und NK zwischen 29,2 % und 72,5 % des wasserauszehbaren, zwischen 3,05 % und 7,59 % des sulfatauszehbaren und zwischen 0,19 % und 0,47 % des Gesamtphosphors dem Boden entziehen. Von den Pflanzen der 0-Behandlung wurden in der gleichen Zeit 4,77 % des acetataustauschbaren und 0,34 % des gesamten Bodenkalkiums entzogen.

Da aus der Literatur keine Werte bekannt sind, mit denen diese Daten verglichen werden können, ist deren Einstufung schwierig. Die Größenordnung der Entzugsprozente zeigt aber, daß der verfügbare Mineralstoffvorrat dieses ziemlich armen Substrates in recht kurzer Zeit erschöpft werden könnte, wenn dem Boden nicht durch den Mineralstoffkreislauf oder durch Nachschaffung von außen wieder Nährstoffe zugeführt werden. Die Daten der Tabelle 4 erlauben aber darüber hinaus auch noch eine grobe Abschätzung der Ausnützung der verschiedenen Düngemittel. Im Fall des Stickstoffes wurde der zugeführte Dünger, wenn man die Behandlungen 0 und NP vergleicht, überhaupt nicht, beim Vergleich von K und NK zu 1,77 % und beim Vergleich von PK und NPK zu 7,42 % ausgenutzt. Auch der Phosphordünger blieb in der NP-Behandlung, wenn man sie mit der 0-Behandlung vergleicht, völlig ungenutzt, während beim Vergleich von K und PK eine Ausnützung von 4,03 % und von NK und NPK eine von 7,00 % festgestellt werden konnte. Die Ausnützung des Kalidüngers stieg mit steigender Massenleistung der Behandlungen von 0,64 % bis 5,24 % in der NPK-Behandlung.

Diese Angaben beziehen sich natürlich nur auf die Verhältnisse des Gefäßversuches und lassen sich zweifellos nicht unmittelbar auf Geländebeziehungen übertragen. Eines allerdings verdient trotz seiner Selbstverständlichkeit besonders hervorgehoben zu werden, nämlich daß die Ausnützung aller drei Düngemittel in der bestwüchsigen Behandlung die größte war. Im vorliegenden Fall heißt das, daß beim Vergleich der Be-

handlungen PK und NPK durch Zugabe des Stickstoffdüngers die Ausnützung des Phosphor- und Kalidüngers um jeweils mehr als ein Drittel verbessert werden konnte. Ein Gesichtspunkt, der bei der Planung praktischer Düngungsmaßnahmen nicht unberücksichtigt bleiben sollte. Betrachtet man zuletzt den Elemententzug pro Einheit der Wurzelmasse, so bemerkt man, daß die Unterschiede zwischen den Behandlungen für Stickstoff nicht allzu groß sind. Ob die niederen Werte in den besserwüchsigen Behandlungen auf einen größeren Anteil an derber Wurzelmasse zurückgehen oder aber die Erschöpfung des verfügbaren N anzeigen, ist ungewiß. Beim Phosphortreten die P-gedüngten Behandlungen deutlich hervor, und auch hier ist eine gewisse "Verdünnung" bei den besserwüchsigen Behandlungen zu bemerken. Interessant ist, daß beim Kalium die NP-Wirkung sehr deutlich zu sehen ist. Wie schon besprochen, scheint NP zu einer verstärkten Mg-Aufnahme zu führen, die dann wiederum antagonistisch die K-Aufnahme beeinträchtigt.

Obwohl zu diesem Kapitel noch reichlich Daten vorlagen, wurde auf deren Anführung verzichtet, weil für die meisten davon jede Vergleichsmöglichkeit und Erfahrung fehlt.

Praktische Anwendbarkeit der Versuchsergebnisse

Zweifellos können die in diesem Versuch gewonnenen Daten und Erkenntnisse nicht unmittelbar auf Geländegegebenheiten übertragen werden. Dazu sind die Bedingungen eines Gefäßversuches zu speziell. Es besteht aber andererseits kein Grund, annehmen zu müssen, daß gewisse ernährungsphysiologische Zusammenhänge, die in diesem Versuch aufgezeigt wurden, keine allgemeine Gültigkeit haben sollten. Gesetzmäßigkeiten, nach denen der Stoffwechsel in den Pflanzenzellen abläuft, haben sehr weite Gültigkeitsbereiche, und auch Aufnahme und Transport von Mineralstoffen erfolgen nach Regeln, die ebensowenig von Ort zu Ort schwanken wie etwa die den Antagonismen zugrundeliegenden Gesetze. Die ökologischen Gegebenheiten eines jeden Standortes werden das Bild modifizieren - es ist bekannt, daß bei gleichem Nährstoffregime unterschiedliche Feuchtigkeits- und Temperaturverhältnisse recht unterschiedliche Wuchsleistungen verursachen können -, nicht aber grundlegend ändern können. Unter Berücksichtigung aller erhältlichen standortkundlichen Informationen sollte es also, auf diesen Versuch aufbauend, durchaus möglich sein, die Mineralstoffversorgungssituation von Fichtenbeständen, die auf Dolomitstandorten stocken, richtig einzuschätzen.

Die detaillierte praktische Auswirkung von Düngungen in Fichtenkulturen oder in Sonderfällen auch in Beständen auf Dolomitstandorten wird aber, besonders wenn es gilt, ökonomische Überlegungen zu fundieren, nur durch Geländeversuche zu klären sein. Allerdings sollten sich auch bei der Anlage und Auswertung derartiger Versuche die hier erarbeiteten Informationen nützlich erweisen.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden Probleme der Makroelementernährung von Fichtenpflanzen bei hohem, einseitigem Ca- und Mg-Angebot, wie es auf Dolomitmöden herrscht, behandelt. Im Mittelpunkt stand dabei die Frage nach Zusammenhängen zwischen N-, P- und K-Angebot, Wuchsleistung und Mineralstoffkonzentrationen in den Pflanzenorganen. Damit sollte geklärt werden, ob die von verschiedenen Forschern für Böden geringer Basensättigung erarbeiteten Regeln zur Beurteilung der Mineralstoffversorgungssituation aus Boden- und Nadelanalysendaten auch für Rendzinaböden mit hohem, einseitigem Basenüberschuß angewendet werden können. Die Versuchspflanzen wurden in Kulturgefäßen auf natürlichem Dolomitrendzina-Material aus Samen gezogen. An den dreijährigen Pflanzen wurden die Auswirkungen von 6 Behandlungsstufen - 0, N, NK PK, NP und NPK - untersucht. Dabei zeigte sich folgendes:

- Längen- und Gewichtsmerkmale waren entsprechend den Behandlungen stark differenziert. Durchschnittlich war die Reihung NPK, PK, NK, K, 0, NP, wobei NPK die besten, K, 0 und NP die schlechtesten Leistungen aufwies.
- Die verschiedenen Behandlungen riefen statistisch signifikante Formunterschiede hervor. Auffallend sind die sehr unterschiedlichen Sproß-Wurzel-Verhältnisse und der Schlankheitsgrad.
- Die Durchschnittspflanzen der verschiedenen Behandlungen wiesen einen sehr unterschiedlichen Wachstumsgang auf. Besonders die NP-Behandlung zeigte nach anfänglich sehr gutem Wachstum einen sehr starken Abfall im dritten Jahr.
- In den verschiedenen Behandlungsstufen wiesen die Pflanzenwurzeln unterschiedliche Mykotrophiewerte auf. Es konnte eine gute Korrelation zwischen Mykotrophie und N-Gehalt der Wurzeln nachgewiesen werden.
- Aus den Blattanalysergebnissen der unbehandelten Pflanzen konnte nach herkömmlicher Deutung nur K-Bedarf abgeleitet werden, nicht jedoch P- und N-Bedarf.
- Die Elementkonzentrationen in den Nadeln und in den übrigen Pflanzenorganen waren mit dem Angebot in vielen Fällen nur schlecht korrelierbar. Als Ursache dafür konnten Stoffwechselstörungen durch extremen Mangel und Verdünnungseffekte festgestellt werden.
- Deutliche Mangelsymptome konnten nur in den Behandlungen NP und 0 beobachtet werden.

Anhand einer polyfaktoriellen graphischen Darstellungsweise (Abb. 6) wurde ein Nährungsverfahren zur Beurteilung der Mineralstoffversorgungssituation aus den Boden- und Nadelanalysendaten der Versuchspflanzen entwickelt.

Im letzten Teil der Arbeit wurden einige Überlegungen zu Fragen des Mineralstoffentzuges aus dem Boden und der Düngemittelausnützung dargestellt. Abschließend wurde die Anwendbarkeit der Versuchsergebnisse auf Geländebeziehungen diskutiert.

LITERATURVERZEICHNIS

- AALTONEN, V. T.: Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkd. 50 (1950): 17-24
- ARMSON, K. A.: The effects of levels and times of fertilizer application on the growth of white spruce seedlings. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 27 (1963): 596-597
- BAULE, H. und FRICKER, C.: Die Düngung von Waldbäumen. (BLV, München, Basel, Wien 1967)
- BECKETT, P. H. T.: The cation-exchange equilibria of calcium and magnesium. Soil Sci. 100 (1965): 118-123
- BERGMANN, W.: Die Ermittlung der Nährstoffbedürftigkeit des Bodens. In: RUHLAND, W. (Ed.) Handbuch der Pflanzenphysiologie. Band IV pp 867-942 (Springer, Berlin/Göttingen/Heidelberg, 1958)
- BRÜNING, D.: Forstdüngung (Neumann Verlag, Radebeul. 1959)
- BURSTRÖM, H. G.: The physiology of plant roots. In BAKER, K. F. and SNYDER, W. C. (Ed.): Ecology of soil-borne plant pathogens. pp 154-169 (University of California Press, Berkeley/Los Angeles 1965)
- ENSMINGER, L. E., HOOD, J. T. and WILLIS, G. H.: The mechanism of ammonium phosphate injury to seeds. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 29 (1965): 320-322
- FIEDLER, H. J., HUNGER, W. und NEBE, W.: Einige Bemerkungen zur forstlichen Düngung unter besonderer Berücksichtigung der Fichte im Mittelgebirge. Arch. f. Forstwesen. 11 (1962): 245-274
- FIEDLER, H. J. und NEBE, W.: Über die Beurteilung der Düngebedürftigkeit von Mittelgebirgsstandorten durch Bodenanalysen. Arch. f. Forstwesen. 12 (1963): 963-991
- GLATZEL, G.: Ein Gefäßversuch zur Frage der Mineralstoffernährung von Fichte auf Dolomittböden. (Diss. Hochschule für Bodenkultur, Wien, 1968)
- GOOR, C. P. van: Kali-Mangelercheinungen bei Kiefer in Holland. Zusammenfassung von SCHÖNAMSGRUBER in Allgem. Forstzeitschr. 17 (1962): Nr. 27: 2-3
- HARLEY, J. L.: The biology of mycorrhiza. (L. Hill, London 1959)
- HEINSDORF, D.: Über die Zusammenhänge des Nährstoffgehaltes in Böden und Nadeln und das Wachstum von Kiefernkulturen auf grundwasserfernen Sanden. Arch. f. Forstwesen. 13 (1964): 865-888
- HÖHNE, H.: Blattanalytische Untersuchungen an jüngeren Fichtenbeständen. Arch. f. Forstwesen. 12 (1963): 341-360
- HÖHNE, H. und NEBE, W.: Der Einfluß des Baumalters auf das Gewicht sowie den Mineral- und Stickstoffgehalt einjähriger Fichtennadeln. Arch. f. Forstwesen. 13 (1964): 153-167
- HOVLAND, D. and CALDWELL, A. C.: Potassium and magnesium relationships in soils and plants. Soil Sci. 89 (1960): 92-96

- HUNGER, W.: Untersuchungen über die Nährelementkonzentrationen in den Nadeln optimalwüchsiger Fichtenbestände. Arch. f. Forstwesen. 14 (1965): 571-590
- INGESTAD, T.: Macro element nutrition of pine, spruce, and birch seedlings in nutrient solutions. Medd. Statens skogsforskn.- inst. 51 (1962-1963): Nr. 7: 1-150
- INGESTAD, T.: Studies on the nutrition of forest tree seedlings. II. Mineral nutrition of spruce. Physiol. Plant. 13 (1959): 568-593
- JACKSON, M.L.: Soil chemical analysis. (Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1958)
- JACOB, A.: Magnesia, der fünfte Pflanzenhauptnährstoff (Ferdinand Enke, Stuttgart 1955)
- KRAMER, P.J. and KOZLOWSKI, T.T.: Physiology of trees (McGraw-Hill, New York 1960)
- KRAPFENBAUER, A.: Untersuchungsergebnisse über einen Waldstandort auf Serpentin im Dunkelsteiner Wald (Niederösterreich). In: Land- und forstwirtschaftliche Forschung in Österreich; Band II pp 66-71 (Österr. Agrarverlag, Wien 1966)
- LEYTON, L.: The mineral requirements for forest plants. In RUHLAND, W. (Ed.): Handbuch der Pflanzenphysiologie; Band IV. pp 1026-1039 (Springer, Berlin 1958)
- LOBANOW, N.M.: Mykotrophie der Holzgewächse (Deutsch. Verl.d.Wissenschaften, Berlin 1960)
- LUNDEGARDH, H.: Die Blattanalyse (Gustav-Fischer, Jena 1945)
- MARTIN, P.J. and PAGE, A.L.: Influence of high and low exchangeable Mg and Ca percentages at different degrees of base saturation on growth and chemical composition of citrus plants. Plant and Soil. 22 (1965): 65-80
- MENGEL, K.: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze; 2. Aufl. (Gustav Fischer, Jena 1965)
- NEBE, W.: Über die Beurteilung der Düngedürftigkeit von Mittelgebirgsstandorten durch Blattanalysen. Arch.f.Forstwesen. 12 (1963): 1024-1052
- NEBE, W.: Über Düngungsversuche in Fichtenbeständen. Wiss. Z. Techn. Univers. Dresden. 14 (1965): 1009-1018
- NEBE, W. und BENES, S.: Über Standort, Höhenwachstum und Ernährungszustand optimal wachsender Fichtenbestände der Beskiden, des Böhmer Waldes und Erzgebirges. Arch.f.Forstwesen. 14 (1965): 1003-1020
- PENNINGSFELD, F.: Nährstoffmangelercheinungen bei Baumschulgehölzen. Die Phosphorsäure. 24 (1964): 199-212
- RICHARDS, N.B.: Mycorrhiza development of Loblolly pine seedlings in relation to soil reaction and supply of nitrate. Plant and Soil. 22 (1965): 187-199
- SCHARRER, K. und MENGEL, K.: Über den Kalium-Magnesium-Antagonismus bei Mais und Sonnenblumen. Z. Pflanzenernähr., Düng., Bodenkunde. 83 (1958): 149-162

- SCHMIDT-VOGT, H.: Wachstum und Qualität von Forstpflanzen. 2. Aufl. (F. Enke, Stuttgart 1966)
- STREBEL, O.: Nadelanalytische Untersuchungen an Fichten-Altbeständen sehr guter Wuchsleistung im bayerischen Alpen-Vorland. Forstwiss. Cbl. 80 (1961): 344-352
- TAMM, C.O.: Determination of nutrient requirements of forest stands. International Review of Forestry Research. 1 1964b): 115-169
- THOMASIUS, H.: Über methodische Fragen bei der Anlage forstlicher Versuchsflächen. Arch.f.Forstwesen. 11 (1962): 436-454
- WEHRMANN, J.: Möglichkeiten und Grenzen der Blattanalyse in der Forstwirtschaft. Landwirtsch. Forschung. 16 (1963): 130-145
- WELLS, G.C.: Nutrient relationships between soils and needles of loblolly pine (*Pinus taeda*). Soil.Sci.Soc. Am. Proc. 29 (1965): 621-624
- WITTICH, W.: Bodenkundliche und pflanzenphysiologische Grundlagen der mineralischen Düngung im Walde und Möglichkeiten für die Ermittlung des Nährstoffbedarfs. Allg. Forstztschr. 13 (1958): 121-124
- WITTICH, W.: In WITTICH, W., FIEDLER, H.J. und KRAUSS, H.H. Möglichkeiten der Produktionssteigerung in der Forstwirtschaft durch Düngung und die sich daraus ergebenden Forschungsprobleme. Sitzungsberichte der DAL Berlin. 9 (1960): Heft 6: 3-22

Anschrift des Verfassers: Dipl. Ing. Dr. Gerhard GLATZEL, Institut für forstliche Standortforschung der Hochschule für Bodenkultur, 1190 Wien, Peter Jordanstraße 82.

SYMPOSION

über die Untersuchung von Waldböden
(27. IV. 1967, Hochschule für Bodenkultur)

Vorsitz: Dr. SCHILLER

Teilnehmer (in alphabetischer Reihenfolge):

Prof. Dr. FRANZ, Dipl. Ing. HIMMELFREUNDPÖNTNER,
Dr. KILIAN, Dr. KOBERG, Dr. KREISL, Dipl. Ing. LUMBE,
Prof. Dr. MAYER, Doz. Dr. MAYR, Dr. SOLAR, Dr. TRAUN-
MÜLLER.

Das Symposium wurde durch drei Kurzreferate eingeleitet.

Prof. Dr. H. FRANZ (Institut für Bodenforschung, Hochschule für Bodenkultur):

Methoden der Waldbodenuntersuchung

Die Düngungsbedürftigkeit von Dauerkulturen ist anders zu beurteilen als die Düngung einjähriger Pflanzenbestände. Während für diese der Gehalt an rasch mobilisierbaren Mineralnährstoffen im Boden ausschlaggebend ist, spielt für die Dauerkulturen die nachliefernde Kraft des Bodens eine um so maßgebendere Rolle, je länger die Umtriebszeit ist. Demgemäß ist im forstlichen Bereich die Düngung der Forstgärten am ehesten mit jener der landwirtschaftlich genutzten Flächen vergleichbar; dementsprechend ist hier wie in der Landwirtschaft mindestens fürs erste mit der Nährstoffuntersuchung der Krume das Auslangen zu finden. Für die Beurteilung der Düngedürftigkeit von Beständen reicht die Bestimmung der leicht löslichen Nährstoffe in der Krume keinesfalls aus. Für eine hinreichende Aussage ist die Untersuchung von Auflagehumus, mineralischem Humushorizont, Unterboden und Muttergestein sowohl im Gelände als auch im Labor erforderlich.

An Laboruntersuchungen sind mindestens notwendig:

Bestimmung von N, C und C:N, aus der Bauschanalyse und aus dem Ionenbelag die Nährstoffe K, Na, Ca, Mg und P sowie deren Verhältnis am Sorptionskomplex. Es ist dies also eine sehr umfangreiche Untersuchung, aber nur sie vermag einen Einblick in die Nährstoffbilanz zu geben.

Dem steht der Einwand gegenüber, daß diese Untersuchungen für Serien zu aufwendig sind. Für erste Düngungsmaßnahmen, die sich zunächst auf Böden mit starken Rohhumusdecken beschränken müßten, würde es zur Not genügen, nur die Rohhumusaufgabe zu untersuchen, wobei allerdings auch hier neben P, K und Ca die Bestimmung von Mg und C:N erforderlich wäre.

Es wäre also zu unterscheiden zwischen zwei Programmen:

- 1.) Eine in Serie mögliche Untersuchung zur raschen Erstellung von einfachen, überschlüssigen Empfehlungen zur Düngung von degradierten Flächen mit Rohhumusakkumulation.
- 2.) Eine umfangreiche, eingehende Untersuchung der Böden als Grundlagenarbeit, um allmählich Einblick in die Nährstoffverhältnisse der österreichischen Böden zu gewinnen.

Solange diese Grundlagen nicht vorhanden sind, ist eine exakte, zahlenmäßige Düngungsempfehlung für die einzelnen Projekte, wie sie stets gefordert wird, nicht möglich. Es wäre dringend nötig, die Erarbeitung dieser Unterlagen ehestens in der Weise in Angriff zu nehmen, daß die Gebiete mit höchster Düngebedürftigkeit mit Vorrang untersucht werden. Das erforderliche Personal müßte an einer Bundesanstalt eingestellt werden.

Dr. W. KILIAN (Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien-Schönbrunn):

Erfahrungen bei der Untersuchung von Waldböden

Die überwiegende Mehrzahl der Bodenanalysen im Labor der Forstlichen Bundesversuchsanstalt sind Serienanalysen. Sie dienen vor allem als Unterlage für die regionale Standortserkundung, in zweiter Linie für die Anlage verschiedener Versuchsflächen - eigene Versuche und solche anderer Institute -, und zu einem kleineren Teil für Auskünfte und Gutachten an Außenstehende.

Bei der Serienuntersuchung muß aus arbeitstechnischen Gründen eine Auswahl der zu untersuchenden Faktoren getroffen werden, wobei bewußt auf zahlreiche andere, sicherlich ebenso interessante Bestimmungsstücke verzichtet werden muß.

Bei uns werden folgende Werte bestimmt:

pH, Karbonat; K, P, Ca, Mg, Fe aus dem Aufschluß mit 20 %iger kochender HCl; Gesamt-N, neuerdings wieder C und C:N; fallweise T, S, V; weiters P und K aus dem Laktatauszug, ferner Korngrößen und fallweise das Gesamt-Porenvolumen. (pH wird in n KCl, fallweise zusätzlich in H₂O mit Glaselektrode bestimmt; Karbonat gasvolumetrisch nach Scheibler; N nach Kjehldahl; P und Fe kolorimetrisch, K und Ca flammenphotometrisch.)

Die auf diese Weise erhaltenen Werte sind sehr zuverlässig. Gewisse Schwierigkeiten bereitet dagegen - wie überall - die Bestimmung von Magnesium. Die kolorimetrische Bestimmung hat sich nicht bewährt wegen der Störung durch andere Ionen. Wir mußten daher wieder zur Titration mit Komplexon zurückkehren, was wegen der erforderlichen Abscheidung von Fe zeitraubend ist. In naher Zukunft werden wir jedoch in der Lage sein, Mg flammenphotometrisch zu bestimmen (Zeiss).

Für die Bestimmung von C bzw. des C:N-Verhältnisses haben sich alle nassen

Verbrennungen als ungeeignet erwiesen, bei humusreichen Proben sogar für die einfache Bestimmung des Humusgehaltes, da der Umrechnungsfaktor C : Humus in sehr weiten Grenzen schwankt (bis 1 : 3), wie zahlreiche eigene Analysen gezeigt haben (z. B. Dachstein-Proben, Publ. in "Karstforschung").

Auch die Elementaranalyse (gravimetrisch) mit dem Halbmikro-Automaten war unbefriedigend. Vorzügliche Werte liefert uns dagegen heute das Gasanalysen-Gerät von Wösthoff. Damit sind Einwaagen bis 3 Gramm möglich und der Gang der Verbrennung kann am Schreiber verfolgt werden. Eine gewisse Schwierigkeit machen dabei kalkhaltige Böden, da die Genauigkeit der Karbonatbestimmung, welche für das C : N-Verhältnis ebenfalls erforderlich ist, weit unter jener der Gesamt-C-Bestimmung liegt.

Der T-Wert (UK) wird nach Ulrich bestimmt, der S-Wert durch Ausschüttelung mit HCl.

Die Korngrößenbestimmung erfolgt in Anlehnung an die Bundesanstalt für Bodenkartierung, mittels Dispergieren mit Na-Pyrophosphat, Sieben und Pipettieren der 2er und 6er Fraktionen. In Anlehnung an die genannte Anstalt haben wir die Methode modifiziert: wir sind vom Schütteln zu Vibrieren, vom Sieben nach dem Pipettieren zu Sieben vor dem Pipettieren übergegangen. Bei den kalk- und schluffreichen Proben (Auböden, Löß etc.) ergeben sich aber Unsicherheiten, die gerade in letzter Zeit wieder Anlaß zur Überprüfung der Methode gegeben haben. Wir möchten in diesem Zusammenhang eine Enquete anregen. Grundsätzlich steht fest, daß die Korngrößenfraktionierung nicht immer mit der Fingerprobe übereinstimmt. Dies kann auch nicht der Fall sein, da die Fingerprobe mehrere Faktoren einschließt: sie erfaßt neben der Kornverteilung vor allem die Lagerung und die Qualität der Tonminerale. Undurchlässige, bindige Pseudogleye mit nur geringem Tongehalt sind z. B. eine bekannte Erscheinung.

Die Problematik des Bodenauszuges zur Nährstoffbestimmung wurde wiederholt diskutiert, zuletzt bei der Sitzung an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Sie kann daher übergangen werden.

Die Forstliche Bundesversuchsanstalt hat den HCl-Aufschluß zur Charakterisierung des Nährstoffvorrates gewählt. Die verschiedenen zur Extraktion gewählten Puffer lösten unkontrollierbare, von Methode zu Methode nicht vergleichbare Nährstoffmengen und ergeben überdies nur eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der Analyse bzw. Probenahme. Es wird eine Menge nach Einstellung eines Gleichgewichtes bestimmt. Die pflanzenverfügbaren Nährstoffe sind dagegen eine Funktion der Zeit und beruhen auf der Erhaltung eines Ungleichgewichtes durch die Pflanzenwurzel. Durch Extraktionen kann daher dieser gesuchte Wert nicht bestimmt werden.

Die großen Unterschiede von Boden zu Boden in der Löslichkeit der Nährstoffe hat neuerdings MESSINER gezeigt. Auch in eigenen Versuchsreihen wurde dies bestätigt: es gibt Böden, deren Nährstoffvorrat nach wenigen aufeinander folgenden Extrak-

tionen erschöpft ist, und solche, die nahezu unbegrenzt ein - eventuell auch niedriges - Niveau an löslichen Nährstoffen halten.

Im Zusammenhang mit den "aufnehmbaren" Nährstoffen muß der Unterschied zwischen den verschiedenen Baumarten beachtet werden.

Zu dieser Frage wurde an unserem Institut ein Versuch nach dem Prinzip der Isotopen-Verdünnungsanalyse angelegt. Endgültige Ergebnisse liegen noch nicht vor, doch scheint sich etwa folgende Tendenz abzuzeichnen: Fichte und Kiefer vermögen im Vergleich zu Roggen ein Vielfaches an Bodenphosphor aufzuschließen. Die Werte für Roggen liegen dabei etwa in der Größenordnung der durch Laktatauszug gelösten Mengen, während der Fichte der Bodenphosphor bis zur Hälfte des Gesamt-P zugänglich ist. Das Aufschlußvermögen der Kiefer scheint dabei gerade auf jenen Böden das der Fichte zu übertreffen, welche nach standortkundlichen Gesichtspunkten für Kiefer besonders geeignet erscheinen.

Die aus dem HCl-Aufschluß ermittelten Werte umfassen etwa folgende Größenordnungen:

P_{205}	: 0,04 - 0,50 %
K_2O	: 0,04 - 1,00 %
CaO	: 0,10 - 2,00 % ohne Karbonat, mit Karbonat unbegrenzt
MgO	: Spur - 1,50 % ohne Karbonat (bei sauren Böden liegt Mg im allgemeinen über Ca und sinkt mit zunehmendem pH unter den Wert für Ca)
Fe_2O_3	: von 0,20 % in Humushorizonten bis 10 % in Terra fusca.

Deutung der Analysenwerte:

Zwischen Wuchsleistung und Nährstoffgehalt besteht keine einfache positive Korrelation. Das ist eine Tatsache, die den Wunschvorstellungen von allgemein gültigen Düngungsrezepten usw. entgegensteht. Dementsprechend sind wir auch - zumindest derzeit - nicht in der Lage, eine allgemeingültige Skala von Grenzwerten bezüglich der Nährstoffversorgung aufzustellen. Dies schon deshalb nicht, weil gleiche Werte für verschiedene Horizonte etwas ganz Verschiedenes aussagen. Die Nährstoffe des Bodens, wie der Boden überhaupt, sind ja nur einige unter vielen Faktoren, die miteinander in enger Wechselbeziehung stehen und erst insgesamt den Standort ergeben. Dennoch ist die Bodenanalyse für die Gesamtbeurteilung eines Bodens bzw. eines Standortes ein unerläßlicher Bestandteil. Doch liegt die Art der Interpretation auf einer anderen Ebene, denn sie wird nicht nach einem Rechenschema etwa wie die "Aufkalkungszahl" ermittelt, sondern sie ist vielmehr in der Sicht der regionalen Standortsunterschiede vorzunehmen.

Die Analysendaten im Profilverlauf sind sehr aufschlußreich: einerseits veranschaulichen sie die Bodendynamik, andererseits können aus ihnen Degradationen und andere temporäre Zustandsänderungen sehr gut abgelesen werden. Unter Berücksichtigung

der anderen Standortfaktoren erlauben die Analysendaten eine gute Beurteilung der bleibenden Standortgüte. Vor allem die Beziehungen zum Grundgestein sind deutlich erkennbar, außerdem ist eine Aussage über die langfristige Nachlieferung möglich.

Die Beurteilung muß jedoch jedesmal gutachtlich, abwägend und nicht nach Grenzwerten erfolgen. Dies geschieht - mit Fortschreiten der Standortserkundung immer mehr - durch die Charakterisierung klimatisch-geologischer Landschaften bzw. Wuchsbezirke.

Prof. Dr. Hannes MAYER (Institut für Waldbau, Hochschule für Bodenkultur):

Waldbau und Düngung

(Waldbauliche Planungsgrundlagen für einen rationellen Einsatz der Düngung zur Ertragssteigerung im Forstbetrieb; Schwerpunkt Bestandesdüngung. - Diese Darstellung ist in Schlagworten abgefaßt, um trotz kurzer Form das Thema ausschöpfen zu können. Eine ausführliche Stellungnahme des gleichen Autors ist in der "Allgemeinen Forstzeitschrift, Nr. 42, 1967, zu finden.)

1. Feststellung der standörtlichen Düngungsbedürftigkeit:

(Analyse des standörtlichen Ertragsfaktorenkomplexes in den Standortseinheiten)

Einfluß des Allgemein- und Lokalklimas (thermische und hygrische Ausgangssituation; lokaler Sonderstandort).

Geologische Ausgangssituation (natürliches langfristiges Nährelementangebot).

Geomorphologische Voraussetzungen (Hänge - Verebnungen; natürliche Verlust- und Anreicherungsanlagen).

Natürliche Waldgesellschaft - forstliche Ersatzgesellschaft (naturnähere - naturfernere Produktionsbedingungen).

Bodenkundlicher Tatbestand:

Bodentyp (Rendsina - Ranker, Braunerde - Podsol, Pseudogley - Gley)

Bodenchemie (aktuelles Nährelementangebot und langfristige Nährstoffnachlieferung; Nährelementkreislauf; Gesamtanalyse und zusätzliche Bestimmung der Verfügbarkeit von entscheidenden Nährstoffen; lang- und kurzfristige Nährstoffbilanz; Beurteilung der Ergebnisse im Rahmen des Gesamtstandortes).

Bodenphysik (Struktur, Durchlüftung; Durchlässigkeit; ausgeglichener - extremer Wasserhaushalt).

Bodenbiologie (biologische Bodenaktivität und Stabilität)

Bodenhumus (Ansprache der Humusbildung; Mull - Moder - Rohhumus; Beurteilung im Rahmen des Gesamthaushaltes; z. B. Rohhumus in naturfernen und naturnahen Nadelbeständen).

Bodendurchwurzelung (flach - tief, intensiv - extensiv; Feinwurzelintensität im Oberboden).

Bodenvegetation (gemischt - einseitig, Standortswieser; Verunkrautung, Verjüngung)
Standortserkundung (Ausscheidung der düngungsbedürftigen Standorteinheiten).

Zusammenfassende Beurteilung des standörtlichen Ertragspotentials in den verschiedenen Standorteinheiten unter besonderer Berücksichtigung der für die Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit entscheidenden Faktoren (Möglichkeiten der "Optimierung" durch Düngung; Nährstoffarmut, extremer Wasserhaushalt; Lokalklima); Gliederung nach relativer Düngungsbedürftigkeit:

- a) düngungsbedürftige Standorteinheiten mit voraussichtlich größtem Düngungseffekt (bodenchemisches Minimum bei "harmonischen" - nicht extremen - übrigen standörtlichen Ertragsfaktoren);
- b) für die Düngung bedingt geeignete Standorte mit vermutlich noch ausreichendem Düngungseffekt (Nährelementminimum weniger ausgeprägt; harmonische Düngerwirkung durch extremere übrige Bodenfaktoren (Wasserhaushalt, Bodentyp) in Frage gestellt;
- c) nicht für die Düngung in Frage kommende Standorte (mehrere Standortsfaktoren vereiteln einen ausreichenden Düngungserfolg, z. B. hohes und harmonisches natürliches Nährelementangebot und großer Sättigungsgrad).

2. Feststellung der bestandesindividuellen Düngungswürdigkeit (Analyse zur Beurteilung einer möglichen Leistungssteigerung):

Lebensphase: (Jungwuchs, Dickung), Stangenholz, Baumholz, Altholz.

Baumart: Allgemeine Standortsansprüche, spezifische Nährelementansprüche; (Blatt-Nadelanalyse: Ermittlung der Nährstoffversorgung auf den Standorteinheiten; relative Gültigkeit des Nährelementpegel-Solls).

Mischung: Baumartenwahl bei waldbaulicher Optimallösung/Ersatzlösung; standortshemisch, standortstauglich, standortswidrig (Reinbestands- oder Mischbestandsmilieu).

Bestandesstruktur: Individuenzahl, Schichtung, Schluß, Kronendimensionen.

Wuchs: Höhen- und Stärkeentwicklung, Bonität, aktuelle und standörtlich maximale Grundfläche, Wuchsstockung, Vitalität, langfristige Entwicklungstendenz; positiv - negativ.

Qualität: Schaftausformung und Astigkeit/Astreinigung, Kronengüte (Länge, Inhalt, Form), Holzstruktur (Jahrringbau, Verkernung).

Bestandesgeschichte: Entstehung; besonderer anthropogener - zoogener Einfluß in Gegenwart und Vergangenheit (Streuunutzung, Weide).

Schäden: Erhebungen des Befallsgrades, Schälschäden, Rotfäule, Hallimasch).

Grad der künftigen Gefährdungen: (Bestandesstabilität; Wind, Schnee, Insekten, Pilze).

Kritische Abwägungen von ev. Gefährdungen durch die Düngung: Wertholzgefährdende Zuwachssteigerung in Kiefernbeständen, größere Schneebruch- und Schneedruckanfälligkeit hochschießender Fichten, größere Pilzanfälligkeit (Fomes) bei optimaler

Stickstoffversorgung (Fichte), Zunahme der Flachwurzeligkeit, Windgefährdung der Fichte auf staunassen Böden (Störung des Bodenlebens, toxische Salzkonzentrationen, Stickstoffsperre; Förderung der Vergrasung, Verunkrautung).

Gegenwärtige und künftige Massen- und Wertleistung: Laufender und durchschnittlicher Zuwachs, Zielstärke; Sortimentgliederung, Anteil der Güteklassen, Wertholz; größte Düngungswirksamkeit in mittelalten Beständen bei Kulmination des laufenden Volumszuwachses.

Bestandespflegezustand: Kontinuierliche Pflege mit planvoller positiver Auslese und ausreichenden Kandidaten, Ausleseebäumen, Eliteebäumen in regelmäßiger Verteilung; unzureichende Pflege durch einseitige negative Auslese ohne ausreichende Wertträger; Entwicklungstendenz.

Pflege- und Bestockungsziel: Bestandesindividuelle Ableitung.

Zusammenfassende Beurteilung der bestandesentscheidenden Ertragsfaktoren zur Auswahl der Bestände nach relativer Düngungswürdigkeit:

- a) düngungswürdig (z. B. gut gepflegte und ausgeformte Nadelbestände mittlerer Wachstumsleistung mit überdurchschnittlicher Wertleistung);
- b) bedingt düngungswürdig (mäßig gepflegte, noch ausreichend geformte Bestände mit stockendem Wuchs trotz günstigen strukturellen Voraussetzungen);
- c) nicht düngungswürdig (standortswidrige, rotfaule, astige Fichtenbestände; wüchsige Kiefernbestände mit Wertholzanteil);
- d) kritische Beurteilung von Sonderfällen, z. B.:

raschere Überwindung von Zuwachsausfällen in von Schneebrüchen durchlichteten Stangenhölzern

Schnellwuchsbetrieb, Abkürzung des Produktionszeitraumes in Sonderfällen (?)

wünschenswerte Erhöhung der Resistenz pathologisch labiler Bestände durch Förderung der Vitalität (problematisch, ev. bei einmaligen Zwangslagen; Symptombehandlung statt Prophylaxe)

Erreichung und Überschreitung der Zielstärke ("Wertholzdimension") in Altbeständen mit Zuwachsabfall

(Startdüngung in verunkrauteten Kulturflächen zur Einsparung von Ausgaben für die Jungwuchspflege).

3. Waldbaulich - betriebswirtschaftliche Gesamtbeurteilung der Walddüngung:

- a) Kalkulation der Wirtschaftlichkeit von Walddüngungsmaßnahmen:

Zusammenstellung der düngungswürdigen Bestände auf den düngungsbedürftigen Standortseinheiten (Flächengröße);

Ermittlung des Düngungsaufwandes (Beurteilung der kritischen, optimalen und maximalen Menge; Zusammensetzung; Ausbringung, Kosten; minimale Mengen

auch aus Rentabilitätsgründen erstrebenswert), Standortsuntersuchungen, Erfahrungswerte (Literatur), Düngungsversuche, Beratung (Österreichische Düngerberatungsstelle);

Potentielle Zuwachssteigerung (kurzfristig) bzw. Standortsverbesserung (langfristig) nach Masse und Wert (Amortisation) sowie sonstige positive Auswirkungen (Förderung der Naturverjüngung);

Verzinsung des Investitionsaufwandes:

aa) Zur Wahrung der Rentabilität erforderlicher Mehrertrag (direkte oder indirekte Werterhöhung) in % der Investition (=100 %)

Verzinsungszeitraum in Jahren	Mehrertrag in % der Investition (=100%)
1	105
5	128
10	163
20	265
30	432
50	1.147
100	13.150
120	34.891

Relativ kurzfristige Rentabilität (10 bis 20, eventuell 30 Jahre).

bb) Möglichkeiten einer teilweisen Abschöpfung des durch den düngungsbedingten Wuchsbeschleunigungseffekt erzielten geldwerten Mehrzuwachses im Wege der Bestandespflege (bestandesindividuelle Analyse, kurz- und mittelfristige Planung 10 - 20 Jahre).

Gutachtliche Schätzung der Rentabilität im engeren (kurzfristig) und weiteren (langfristig) Sinne.

b) Vergleichende betriebswirtschaftliche Kalkulation anderer Ertragssteigerungsmöglichkeiten bei gleichem Investitionsaufwand:

Intensivierung der Bestandespflege in hochwertigen Jungbeständen zur Erhöhung der Wuchsleistung auf ausgedehnteren Flächen.

Astung von wertholzversprechenden Jungbeständen.

Verhinderung von Wildschäden durch Zäunung.

Dosierte Einbringung von raschwüchsigen Baumarten (Ausländer) unter Einzelschutz.

Verbesserung der Bringungsverhältnisse zwecks Senkung der Werbungskostenbelastung.

c) Kritische Beurteilung der Investitionsmöglichkeiten außerhalb des Forstbetriebes.

d) Grundsätzliche Entscheidung über die Anlage vorhandener Investitionsmittel (z. B. Zuweisung eines Teilbetrages für waldbauliche Investitionen).

- e) Begründeter Entschluß über die wertversprechendsten waldbaulichen Intensivierungsmaßnahmen nach kritischer Abwägung aller positiven und negativen Momente unter besonderer Berücksichtigung der kurz- und langfristigen Auswirkungen (z. B. Zuweisung eines Teilbetrages für besonders rentable Walddüngungsmaßnahmen).

4. Durchführung der Walddüngung (Literaturhinweise):

- a) Bestandesdüngung
- b) Kulturdüngung
- c) Melioration (Bestandesumwandlung)

ASSMANN, E.: Waldertragskunde. BLV, München-Basel-Wien 1961

BAULE, H. u. FRICKER, Ch.: Die Düngung von Waldbäumen. BLV, München-Basel-Wien 1967

BECKER-DILLINGEN, J.: Die Ernährung des Waldes. Berlin 1939

BRÜNING, D.: Forstdüngung, Radebeul 1959

FRANZ, H.: Die Walddüngung im Lichte der Bodenbiologie. Allg. Forstztg., Wien 1956

GUSSONE, H.: Faustzahlen für Düngung im Walde. BLV, München-Basel-Wien 1964

HAUSSER, K.: Ertragssteigerung in der Forstwirtschaft durch mineralische Düngung. Die Phosphorsäure, 1956.

LAATSCH, W.: Bodenfruchtbarkeit und Nadelholzanbau. BLV, München-Basel-Wien 1963

ÖSTERR. DÜNGERBERATUNGSSTELLE: Walddüngung. 2. Auflage, Wien 1964

WITTICH, W.: Stand und Aussichten der forstl. Düngung. Die Phosphorsäure 1957

ZÖTTL, H.: Waldstandort und Düngung. Cbl. ges. Forstw. Wien 1964.

Diskussion

Prof. Dr. MAYER, der die Diskussionsleitung übernommen hat, weist zunächst auf die Schwierigkeiten bei der Erfassung aller für die Düngung wichtigen Faktoren hin.

Prof. Dr. FRANZ: Es stehen jedoch hier nur die bodenkundlichen Fragen zur Diskussion, und zwar sind folgende Punkte zu erörtern:

1.) Probenahme

2.) chemische, biologische und physikalische Untersuchungsmethoden.

Vorher ist zudem der Umfang der Untersuchungen für Düngungszwecke festzulegen (ohne Berücksichtigung der Forstgärten). Schließlich möge die Österr. Bodenkundliche Gesellschaft zwei Beschlüsse fassen:

a) Antrag auf die Auswertung alter Düngungsversuche

b) Antrag auf räumliche, sachliche und personelle Einrichtungen zur Durchführung von Bodenanalysen als Grundlage für Walddüngungen.

Zu 1.) Umfang und Auswahl der Proben:

Dr. KILIAN berichtet über die Probenahme bei den Exaktversuchen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. In jeder Teilfläche der Versuchsanlage wird ein Raster von 16 Punkten ausgemessen, davon werden 2 Punkte ausgelost, in denen ein Bodenprofil geworben wird, weitere 2 Punkte, an welchen nur die Humushorizonte entnommen werden. Alle so erhaltenen Proben werden einzeln (keine Mischprobe!) untersucht, um gleichzeitig die Streuung zu ermitteln.

Dr. TRAUNMÜLLER berichtet über die Probenahme bei den Versuchsflächen der Landwirtschaftskammer. Wahl und Beurteilung der Flächen erfolgte nur nach Vegetationstyp. Die Bodenuntersuchung (aus Profilen) wurde zusätzlich durchgeführt. Die Untersuchung auf den Nährstoffgehalt erfolgte nach landwirtschaftlichen Gesichtspunkten, zeigte aber keine Ergebnisse.

Prof. Dr. FRANZ empfiehlt, von der Methode der Exaktflächen auszugehen und dann den Umfang so weit als möglich zu reduzieren.

Dr. KILIAN: Bei den Exaktflächen wurden neben den an der Forstlichen Versuchsanstalt üblichen Bodenanalysen (HCl-Aufschluß, S, T, V, etc.) Lactatauszüge von der Landw. chem. Versuchsanstalt in Wien durchgeführt. Ferner jährlich im Oktober (von einer Fläche dreimal jährlich) Nadelproben entnommen und analysiert.

Vorschlag für die gegenständlichen Untersuchungen wäre: Je eine Mischprobe aus dem Auflagehumus und aus dem A_1 , die Proben aus dem Unterboden dagegen nur von dem repräsentativen Profil, denn die Analysen aus den Exaktflächen haben gezeigt, daß die Streuung der Werte in den Humushorizonten groß ist, mit zunehmender Profiltiefe aber immer geringer wird. Umfaßt die Düngungsfläche jedoch mehrere Standorte bzw. Bodenformen (Mosaikstandorte), so gilt die obige Probenahme für jede Teilform.

Prof. Dr. MAYER: Neben der Bodenuntersuchung sind sämtliche übrigen Faktoren zu beachten. Zuerst ist eine Vorauswahl der Fläche erforderlich, u. zw. nach Standort, Zustand und Bestand. Erst auf Grund dieser Gesichtspunkte läßt sich beurteilen, ob eine Düngung überhaupt erforderlich erscheint; erst dann wären weitere Untersuchungen einzuleiten.

Doz. Dr. MAYR hält die Probenahme nach dem obigen Vorschlag auch aus mathematischen Überlegungen für günstig.

Dr. SCHILLER: Welche Punkte sind bei der Abgrenzung der Probenahmefläche zu berücksichtigen?

Prof. Dr. MAYER: Es muß eine gutachtliche Fassung ("Fassen" im Sinne von Abfassen, Aufstellen; Anm. d. Schff.) der Standortseinheiten erfolgen. Die Standortseinheit ist dabei als waldbauliche Behandlungseinheit zu definieren. Die zu beurteilende Fläche (die Düngungsfläche) soll außerdem noch nach Vegetation, Bestand und allgem. Aspekt einheitlich sein. Für die Standortseinheit wird sodann ein repräsentatives Bodenprofil beschrieben und Proben genommen. Repräsentativ bedeutet dabei durchschnittlich.

Prof. Dr. FRANZ: Für die Durchführung muß aber ein geeigneter Personenkreis gefunden werden. Hier wird streng zu unterscheiden sein zwischen dem Großbetrieb, dessen Forstmeister selbst ausreichend ausgebildet ist, und dem Bauernwald, in dem diese Aufgabe wohl einem Fachmann der Bezirksforstinspektion oder Kammer zufallen wird.

Entnahme der Mischproben:

Dr. SCHILLER: Bei der Untersuchung von Forstböden wird es erforderlich sein, die ermittelten Analysendaten nicht auf die Gewichts-, sondern auf die Raumeinheit bezogen anzugeben. Das Raumgewicht festzustellen wäre daher wichtig, die Probenahme ist aber schwierig und für Serienanalysen kaum durchführbar. Hier könnten Richttabellen (Schachtschabel) angewendet werden, wie solche bereits für gärtnerische Kulturerden bestehen. Für Waldböden müßten entsprechende Beziehungen zwischen Gehalt an org. Substanz und Raumgewicht erst ermittelt werden.

Prof. Dr. MAYER: Man soll mit den diversen Methoden nicht allzu große Genauigkeit vortäuschen.

Dr. SCHILLER: Welche Fläche ist einer Mischprobe zuzuordnen?

Beschluß:

- 1.) Mindestgröße der Probenahmefläche für eine Mischprobe: die Standortseinheit (anteilmäßig gemischt nach Mosaik- bzw. Bestandeselementen).
- 2.) Mindestzahl der Einzelproben pro Fläche: 5 - 10 (20) / ha
- 3.) Mindestzahl der Einzelproben pro Mischprobe: ergibt sich aus 1 und 2.
- 4.) Mindestvolumen der Einzelprobe: 1 dm^2 mal Horizonttiefe.

Bei den Proben der tieferen Horizonte: Einzelprobe von der Profilwand, mindestens jedoch von 5-10 Entnahmestellen, aus 1 Profil pro Fläche. Gewicht der Probe 1,5 kg, wenn nicht zuviel Grobskelett.

Die Profilbeschreibung hat nach Abstreichliste zu erfolgen.

Zu 2.) Bodenanalyse:

- a) Analyse für Versuchsflächen etc.

- 1) Organ. Substanz: Bestimmung als Glühverlust mit großen Einwaagen (10g) oder elementaranalytisch. Zur Bestimmung des C/N-Verhältnisses gibt die Elementaranalyse die richtigen Werte.
- 2) pH-Bestimmung: 1/10 n KCl, weil diese Konzentration einen geringeren Einfluß auf die Elektroden hat als 1/1 n.
- 3) Karbonate nach Scheibler.
- 4) Salzsäure-Aufschluß, daraus Bestimmung von K, P, Mg, Ca, Fe.
- 5) Daneben ein schwächerer Auszug zur Bestimmung von P_2O_5 , ev. n/2 HCl.
- 6) Bestimmung der austauschbaren Kationen, am besten nach Mehlich, weil dabei gleichzeitig der T-Wert bestimmt wird. Die Methode ist allerdings zeitaufwendig.
- 7) N nach Kjeldahl.
- 8) Korngrößen nach der modifizierten Methode der Forstlichen Bundesversuchsanstalt bzw. der Bundesanstalt für Bodenkartierung, da derzeit keine bessere Serienmethode bekannt.

Daneben die Fingerprobe als eigene Größe.

b) Kurzuntersuchung für einfache Beratungen:

C/N-Verhältnis, C/P-Verhältnis, pH aus den A_0 - bzw. A_1 -Horizonten. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, daß dies keine eigentliche Kurzmethode ist, da zur Bestimmung von P die Veraschung bzw. der gesamte arbeitsaufwendige HCl-Aufschluß erforderlich ist. Für eine einwandfreie Aussage kann nicht dem Gesamt-C etwa der Lactat- oder Ziträt-P gegenübergestellt werden.

Prof. Dr. MAYER: Wir stehen noch am Anfang der Walddüngung; derzeit kann nur ein allgemeines Schema gegeben werden, Grenzwerte sind noch nicht bekannt.

Schlußberatung:

Dipl. Ing. HIMMELFREUNDPOINTNER stellt die Frage nach der für die Praxis notwendigen ziffernmäßigen Düngerempfehlung ("REZEPT").

Die allgemeine Aussprache zu diesem Punkt hat ergeben, daß die standörtlich so vielseitigen Verhältnisse in Österreich ein solches Rezept zumindest nach dem derzeitigen Stand des Wissens unmöglich machen. Annähernde Hilfwerte sind aus den bisherigen Düngungsversuchen aus Praxis und Wissenschaft (neuere Literatur) abzuleiten, jedoch für jeden konkreten Fall gutachtlich festzulegen.

Prof. Dr. MAYER fordert als vordringliche Aufgabe die qualitative Auswertung der zahlreichen alten, nicht exakten Versuchsflächen, da sie einen wertvollen regionalen Vergleich ermöglichen.

Prof. Dr. FRANZ: Auf diesem Wege wird man vielleicht zu den verlangten Grenzziffern kommen.

Die Bodenkundliche Gesellschaft stellt zu diesem Programm zwei Anträge:

- 1.) Die Auswertung der erwähnten alten Düngungsversuche
- 2.) Die Durchführung der oben behandelten Analysen stellt eine wichtige bodenkundliche Grundlagenarbeit dar. Die erforderlichen Einrichtungen, die personellen und räumlichen Gegebenheiten wären daher an einer geeigneten Stelle (Anstalt) vorzusehen.

AUS DER GESELLSCHAFT

Tätigkeitsbericht

(zusammengestellt von J. FINK)

Der letzte Tätigkeitsbericht über die Tätigkeit unserer Gesellschaft erschien im Heft 11. Er umfaßte den Zeitraum bis Ende 1966 ohne die in der Zeit von 10. bis 12. 6. durchgeführte Exkursion in das steirische Ennstal und das mittlere Murtal, über die weiter unten berichtet wird.

Seit dem letzten Bericht ist ein langer Zeitraum verstrichen. Dies ist auf verschiedene personelle, vorwiegend aber materielle Ursachen zurückzuführen, die im Vorwort dieses Heftes dargelegt sind. Es ist zu hoffen, daß nunmehr die "Mitteilungen" in normalem Abstand erscheinen werden. Ungeachtet dieser Pause in unseren Publikationen war in den Jahren 1967 und 1968 eine rege wissenschaftliche Tätigkeit innerhalb unserer Gesellschaft festzustellen. Folgende Veranstaltungen wurden in der Berichtszeit abgewickelt:

1967

18. 1. Generalversammlung, anschließend Vortrag von Dr. van der PAAUW, Groningen: Auflösung der Bodenfruchtbarkeit in Faktoren.
25. 1. Symposium (ganztätig), betreffend die Normierung der in Österreich gebräuchlichen Profilbeschreibung.
(Die Österr. Bodenk. Gesellschaft war von der IBG ersucht worden, Unterlagen über die in Österreich gebräuchliche Profilsprache zu übersenden. Der gleiche Kreis, der zu den Beratungen über die österr. Bodentypensystematik und Nomenklatur zusammengekommen war, hatte eine entsprechende Zusammenstellung ausgearbeitet. Diese wird gemeinsam mit den Ergebnissen des Nomenklatur-Symposiums im nächsten Heft dieser Zeitschrift veröffentlicht werden.)
8. 3. Vortrag von Hofrat Prof. Dr. A. ZELLER: Bodenchemie und Bodenfruchtbarkeit (Bericht über die Tagung der Kommissionen II und IV der IBG in Aberdeen im September 1966).
12. 4. Vortrag von Dr. F. SOLAR: Entwicklung und Charakteristik der Pseudogleye.
26. 4. Vortrag von Dipl. Ing. H. SCHÜLLER: Theoretische und praktische Folgerungen aus den Ergebnissen langjähriger Phosphatformenversuche.
27. 4. Symposium über die Untersuchung von Waldböden (die Vortragsreferate und das Protokoll wurden bereits wiedergegeben).
- 5./6. 5. Exkursion in den Wiener Wald und das südliche Wiener Becken (der Bericht über diese Exkursion wird im nächsten Heft der "Mitteilungen" erfolgen).

15. 11. Vortrag von Prof. Dr. K. EHRENDORFER: Anwendungsmöglichkeiten multipler Regressionen.
22. 11. Vortrag von Prof. Dr. H. MAYER: Zur Rolle nadelbaum- und laubbaumfördernder Unterlagen für die Baumartenwahl in montanen Bergwäldern.
6. 12. Vortrag von Dr. E. A. NIEDERBUDE, Hannover: Die Tonmineralumwandlung in Böden aus Löß.

1968

17. 1. Generalversammlung, anschließend Vortrag von Prof. Dr. J. WEHRMANN, Hannover: Die Bedeutung der Humusstoffe in der Pflanzenernährung.
13. 3. Vortrag von Prof. Dr. J. DONAT: Bekämpfung von Rutschungen.
27. 3. Vortrag von Dipl. Ing. H. RUCKENBAUER: Behebung von Bodenverdichtungen im Weinbau.
- 14./15. 6. Exkursion in das Wald- und Mühlviertel (der Bericht über diese Exkursion wird im nächsten Heft unserer "Mitteilungen" erfolgen).
20. 11. Vortrag von Prof. Dr. A. KRAPFENBAUER: Waldernährung und Walddüngung.
2. 12. Vortrag (im Rahmen der Veranstaltungsreihe "Neuere Ergebnisse auf dem Gesamtgebiet der Hochschule für Bodenkultur") von Prof. Dr. J. FINK: Neue Wege in der Benennung von Böden.
4. 12. Vortrag von Dr. O. NESTROY: Demonstration eines Kartierungsbereiches:

In den beiden Berichtsjahren war folgende Mitgliederbewegung zu verzeichnen:

	Stand 1966	Stand 1967	Stand 1968
A Mitglieder	79	79	84
B Mitglieder	131	134	135
Mitgliedersumme	210	213	219

Die Zahl der Ehrenmitglieder blieb unverändert (Sektionschef i. P. Prof. Dr. B. RAMSAUER und Prof. Dr. W. KUBIENA), die Vereinsspitze wurde 1968 geringfügig gegenüber den vergangenen zwei Jahren geändert: an die Stelle des beruflich überlasteten Schriftführers Doz. Dr. techn. H. MAYR /Linz trat Dipl. Ing. Dr. H. BRONNER /Linz.

Um die Aktivität der Gesellschaft zu verstärken, hat der Vorstand die nachstehend genannten Mitglieder eingeladen, die Belange einzelner Fachgebiete besonders zu vertreten und in diesem Sinn mit dem Vorstand eng zusammenzuarbeiten. Es wurden nominiert:

- I. Bodenphysik: Dir. Doz. Dipl. Ing. Dr. F. BLÜMEL
- II. Bodenchemie: Hofrat o. Prof. Dr. A. ZELLER
- III. Bodenbiologie: o. Prof. Dipl. Ing. Dr. H. FRANZ

IVa. Pflanzenernährung: o. Prof. Dipl. Ing. Dr. O. STEINECK

IVb. Forstl. Bodennutzung: o. Prof. Dipl. Ing. Dr. A. KRAPFENBAUER

V. Bodenkartierung: Min. Rat Dipl. Ing. A. KRABICHLER

VI. Bodentechnologie: o. Prof. Dipl. Ing. J. DONAT

VII. Bodenmineralogie: o. Prof. Dr. G. FRASL.

Dank ihrer Zusage wurde dem Vorstand die Abwicklung der Vereinsgeschäfte wesentlich erleichtert. Ratschläge dieser Experten stehen nicht nur dem Vorstand, sondern auch allen anderen Mitgliedern zur Verfügung.

Fördernde Mitglieder:

"Bodenkalk" reg. Gen. m. b. H., 5020 Salzburg, Ernest Thunstr. 11
(vertreten durch Direktor E. SCHREY)

Donau-Chemie A. G., 1030 Wien, Am Heumarkt 10
(vertreten durch Prokurist Ing. GRILL)

Ennsener Zuckerfabriks A. G., 4470 Enns

Österr. Düngerberatungsstelle, 1030 Wien, Auenbruggerg. 2
(vertreten durch Dir. Dipl. Ing. Dr. H. SCHLAGER)

Österr. Stickstoffwerke A. G. 4020 Linz, St. Peter 224

Vertriebsgesellschaft für Kalidüngemittel m. b. H., 1014 Wien, Tuchlauben 7a
(vertreten durch Geschäftsführer Michel BERNYS und Geschäftsführer Dr. Josef MORGENTHALER).

Exkursion der Österr. Bodenkundlichen Gesellschaft
in das steirische Ennstal und das mittlere Murtal
10. - 12. 6. 1966

Die Vorbereitung lag in den Händen der Herren Dr. F. ORNIG /Graz und Dipl. Ing. F. FREILINGER /Wien sowie des Berichterstatters.

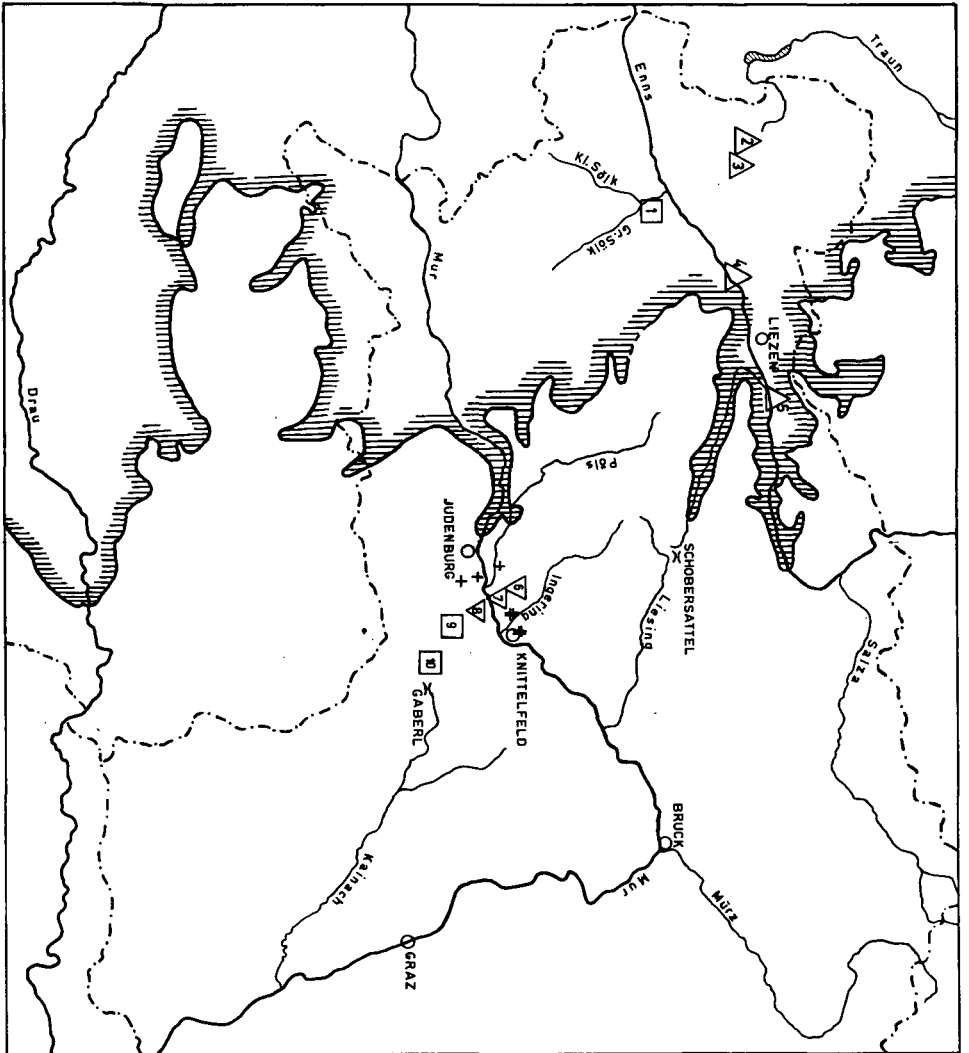
Die Auswahl der Profile war auf drei Themenkreise ausgerichtet, und zwar:

1) Moore des Ennstales; hierfür standen pflanzensoziologische Untersuchungen von Herrn Dr. G. STOCKHAMMER sowie einige palynologische Analysen von Herrn Prof. Dr. W. KLAUS zur Verfügung.

2) Die landschaftliche Gebundenheit der Böden an die Formen und Sedimente innerhalb und knapp außerhalb der würmeiszeitlichen Endmoräne bei Judenburg.

3) Die vertikale Zonalität der Böden auf saurem Silikatgestein. Für das Studium der Catena (neuestens auch Morphosequenz genannt) auf festem saurem Silikatgestein waren allerdings die Möglichkeiten stark eingeengt. Ursprünglich war geplant, mit einer Querung über die Sölk einen repräsentativen Schnitt zu bieten, aber der jahreszeitlich frühe Termin und technische Schwierigkeiten verhinderten die Ausführung dieses Planes, so daß dieser Themenkreis eigentlich erst im letzten Teil der Exkursionsstrecke, bei der Auffahrt auf das "Gaberl", angeschnitten werden konnte. Es zeigte sich bei der Vorbereitung und bei späteren Begehungen, daß die östlichen Teile der Zentralalpen generell keinen günstigen Raum für das Studium dieses Problemes darstellen, da sie zu wenig Höhe und zu wenig Niederschläge aufweisen, um eine vollausgebildete Catena zu zeigen.

Für die Exkursion war von der Bundesanstalt für Bodenkartierung und Bodenwirtschaft ein hektographierter Exkursionsführer vorbereitet worden, der die Profilbeschreibungen (Dipl. Ing. F. FREILINGER), Analysendaten (Ing. A. NEUBAUER und Dipl. Ing. I. BAUMGARTNER) sowie Lageskizzen und Kurzbeschreibung im Sinne der Bodenschätzung (Dr. F. ORNIG) enthält; ferner ist für die meisten Profile eine lokalklimatische Aufnahme von Dr. H. WILFINGER durchgeführt worden. Mit dieser Art einer komplexen Beschreibung des Bodens und des ganzen Standortes war ein erster Schritt in der Richtung zu bodenkundlichen Stützpunkten getan worden, die als Richtprofile für zukünftige Diskussionen herangezogen werden können. Es wurde damit einer Anregung gefolgt, die schon seit Jahren insbesondere von Hofrat Dipl. Ing. LORENZ an unsere Gesellschaft herangetragen worden war. Die oben genannten Unterlagen werden nachfolgend wiedergegeben. Hinweise zum Landschaftsraum, zur quartärgeologischen Situation sowie zur Genese der einzelnen Böden erfolgten mündlich während der Exkursion vom Berichterstatter und sind nun dem Text beigegeben. Sie greifen über die besuchten zehn Profile hinaus, denn es wurden während der Exkursion natürliche und künst-



EKKURSION

DER ÖSTERR. BODENKUNDL. GESELLSCHAFT
10. - 12.6.1966

PROFILPUNKTE :

▽ MOORE

□ PROFILE BETREFFEND DIE CATENA
AUF SILKALGESTEIN

△ PROFILE IM BEREICH DER EISZEIT-
FORMEN

 GRENZE DES WÜRMEISZEIT-
LICHEN EISSTROMNETZES
(FIRNKANNE INNERHALB DER-
SELBEN SOWIE LOKAL-
GLETSCHER NICHT DARGESTELLT).

+ BOHRUNG IM RISS (?) - ZUNGEN-
BECKEN

MINDEL TERRASSEN NAHE DEM
ENDMORÄNENBEREICH

liche Aufschlüsse (Steinbrüche, Schottergruben, Bachanrisse usw.) in die Betrachtung einbezogen.

Auf Abbildung 1 ist die Lage der besuchten Profile eingetragen. Die Profilstellen sind entsprechend den obgenannten 3 Themenkreisen mit verschiedenen Zeichen versehen. Selbstverständlich hätte für eine vollkommene Durcharbeitung der gestellten Themata eine weit größere Zahl von Profilen besucht werden müssen, doch war dies infolge der für die Exkursion zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich. Auf der Abbildung 1 ist ferner die Grenze des letzteiszeitlichen Eisstromnetzes eingetragen. Diese Grenze ist unter Einbeziehung der Literatur auf den letzten Stand gebracht. Insbesondere ist für den oberösterreichischen Anteil eine (unpublizierte) Karte von H. KOHL zu nennen, für den Bereich des Gesäuses und des Paltentales die Dissertationsarbeit von D. van HUSEN. Die Arbeiten über den Murgletscher von H. SPREITZER aus den Jahren 1953 und 1961 werden ergänzt durch neueste Beobachtungen des Berichterstatters sowie eine derzeit am Geologischen Institut der Universität Wien laufende Dissertation von H. POLESNY.

Bewußt wurde auf die Eintragung der Lokalvergletscherung (= Gletscher außerhalb des Eisstromnetzes) verzichtet, weil einerseits das Kartenbild zu sehr zerrissen würde und andererseits detaillierte Neuaufnahmen nicht vorhanden sind. Ebenso bewußt wurde auf die Eintragung der Vergletscherung älterer Eiszeiten verzichtet, weil diese besondere Probleme beinhalten, auf die später in der Zusammenfassung noch eingegangen wird.

Profilbeschreibungen

PROFIL 1

Lage des Profils:

KG. Großsölk (Gatschberg, Parz. 337, Bl. 1, 2), Ger. Bez. Gröbming; Grünland (ein- bis zweimähdige Wiese); SW-Hang 24°, einseitig offen-trocken-frostfrei; Umgebung: Grünland, Wald im Osten.

Bodenschätzung:

A	2,0 dm	h-h' gli" grü st' lfs	MG: Phyllitschiefer
Bv	3,5 dm	gli" grü-grü st-st vll' graubr lS	BT: Silikat. Braunerde
C		Phyllitschieferverwitterung	IS III c 3 25/19

Bodenkartierung:

A	0-20 cm	lehmiger Sand, hoher GA (Grus, Steine, hoher Glimmeranteil), hoher OSG, Modernmull, kalkfrei; erdfrisch: krümelig, stark feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; dunkelbraun (10 YR 3/3); stark durchwurzelt, mäßige Regenwurmätigkeit; übergehend	
B	20-55 cm	lehmiger Sand, sehr hoher GA (Grus, Steine), niedriger OSG, kalkfrei; erdfrisch: feinkantig-kantengerundet, feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; olivbraun (2,5 Y 4/4); einzelne deutliche mittlere Verwitterungsflecken, wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmätigkeit; allmählich übergehend	
C ₁	ab 55 cm	Phyllitschieferverwitterung MG: Phyllitschiefer NKA: Grünland	BT: Silikat. Braunerde WV: trocken NEF: niedrig

PROFIL 2

Lage des Profils:

KG. Pichl (Knoppen, Parz. 1537/1, Bl. 8), Ger. Bez. Bad Aussee; Grünland Str. (alter Torfabbau); Beckenlage, eingeschlossen-feucht-stark frostgefährdet, Umgebung: Moor und Hochwäld.

Bodenschätzung:

T ₁	0,3 dm	WuFi WuTo (Verheidung)	GG: kalk. u. dol. Grundmoräne
T ₂	12,0 dm	zer-zer' To (Sphagnum, Erioph. vag.)	BT: Hochmoor
T/D	5,0 dm	Übergangszone	Mo IV c 4 5/0,5 Str
D ₁	5,0 dm	Gyttja über kalk. u. dol. Grundmoräne	

Bodenkartierung:

I	0-200 cm	Hochmoor aus Wollgras	BT: nährstoffarmes Moor (M3)
II	200-250 cm	kalkfreie Mudde	WV: naß
D	unt. 250 cm	kalkige Grundmoräne	NKA: Grünland-Streuwiese NEF: sehr niedrig

Vegetationsaufnahme:

Oligotrophes Moor; Torfmoosgesellschaft nasser, nährstoffarmer und saurer Torfböden (Oxycocco-Sphagnetea; Kiefernmoor/Piceo-Pinion). Diese Gesellschaft gehört zur Klasse der zwergstrauchreichen Nadelholzgesellschaften Eurosibiriens. Auf nährstoffarmem Moorboden entwickelt sich in der Bergstufe, vor allem im Bereich natürlichen Fichtenvorkommens, ein Latschenhochmoor. Es handelt sich um eine subarktisch-alpine Reliktgesellschaft der Späteiszeit, die als Zeuge einer ehemaligen Krummholzstufe innerhalb der sich in der Nacheiszeit entwickelnden Waldlandschaft auf den der Buche oder Tanne unzugänglichen Moorstandorten in Mischung mit Hochmoorarten überdauern konnte. Als Hochmoorarten treten Eriophorum vaginatum (Scheidiges Wollgras), Sphagnum medium (Mittleres Bleichmoos) und Andromeda polifolia (Rosmarinheide) auf. Das verhältnismäßig starke Auftreten von Vaccinium uliginosum (Rauschbeere) und das Vorkommen von Carex pauciflora (Armlütige Segge) zeichnen diese Gesellschaft als Hochlagenrasse aus.

PROFIL 3

Lage des Profils:

KG. Mitterndorf (Rödschitz-Mooswiesen, Parz. 1167/1, Bl. 15), Ger. Bez. Bad Aussee; Grünland-Streuwiese; Beckenlage, eingeschlossen-feucht-stark frostgefährdet, Umgebung: Moorswiesen.

Bodenschätzung:

T ₁	0,3 dm	WuFi (Alpenwollgras, Pfeifengras)	GG: kalk. u. dol. Grundmoräne
T ₂	3,0 dm	vererd' Mo mit zer' To im Wechsel	BT: Übergangsmoor
T ₃	22,0 dm	zēr To mit zer'To im Wechsel (Bruchw. To)	Mo III c 4 10/5 Str
T ₄	10,0 dm	zer'-zer" SchiTo SeTo	
D		Gyttja mit aufgearbeiteter kado Grundmoräne	

Bodenkartierung:

I	0- 50 cm	Sphagnumdecke mit Verheidungsdecke	BT: schwach nährstoffhaltiges Moor (M2)
II	50-150 cm	Bruchwaldtorf, stark zersetzt, trocken	WV: naß, oberflächlich abgetrocknet
III	150-250 cm	Bruchwaldtorf, stark zersetzt, feucht	NKA: Grünland-Streuwiese
IV	250-350 cm	Seggentorf u. Schilf, schwach zersetzt	NEF: sehr niedrig
D	unt. 350 cm	Gyttja, kalkfrei, üb. kalk. Grundmoräne	

Vegetationsaufnahme:

Aufnahme a): mesotrophes Moor; starke Ausbreitung des Pfeifengrases (*Molinia caerulea*) neben Arten aus Schwinggrasen und Schlenkengesellschaften (*Scheuchzerietalia palustris*) und aus Braunseggensümpfen (*Carietalia fuscae*). Aufnahme b): eutrophes Moor; starke Ausbreitung des Pfeifengrases (*Molinia caerulea*) neben Arten aus den Gesellschaften von Verlandungs- und Quellsümpfen auf nährstoffreichem Substrat.

Die Aufnahmestelle b zeigt einige Arten, die für das Davall-Seggenmoor sprechen (*Carex davalliana*, Davall-Segge; *Carex hostiana*, Hostsche Segge; *Eriophorum latifolium*, Breitblättriges Wollgras; *Primula farinosa*, Mehlprimel). Diese treten bei der Aufnahmestelle a zurück, dafür treten insbesondere *Trichophorum alpinum* (Alpenwollgras) und *Drepanocladus vernicosus* (Firnisländisches Sichelmoos), die mit mäßig nährstoffversorgten (mesotrophen) Böden vorlieb nehmen, merklich hervor. Das reichliche Vorkommen des Pfeifengrases und die verhältnismäßig geringe Zahl der Vertreter des Braunseggenmoores bzw. des Davall-Seggenmoores ist auf die Entwässerung durch einen in der Nähe befindlichen Vorfluter zurückzuführen, wodurch eine Abtrocknung der Mooroberfläche erfolgt.

PROFIL 4

Lage des Profils:

KG. Wörschach (Wörschacher Moos, Parz. 131/50, Bl. 21), Ger. Bez. Irdning; Grünland-Wiese; Tal (breite Talwanne), etw. eingeschlossen-feucht-stark frostgefährdet, Umgebung: Wiesen und Hochmoor.

Bodenschätzung:

T ₁	2,5 dm	vererd' Mo (Wechselagerung von org. und anorg Substanz, fluviatil)	BT: überlagertes Niedermoor
T ₂	7,0 dm	zer-zer' To	Mo III b 4 12/12

Bodenkartierung:

I	0-30 cm	Torf mit schichtiger Einlagerung von fluviatilen Überlagerungen (kalkreich)	BT: kultiviertes Moor (M2) WV: mäßig wechselfeucht, Überwiegen der feuchten Phase
II	unt. 30 cm	zersetzter bis schwach zersetzter Torf	NKA: Grünland NEF: niedrig

Vegetationsverhältnisse:

Feuchtwiese (Molinietalia), besonders Assoziationsgruppe der Kohldistel. Vom pflanzensoziologischen Gesichtspunkt aus gehören die Molinietalia zu der Klasse der Molinio-Arrhenatheretea (Halbkulturgesellschaften, Wirtschaftswiesen). Pflanzen, die Feuchtwiesen charakterisieren, sowie Vertreter für den Verband des Calthions (Sumpfdotterblumenwiese). Anzeiger für sickernde Nässe. *Cirsium rivulare* (Bachkratzdistel) und *Cirsium oleraceum* (Kohldistel) sprechen auch für einen gewissen Nährstoffreichtum. Darauf weisen auch einige Begleitpflanzen hin (*Carex fusca*, Braunsegge; *Carex davalliana*, Davall-S.; *Viola palustris*, Sumpfeilchen). *Carex paniculata* (Rispensegge) zeigt einen Erlenstandort (Erlenbruchwald) an. Einige Molinionarten betonen die Wechselfeuchtigkeit des Standortes.

PROFIL 5

Lage des Profils:

KG. Ardning (Pürgschachen Moos, Parz. 2237, Bl. 5328/62), Ger. Bez. Liezen; Grünland (zweimähdige Wiese u. Nachweide); Tal, eingeschlossen-feucht-s. stark frostgefährdet, Umgebung: Grünland, Moor u. Fluß.

Bodenschätzung:

T ₁	2,0 dm	vererd Mo	BT: fluviat. überlag. Hochmoor
T ₂	8,0 dm	zer-zer' SeTo	Mo III b 3 20/20
T ₃		Seggentorf	

Bodenkartierung:

Sphagnum mit geringem Wollgrasanteil	BT: kultiviertes Hochmoor (M2)
WV: mäßig feucht	NKA: Grünland NEF: mittel

Vegetationsaufnahme:

Arrhenatheretalia (Fettwiesen) mit Begleitern aus den Feuchtwiesengesellschaften. Vertreter der Feuchtwiese, jedoch starke Verschiebung der Arten zugunsten der Fettwiese (Folge der Drainung und Bewirtschaftung). Der hohe Anteil an Kammgras beruht auf der zeitweiligen Beweidung der Fläche.

PROFIL 6

Lage des Profils:

KG. Schönberg (Schönberg, Parz. 167/1, Bl. 5), Ger. Bez. Knittelfeld; Wechselland, Brache; Hangfuß, sonnig-geschützt-frostfrei, Umgebung: Acker- und Grünland.

Bodenschätzung:

Ap	2,0 dm	h-h' gil' gra" f̄s-f̄sL	MG: tert. Sediment
A/B	2,5 dm	(h)-h" gli' (gra") f̄sL	BT: schwach tagwasservergleyte
BS	3,5 dm	gli" gleyfl" mnfl' ei' graubr schlu' sL	Braunerde
S=C		gli" gleyfl mnfl ei di brgrauer schlu lT	SL/LT 4 D 48/47

Bodenkartierung:

A	0-20 cm	sandiger Lehm, geringer GA (Grus), mittlerer OSG, Mull, kalkfrei; erdfrisch: deutlich krümelig, stark feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: stark plastisch, nicht klebend; dunkelgraubraun bis dunkelbraun (10 YR 4/2 bis 4/3); stark durchwurzelt, starke Regenwurmtätigkeit; absetzend
AB	20-45 cm	sandiger Lehm, geringer GA (Grus), niedriger OSG, Mull, kalkfrei; erdfrisch: deutlich blockig-kantengerundet, feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: stark plastisch, nicht klebend; gelblichbraun (10 YR 5/4); gut durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; übergehend
BS	45-80 cm	Lehm, niedriger OSG, kalkfrei; erdfeucht: undeutlich blockig-kantengerundet, feinporös, stark plastisch, klebend; Mischfarbe lichtgelblichbraun (10 YR 6/4); mehrere deutliche kleine Fahl-, Oxydations- und Manganflecken, mehrere Mangankonkretionen (2-3 mm Ø), wenig durchwurzelt; absetzend
SC	ab 80 cm	lehmgiger Ton, geringer OSG, kalkfrei; erdfeucht: ohne Struktur, massiv, dicht, stark plastisch, stark klebend; Farbe nicht bestimmbar; viele deutliche mittlere Fahl-, Oxydations- und Manganflecken, viele Mangankonkretionen (2-3 mm Ø).

Anmerkung:

Grusanteil im Profil infolge leichter Überlagerung.

MG: tertiäre Ablagerungen BT: tagwasservergleyte Braunerde WV: mäß. wechselfeucht

NKA: Ackerland/Grünland NEF: mäßig (Ackerland) / mittel (Grünland)

PROFIL 7

Lage des Profils:

KG. Lind (Stadthof, Ried Melben, Parz. 466, Bl. 3), Ger. Bez. Knittelfeld; Wechselland, Kunstwiese; Ebene, sonnig-offen-leicht frostgefährdet, Umgebung: Acker- und Grünland.

Bodenschätzung:

Ap	2,0 dm	h gli' gra" scho" lS	MG: Terrassenmaterial (NT)
A	3,0 dm	h' gli' gra' scho' (grscho') f̄s	BT: silikat. Braunerde
A/B	1,5 dm	(h") gli' gra scho grscho lS	lS 3 D 49/50
B/C		Gra Scho Gr Scho in gli' graubr l'-l" SPack	

Bodenkartierung:

Ap	0-20 cm	lehmgiger Sand, geringer GA (Kies, Schotter: 20 cm Ø), hoher OSG, Mull, kalkfrei; erdfrisch: deutlich krümelig, stark feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; braun (10 YR 4/3); stark durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit; absetzend
A	20-50 cm	sandiger Lehm, mäßiger GA (Kies, Schotter: 20-30 cm Ø), mittlerer OSG, Mull, kalkfrei; nicht klebend; dunkelgelblichbraun (10 YR 4/4); gut durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend

- AB 50-65 cm lehmiger Sand, hoher GA (Kies, Schotter: 30-40 cm ϕ), niedriger OSG, Mull, kalkfrei; erdfrisch: deutlich krümelig, stark feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; dunkelgelblichbraun (10 YR 4/4); wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; Übergehend
- BC ab 65 cm Kies und Schotter (50-100 cm ϕ) in schluffiger Sandpackung, kalkfrei.
 MG: Terrassenmaterial BT: Silikat. Braunerde (B7) WV: normal
 NKA: Ackerland/Grünland NEF: gut (Ackerland) / mittel (Grünland)

PROFIL 8

Lage des Profils:

KG. Feistritz (Pichling, Parz. 416, Bl. 4), Ger. Bez. Judenburg; Wechselland, Kunstwiese; Terrasse, sonnig-ziemlich offen-frostfrei, Umgebung: Acker- und Grünland, Wald in E-S.

Bodenschätzung:

- | | | | |
|----|--------|--------------------------------------|------------------------------|
| Ap | 2,0 dm | h gli' schlu' 1-İfs | MG: silik. Feinmaterial (HT) |
| A | 4,0 dm | h'-h" gli' schlu' İfs | BT: Braunerde |
| B | | gli' gleyfl' mnfl" di" br schlu' İfs | SL 3 D 58/58 |

Bodenkartierung:

- Ap 0-20 cm lehmiger Schluff, hoher OSG, Mull, kalkfrei; erdfrisch: deutlich krümelig, feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; dunkelgraubraun (10 YR 4/2); stark durchwurzelt, starke Regenwurmtätigkeit; absetzend
- A 20-50 cm lehmiger Schluff, mittlerer OSG (mit zunehmender Tiefe abnehmend), Mull, kalkfrei; erdfrisch: deutlich krümelig, feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; braun (10 YR 5/3); gut durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend
- B₁ ab 50 cm lehmiger Schluff, kalkfrei; erdfrisch: deutlich blockig-kantengerundet, feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; gelblichbraun (10 YR 5/4); einzelne undeutliche mittlere Fahlflecken, einzelne Mangankonkretionen.
 MG: Deckschichten der Hochterrasse BT: Braunerde WV: normal:
 NKA: Ackerland/Grünland NEF: gut (Ackerland) / hoch (Grünland)

PROFIL 9

Lage des Profils:

KG. Reisstraße (Eiglerkapelle, Parz. 173, Bl. 1), Ger. Bez. Judenburg; Grünland, zweimähdige Wiese; Westhang, 8°, teilweise schattig-geschützt gegen N-E-frostfrei, Umgebung: Grünland und Wald.

Bodenschätzung:

- | | | | |
|-----|--------|--|------------------------|
| Ap | 1,5 dm | h-h' gli gru st' İS | MG: Glimmerschiefer |
| A/B | 2,0 dm | (h") gli gru st' İfs | BT: Silikat. Braunerde |
| Bv | 5,0 dm | gli gru st vfl br İS mit (VNe) | İS III c 2 30/27 |
| B/C | | gli gru st grst vfl brgrauer İ'S mit VNe | |

Bodenkartierung:

- Ap 0-15 cm lehmiger Sand, mäßiger GA (Grus, Steine: 2-3 cm ϕ), mittlerer OSG, Mull, kalkfrei; erdfrisch: deutlich krümelig, stark feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; dunkelgraubraun (10 YR 4/2); stark durchwurzelt, mäßige Regenwurmtätigkeit; absetzend
- AB 15-30 cm lehmiger Sand, mäßiger GA (Grus, Steine: 3 cm ϕ), niedriger OSG, Mull, kalkfrei; erdfrisch: undeutlich blockig-kantengerundet, feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: plastisch, nicht klebend; braun (10 YR 5/3); wenig durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; allmählich übergehend

- Bv 30-80 cm lehmiger Sand, hoher GA (Grus, Steine: 5 cm ϕ), niedriger OSG, kalkfrei; erdfrisch: undeutlich blockig-kantengerundet (uneinheitlich), feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: nicht plastisch, nicht klebend; gelblichbraun (10 YR 5/4); viele deutliche große Verwitterungsflecken; übergehend
- BC ab 80 cm lehmiger Sand, sehr hoher GA (Grus, Steine: 5-10 cm ϕ), kalkfrei; erdfrisch: undeutlich blockig-kantengerundet, feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: nicht plastisch, nicht klebend; gelblichbraun (10 YR 5/4); viele deutliche große Mangan- und Verwitterungsflecken.
 MG: Glimmerschiefer BT: Silikat. Braunerde (B9) WV: normal
 NKA: Grünland NEF: mittel

PROFIL 10

Lage des Profils:

KG. Reissstraße (Neukammhube, Parz. 369, Bl. 6), Ger. Bez. Judenburg; Waldweide; Südhang 26°, offen gegen S-geschützt-frostfrei, Umgebung: Waldlichtung.

Bodenschätzung:

- A 1,0 dm mōdh gli gru' st' 1S MG: Glimmerschieferverwitterung
 B 1,0 dm ḡli gru st (grst') vfl rötibr 1-1'S BT: schw. entw. Silikat. Braunerde
 C Glimmerschieferschutt mit IS/Schu IV d 3 10/4 Hu
 ḡli gru vfl brgrau 1'S

Bodenkartierung:

- A 0-10 cm lehmiger Sand, geringer GA (Grus), hoher OSG, Moder, kalkfrei; erdfrisch: undeutlich feinkrümelig, stark feinporös, leicht zerdrückbar; erdfeucht: nicht plastisch, nicht klebend; dunkelgraubraun (10 YR 3/2); stark durchwurzelt (Wurzelfilz), mäßige Regenwurmtätigkeit; übergehend
- Bv 10-30 cm lehmiger Sand, hoher GA (Grus, Steine: 2-5 cm ϕ), mittlerer OSG, kalkfrei; erdfrisch: ohne Struktur, stark feinporös, zerfallend; erdfeucht: nicht plastisch, nicht klebend; Mischfarbe braun (10 YR 4/3); mehrere deutliche mittlere Verwitterungsflecken, gut durchwurzelt, geringe Regenwurmtätigkeit; übergehend
- C₁ ab 30 cm stark verwitterter Glimmerschiefer (aufgemürbt), niedriger OSG, kalkfrei.
 MG: Glimmerschiefer BT: schw. entw. Silik. Braunerde WV: trocken
 NKA: Wald, Hutweide NEF: sehr niedrig (Grünland)

Anmerkung: die verwendeten Abkürzungen bedeuten: GA = Grobanteil, OSG = Gehalt an organischer Substanz, MG = Muttergestein, BT = Bodentyp, WV = Wasserverhältnisse, NKA = Naturbedingte Kulturart, NEF = Natürliche Ertragsfähigkeit.

Die Analysendaten für die Profile 1-10 sind in Tab. 1 zusammengestellt, die Klimadaten sind in Tab. 2 zu finden, das Ergebnis der palynologischen Untersuchung ist in Tab. 3 dargestellt.

Ergänzende Bemerkungen zur palynologischen Untersuchung
 von Dozent Dr. W. KLAUS

Die zur Untersuchung vorgelegten Proben waren bereits sehr stark ausgetrocknet und verhärtet. Sie enthielten nach der üblichen Torfaufbereitung eine Anzahl bestimmbarer Pollenkörner. Ihre Erhaltung ist meist nicht gut, die Exinen sind zum Teil korrodiert, die Konzentration ist niedrig.

Die Entnahme erfolgte nicht im Sinne einer exakten palynologischen Untersuchung, so daß zwischen den einzelnen Proben größere Zonen nicht untersucht werden konnten. Trotzdem läßt sich bei den 4 Proben eine klare Succession feststellen.

Tabelle 1
ANALYSEN DATEN FÜR DIE PROFILE Nr. 1 - 10

Profilnummer	Analysennummer	Entnahmetiefe in cm	Horizontbezeichnung	Fraktionen in %			% Kohlenstoff (C)	% Ges. Stickstoff (N)	C/N - Verhältnis	% organ. Substanz	% Karbonate	pH in nKCl - Lösung	Nährstoffe Egner mg/100g		Sorption nach Mehlich mval/100g		% v - Wert
				2000 - 60 u	60 - 2 u	unter 2 u							P ₂ O ₅	K ₂ O	T - Wert	S - Wert	
1	4364	0-20	A	47	46	7	3,3	0,36	9,2	5,0	0	4,8	1,4	6,0	19,5	8,7	45
	4365	20-55	B	46	45	9	1,2	0,15	8,0	1,6	0	4,5	5,5	1,5	10,5	3,8	36
2	950	0-20	T ₁							95,1	0	2,8					
	951	20-40	T ₂							98,5	0	2,6					
	952	40-60	T ₃							99,3	0	2,5					
	953	60-80	T ₄							99,3	0	2,6					
3	955	0-25	T ₁							66,7	0	4,7					
	956	25-50	T ₂							71,5	0	4,7					
	957	50-75	T ₃							72,3	0	4,9					
	958	75-90	T ₄							68,7	0	4,9					
4	959	0-30	T ₁							81,2	0,1	5,5					
	960	30-60	T ₂							96,4	0,0	3,8					
	961	60-90	T ₃							92,2	0,0	4,5					
5	963	0-30	T ₁							75,3	0	4,5					
	964	30-60	T ₂							93,7	0	3,3					
	965	60-90	T ₃							82,5	0	3,4					
6	825	0-20	A	36	46	18	2,1	0,24	8,8	3,7	0	4,9	0,8	22,0	21,5	13,7	64
	826	20-45	AB	31	48	21	1,0	0,11	9,1	1,3	0	4,4	0,2	6,0	22,0	12,2	55
	827	45-80	BS	24	50	26	0,6	0,07	8,6	0,9	0	4,6	0,2	6,0	30,5	23,2	76
	828	unt. 80	SC	18	39	43	0,4	0,05	8,0	0,5	0	4,8	0,3	10,0	34,0	22,2	65
7	829	0-20	Ap	38	51	11	2,6	0,22	11,8	4,0	0	5,1	0,5	16,0	20,5	8,7	42
	830	20-50	A	36	46	18	1,0	0,09	11,1	1,4	0	4,4	0,4	13,0	13,5	4,3	32
	831	50-65	AB	43	44	13	0,8	0,07	11,4	1,0	0	4,7	1,0	12,0	11,5	4,5	39
8	815	0-20	Ap	20	65	15	2,8	0,26	10,8	4,1	0	4,4	0,6	5,0	24,5	9,8	40
	816	20-50	A	21	64	15	1,2	0,12	10,0	1,5	0	4,2	0,3	2,0	16,5	5,8	35
	817	unt. 50	B _v	22	63	15	0,3	0,04	7,5	0,4	0	4,3	0,8	3,0	19,0	14,1	75
9	818	0-15	Ap	53	36	11	2,1	0,20	10,5	3,4	0	4,6	2,0	7,0	25,5	13,6	53
	819	15-30	A	50	35	15	0,6	0,06	10,0	0,8	0	4,4	0,3	11,0	13,5	9,5	50
	820	30-80	B _v	54	33	13	0,4	0,04	10,0	0,5	0	4,4	0,6	19,0	21,0	10,6	50
	821	unt. 80	BC	62	27	11	0,2	0,02	10,0	0,2	0	4,5	1,2	24,0	23,5	17,2	73
10	822	0-10	A	49	37	14	6,3	0,42	14,8	11,8	0	4,3	1,6	10,0	53,0	15,0	29
	823	10-20	B _v	55	35	10	1,0	0,09	11,1	1,7	0	4,2	0,3	3,0	12,5	4,1	33
	824	unt. 20	C ₁	77	18	5	0,4	0,05	8,0	0,6	0	4,4	0,5	2,0	11,5	4,6	40

Tabelle 2
RELIEF- UND KLIMADATEN FÜR DIE PROFILE Nr. 1-10

Beurteilung nach		Profilstelle Nr.									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Relief :											
Seehöhe	m	860	810	800	640	620	705	660	700	920	1400
Exposition (Richtung u. Grad)		SW 24	eben	eben	eben	eben	S 4	eben	N 2	W 8	S 26
Horizont:											
N	Grad	14	16	13	16	10	14	8	6	5	22
NE	"	38	9	1	8	15	14	5	2	4	14
E	"	32	8	10	4	4	10	4	10	10	8
SE	"	20	8	6	10	10	4	4	12	15	5
S	"	6	10	10	14	22	4	7	10	14	10
SW	"	10	8	6	4	10	2	5	4	5	7
W	"	0	5	5	9	8	10	3	4	2	16
NW	"	9	14	10	10	13	10	6	4	4	16
Ostsektor	"	30	8	6	7	10	9	4	8	10	9
Westsektor	"	6	9	7	8	10	7	5	4	4	13
Mittel	"	18	9	7	8	10	8	5	6	7	11
Bergschatten	%	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Großklima:											
Mittlere Jahrestemperatur	°C	6,1	6,0	5,8	6,4	6,2	7,1	7,1	7,0	5,8	4,0
Mittl. 14 ^h - Temperatur	"	17,0	16,9	17,0	17,7	17,7	18,0	18,3	18,0	15,8	12,2
Klimastufe		c	c	c	b	b/c	b	b	b	c	d
5° - Beginn		10.4.	12.4.	12.4.	3.4.	2.4.	1.4.	1.4.	1.4.	9.4.	20.4.
Andauer	Tage	198	198	198	202	202	212	212	210	198	165
Sonnenscheindauer in % d. mögl. Dauer	Sommer %	50		45	50	45	55	55	55	50	50
	Winter %	40	40	40	40	40	35	35	35	40	40
Mittl. Jahresniederschlag	mm	1060	1320	1230	1020	1150	795	790	830	970	1130
Mittl. Niederschlag in der Vegetationsperiode	mm	580	670	620	540	620	470	470	480	535	630
das sind in % des Jahres- niederschlages	%	55	51	50	53	54	59	59	58	57	56
Schneedecke	Tage	110	130	125	105	108	65	75	85	100	140
Relat. Feuchtigkeit (So 7 ^h)	%	75	95	95	95	95	90	90	90	80	80
Bewölkung		5,0	6,0	6,0	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Wind	m/sec	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	1,0	2,0	1,5	3,0	4,0

Tabelle 3

PALYNOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN ZU PROFIL Nr. 3

Doz. Dr. W. KLAUS, Geolog. Bundesanstalt, Wien

Proben-Nr.	Entnahmetiefe in cm	Beschreibung der Probe	ausgezählte Pollenkörner	Verhältnis von BP : NBP	% -Anteil der einzelnen Pflanzen, bezogen auf BP = 100 (obere Reihe) und BP + NBP = 100 (untere Reihe)													zeitliche Einstufung															
					Pinus	P. cembra	Picea	Abies	Betula	Quercus	Ulmus	Tilia	Fagus	Alnus	Corylus	Gramineae	Cyperaceae		Compositen	Helianth.	Artemisia	Selaginella	diverse Farne	Ephedra									
1	50	Brauner Moostorf mit Mineralanteil	59	62:38	13	37	13	7	3	-	-	-	2	18	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Jüngerer Subatlantikum
2	100	Braunschwarzer Waldtorf (Picea) mit Holzresten	79	94:6	8	41	41	1	-	-	-	-	4	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Jüngerer Subboreal bis Älteres Subatlantikum	
3	200	Schwarzbrauner Waldtorf (Picea) mit Holzresten	166	89:11	2	62	21	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	etwa Jüngerer Atlantikum	
4	300	Schwarzer, stark zersetzter Riedtorf mit Mineralanteil	161	88:12	86	1	1	-	7	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	etwa Präboreal	

BP = Baumpollen, NBP = Nichtbaumpollen

Überraschend ist, daß im ganzen Profil die Kennzeichen des Eichenmischwaldes fast vollkommen fehlen. Eine Zersetzungselektion ist nicht ausgeschlossen. Es wäre allerdings auch möglich, daß in der klimatisch ungünstigen Lage des Mitterndorfer Moores die Fichte so stark zur Vorherrschaft kam, daß sie die mehr wärmeliebenden Waldbäume unterdrückte.

Von besonderer Bedeutung ist, daß dieses Moor bis in das Präboreal zurückreicht. Selaginella ist typisch für periglaziale Klimabedingungen. Es wird daher in absehbarer Zeit eine exakte palynologische Probenahme und Untersuchung notwendig sein.

Die Proben ergaben im einzelnen etwa folgendes Bild:

Probe 1 50 cm Tiefe. Brauner Moostorf mit Mineralanteil.

Das Anwachsen von Pinus sowie der Rückgang von Abies und Fagus wäre als Zeichen einer jungen Klimaverschlechterung deutbar. Dafür spricht auch die Zunahme von Alnus cf. viridis und die verhältnismäßig niedrigen Baumpollenwerte. Der Anstieg der NBP könnte auch durch frühgeschichtliche Holznutzung bedingt sein.

Jüngerer Subatlantik.

Probe 2 100 cm Tiefe. Lockerer braunschwarzer Waldtorf mit Holzresten.

Die höheren Fichten und Tannenfrequenzen mit vereinzelt Buche weisen auf ein geschlossenes Waldbild, dem allerdings Eichenmischwaldelemente fehlen. Diese können örtlich von der Fichte verdrängt sein, wie dies gelegentlich in kälteexponierten Tälern vorkommt. Vielleicht sind die Pollenkörner aber auch der Zersetzung anheimgefallen, da der Erhaltungszustand in dieser Probe als nicht gut zu bezeichnen ist. Die enthaltenen Holzreste stammen vorwiegend von Fichten. In dieser Probe tritt die Buche am häufigsten auf.

Jüngerer Subboreal bis Älteres Subatlantik.

Probe 3 200 cm Tiefe. Schwarzbrauner Waldtorf mit Holzresten.

Die Probe ist durch Fichtendominanz gekennzeichnet. Sowohl Fagus als auch Eichenmischwaldelemente fehlen vollkommen. Dagegen ist die Tanne bereits deutlich im Waldbild vertreten.

Etwa Jüngerer Atlantik.

Probe 4 300 cm Tiefe. Schwarzer, stark zersetzter Riedtorf mit Mineralanteil.

Zum Unterschied von den höheren Proben ist hier Pinus absolut vorherrschend. Picea kommt nur mit etwa 1 % vor. Dagegen ist Betula etwas häufiger und unter den NBP fällt besonders Selaginella und Ephedra auf.

Etwa Präboreal.

Zum Themenkreis 1 wäre zu bemerken, daß eine exakte Zuordnung von Mooren zu bestimmten natürlichen Moortypen (Niedermoor - Übergangsmoor - Hochmoor) sehr schwierig ist, da die durch den Menschen hervorgerufenen Veränderungen überaus groß sind. Die heutige Vegetation steht oft in keinem Zusammenhang mehr zur pflanzlichen Zusammensetzung des Moorkörpers (der Torfart) und dem Moortyp. Außerdem ist die Nomenklatur keineswegs genormt, so daß die typologische Bezeichnung, die von der Schätzung und Kartierung her erfolgte, wohl in großen Zügen übereinstimmt, im Detail jedoch unterschiedlich ist.

Für die qualitätsmäßige Einschätzung eines Moorstandortes spielt die Torfart, ja selbst der Grad der Vererdung (Zusatz an mineralischer Substanz) eine geringere Rolle als die derzeitigen Wasserverhältnisse, das heißt, die Lage zum heutigen Grund-

wasserspiegeln. Diese Tatsache kam bei der Einschätzung entsprechend zum Tragen.

Bei der Vorbesichtigung konnten nur einige Proben für palynologische Untersuchungen genommen werden, dennoch lieferte ihre Untersuchung äußerst interessante Ergebnisse. Das relativ hohe Alter des Mitterndorfer Moores, abgeleitet aus einer Probe, die einem offenen Graben etwa 200 m von der Profilstelle entfernt entstammt, ist überraschend. In diesem an Niederschlägen besonders reichen Raum, dessen Jahrestemperatur gegenüber dem offenen Ennstal zurückbleibt, war eigentlich eine längere Konservierung des würmeiszeitlichen Toteises zu erwarten gewesen. Man wird diese Ergebnisse mit den neuesten feldgeologischen Arbeiten von D. van HUSEN in Einklang bringen müssen. Ähnlich wie im Innsbrucker Raum, wo durch neueste Arbeiten ein relativ früher Eiszerfall angenommen werden muß, wird auch im östlichen Bereich des Eisstromnetzes eine ähnliche Entwicklung eingetreten sein.

Zum Themenkreis 2 wäre ganz allgemein vorzuschicken, daß für feldbodenkundliche Arbeiten das Erkennen der quartärgeologischen Situation von ausschlaggebender Bedeutung ist. Insbesondere nahe dem Ende oder knapp außerhalb ehemaliger Gletscherränder ist der morphologische Formenschatz besonders reich und klar gegliedert. (Dies ist eine Tatsache, der sich die Bodenkartierung bei ihrer Arbeit stets bewußt ist.)

Auf unserer Fahrt durch das Paltental wurde auf das eiszeitliche Zungenbecken hingewiesen. Schwierig ist die genauere Fixierung der äußersten Reiß- und der äußersten Würmmoräne. Der Sattel des Schoberpasses bildet eine Barriere, die selbst zur Zeit der maximalen Vergletscherung nicht überschritten wurde (D. van HUSEN). Die in einem großen Aufschluß vor Kallwang zu Tage tretenden glazigenen Sedimente stammen von einem Lokalgletscher, der von den Seckauer Alpen gegen N abfloß. D. van HUSEN hat in den Geröllen keine Fern-, sondern nur Nahmaterialien gefunden, weshalb er zu obenstehender Auffassung gelangte. Eine nähere glazialgeologische Untersuchung des Liesingbachtals steht noch aus.

Im Bereich des Murtales lassen sich streckenweise sehr gut erhaltene Terrassenreste erkennen, die von Knittelfeld aufwärts zu einem einheitlichen System entwickelt sind und - durch das ganze Aichfeld und den Murboden entlang - bis an die Endmoräne westlich Judenburg (Grünhübl) bzw. östlich Pöls zu verfolgen sind. Neben den schon erwähnten Arbeiten von H. SPREITZER ist die Arbeit von E. WORSCH (1963) zu nennen, der seine hydrogeologischen Studien in diesem Raum derzeit fortsetzt. Es dürfen auch eigene Beobachtungen genannt werden, die im Zuge der Bodenkartierung gewonnen wurden. Schließlich ist eine eben in Fertigstellung befindliche Dissertationsarbeit von H. POLESNY zu erwähnen. Diskussionen mit dem Letztgenannten haben unsere bei der Kartierung gewonnenen Ergebnisse erhärtet.

Die allgemeine Situation am Ende des würmeiszeitlichen Murgletschers ist bekannt. Aus der (morphologisch gut sichtbaren) Endmoräne bei Grünhübl geht über einen

Sandr (auf dem Judenburg liegt) die Niederterrasse hervor, die den größten Teil des Aichfeldes und des Murbodens aufbaut und auch weiter flußab verfolgt werden kann.

In einem Aufschluß am östlichen Ortsrand von Strettweg (direkt nördlich des Bahnhofes von Judenburg) führen die oberen Teile des Niederterrassenschotter grobe Blöcke, die von der 2 km entfernten Moräne stammen. Die Niederterrasse verbindet sich mit jener aus dem Pölstal, wo Gletscher über ein Felsbuckelgelände bis östlich von Pöls vorgestoßen sind. Der über den Pölschals (= Sattel zwischen Murtal und Pöls-tal) vordringende Würmgletscher hat sich hammerförmig im Pölstal ausgebreitet (Vergleich Situationsskizze Abb. 1), so daß flußaufwärts würmeiszeitliche Stauschotter akkumuliert wurden, die alters- und deckschichtenmäßig und damit bodentypologisch der Niederterrasse außerhalb der Endmoräne entsprechen.

Die typische Bodenbildung auf der Niederterrasse wurde im Profil 7 demonstriert. Standörtliche Unterschiede ergeben sich aus der Mächtigkeit der Deckschichten, der Körnung des Schotter bzw. dem Feinanteil innerhalb desselben. Solche Unterschiede können aber infolge ihres raschen Wechsels kartierungsmäßig und schätzungsmäßig kaum erfaßt werden.

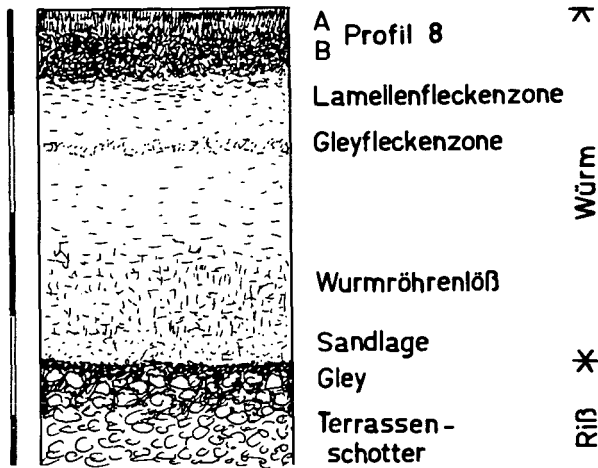
Aus der vorletzten Eiszeit, dem Riß, sind im besuchten Raum nur kleine, dennoch markant hervortretende Terrassenreste erhalten. Schon A. PENCK hat die "lehmbedeckten Terrassen" im Raum östlich Weißkirchen erkannt und richtig eingestuft, während mehrere spätere Bearbeiter sie falsch interpretierten.

In einer großen Abbaugrube beim Weiler Pichling ist die Gliederung der Deckschichten (Feinsedimente über dem Schotter) ausgezeichnet aufgeschlossen. Das Profil 8 befindet sich unmittelbar über der Abbauwand. Die Abfolge entspricht völlig der einer "Hochterrasse", d. h. einer rißeiszeitlichen Terrasse im Penck'schen Sinn. Die Schotteroberkante ist verwittert, trägt R/W interglazialen Boden, der hier als Grundwassergley ausgebildet ist, darüber folgen zuerst fluviatile Sande - das Profil liegt nahe der Ausmündung des Feistritzbaches in den Murboden - und darüber äolisch akkumulierte, hellbraun gefärbte Schluffe, die hangend die im Profil 8 beschriebene Bodenbildung tragen. Bei aufmerksamem Studium der ca. 4 m hohen Abbauwand erkennt man im BC-Horizont (also unterhalb des Solums) lamellenartige Tonbestege auf den meist plattig-horizontale strukturierten Schluffen. Diese in der Fachsprache "Lamellenfleckenzone" bezeichnete Erscheinung ist für spätglazial akkumulierte äolische Sedimente typisch und aus verschiedenen Teilen Europas bekannt. Erstmals wurde sie an sächsischen Lößprofilen von I. LIEBEROTH beschrieben.

Darunter liegt eine Zone von linsenartig angeordneten Gleyflecken, wie sie ebenfalls charakteristisch in der feuchten Lößlandschaft Österreichs auftritt und zeitlich Stillfried B in der trockenen Lößlandschaft entspricht. Unterhalb der Gleyzone bis zum Beginn der fluviatilen Deckschichten, insbesondere im unteren Teil, zeigen die plattig

strukturierten braunen Schluffe deutliche Regenwurmspuren. Diese Erscheinungen sind ebenfalls stratigraphisch einzuordnen und entsprechen frühen Abschnitten der Würmeiszeit. Auch sie sind aus den Vorländern der Alpen bekannt. Die beigegebene Abbildung 2 illustriert die Abfolge.

Das quartärgeologische Profil repräsentiert somit die ganze Sedimentabfolge der Würmeiszeit, was bisher derartig weit im Inneren der Alpen noch nie beobachtet werden konnte.



Durch diese eindeutige Rißterrasse wird gleichzeitig angezeigt, daß der Rißgletscher weiter westlich sein Ende gehabt haben muß und damit nicht viel über den würmeiszeitlichen Maximalstand vorgedrungen war. H. SPREITZER erwähnt ein Moränenvorkommen am Südrand des Murbodens bei Ma. Buch (zwischen Profil 8 und Judenburg), das bei der Kartierung wohl als Standort mit ungleichmäßigen Wasserverhältnissen, aber nicht eindeutig als Moräne identifiziert werden konnte.

Nach neuesten (mündlichen) Angaben von H. POLESNY haben mehrere Bohrungen die Existenz einer großen Wanne, die mit Schotter gefüllt ist, erwiesen. Diese Bohrungen ergaben nördlich Ma. Buch 58 m, bei Hetzendorf 67 m und bei der Schäfferhube 83 m Schotter. Die 3 Bohrpunkte sind auf der Karte mit Kreuzen eingetragen. Es lag hier somit das unmittelbar vor den Endmoränenwällen besonders tief ausgeschürfte Zungenbecken des Riß- oder Mindelgletschers.

Denn auch der Mindelgletscher kann nicht weit in den Murboden bzw. das Aichfeld hineingereicht haben: wir finden nämlich an der Ausmündung der Ingering in das

Aichfeld schwemmkegelartig aufgeschüttete Schotterflächen, die von Staublehmen überdeckt sind. In ihrer Höhenlage kommen sie eindeutig über die Rißablagerungen zu liegen. Solche Vorkommen sind am rechten Ufer der Ingering nördlich Spielberg und nördlich Knittelfeld am Hautzenbichl vorhanden. Sie sind auf der Karte mit einem Doppelkreuz markiert. Auf diesen Flächen treten Pseudogleye bzw. stark ausgebildete Parabraunerden auf. Da (aus Zeitmangel) kein Profil von diesen Standorten gezeigt werden konnte, brauchen sie hier nicht näher beschrieben zu werden.

Es soll nur zusammenfassend ein quartärgeologisch interessantes Phänomen, betreffend die Maximalvergletscherung im Ostteil der Alpen, skizziert werden: Im nördlichen Alpenvorland reicht bekanntlich das günz- und mindeleiszeitliche Eis beträchtlich weiter als das aus der Riß- bzw. Würmeiszeit (Salzachgletscher, Traungletscher, Almgletscher, Kremsgletscher). Hinsichtlich der Maximalstände des Ennsgletschers bestehen für die älteren Eiszeiten manche Probleme, es könnte sein, daß nicht alle in den nördlichen Kalkalpen vorliegenden Endmoränenwälle die Grenze eines geschlossenen Eisstromnetzes markieren, sondern lokalen Gletschern entstammen, die von den niederschlagsexponierten Bergen gegen die Täler vorstoßen.

Das Ende des Ennsgletschers im Paltental ist ohne Probleme (siehe oben), aber alle Moränen liegen hier nahe beisammen, wobei die der letzten Eiszeit schon etwas in das Becken zurückversetzt sind. Etwa die gleiche Erscheinung liegt im Bereich des Murgletschers vor und auch am Ende des Draugletschers scheint eine solche Situation vorhanden gewesen zu sein, so daß man bereits von einem regionalen Phänomen sprechen darf.

Die enge Gebundenheit der Bodentypen an ihre quartärgeologischen Positionen ist somit ausreichend unter Beweis gestellt. Schließlich war noch ein Profil besichtigt worden, das für die Beckenränder charakteristisch ist. An den Rändern des Aichfeldes und des Murbodens treten tertiäre Sedimente, meist in Form dicht gelagerter Schluffe und Tone, die das Hangende und Liegende der Kohlenflöze in der Tiefe bilden, an die Oberfläche. Profil 6 entspricht einem solchen Standort, an dem dichte Lagerung des Ausgangsmaterials zu einer leichten Stauung des Tagwassers geführt hat.

Der letzte Themenkreis konnte, wie schon einleitend ausgeführt, nur cursorisch behandelt werden. Eine Abgrenzung der Silikatbraunerde (analog dem "Sol brun acide" in der französischen und belgischen Nomenklatur, nur teilweise entsprechend dem "Braunen Waldboden" nach H. STREMMER) gegen die podsoligen bzw. podsolierten Formen bedarf einer größeren Zahl von beieinanderliegenden Profilen. Wir konnten aber außer Profil 1, das dem "Normalfall" einer "Sauren Braunerde" entspricht, nur noch zwei Profile (9 und 10) während der Anfahrt auf das Gaberl besichtigen.

Dennoch gaben die durch die Neutrassierung der Straße entstandenen Einschnitte eine gute Möglichkeit zur Diskussion der aufgeworfenen Fragen. Die vorliegenden Acker-

profile sind infolge der anthropogenen Beeinflussung von vornherein wenig geeignet. Aber selbst im Wald und entlang der Straße war nur punktweise ein Bleichsaum zu erkennen, wenngleich auch die für Semipodsole typische hellockerige Farbe deutlich hervortrat. Eine klare Abgrenzung zwischen saurer Braunerde und (schwach) podsoligen Formen wird vermutlich ebenso schwierig sein wie zwischen Braunerde und Parabraunerde, sofern letztere nur eine geringe Tonverlagerung erkennen läßt. In der Abschlußdiskussion kam man überein, die Frage der Höhenstufengliederung an verschiedenen Beispielen im österreichischen Raum weiter zu prüfen. Man ist sich aber bereits darüber einig, daß im östlichen Teil der Zentralalpen und am Alpenostrand der Übergang zu den podsoligen Böden weit höher liegt, als früher angenommen und auf den einschlägigen Übersichtskarten (Manuskriptkarte W. KUBIENA 1945, J. FINK 1959) dargestellt wurde.

Literaturhinweise

- VAN HUSEN, D.: Ein Beitrag zur Talgeschichte des Ennstales im Quartär; Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 18, 1968
- SPREITZER, H.: Eiszeitstände und glaziale Abtragungsformen im Bereich des eiszeitlichen Murgletschers; Geol. Bav. 19, 1953
 Der eiszeitliche Murgletscher in Steiermark und Kärnten; Geograph. Jb. a. Österr. XXVIII, 1961
- WORSCH, E.: Geologie und Hydrologie des Aichfeldes; Mitt. Mus. Joanneum 25, 1963.