

**MITTEILUNGEN
DER FORSTLICHEN BUNDESVERSUCHSANSTALT
WIEN**

(früher „Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs“)

163. Heft/Band III

1990

ZUM WALDSTERBEN IM GLEINALMGEBIET

ODC 48:181.45:11:(436)

Herausgegeben
von der
Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien
Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag, 1141 Wien

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

ISBN 3-7040-1082-0

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

INHALTSVERZEICHNIS

3. B a n d

Seite

GÖBL Friederike: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark)	
III. Versuche mit Bodenhilfsstoffen, Probefläche Stadlmair 1989	5
IV. Versuche mit Testpflanzen, Probeflächen Stadlmair 1988	33
TOMICZEK Ch.: Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein	
I. Wurzel- und Stammfäuleuntersuchungen an Fichten	39
II. Bestimmung des Wassergehaltes im Holz unterschiedlich vitaler Fichten und Zusammenhänge mit der elektrischen Leitfähigkeit im Splint	59
III. Wurzel- und Stammfäulen - eine mögliche Ursache von Nährelementmangel in Fichtennadeln	71

MYKORRHIZA- UND FEINWURZELUNTERSUCHUNGEN IM WALDSCHADENSGEBIET GLEINGRABEN UND GLEINALPE (Stmk.)

Friederike Göbl

III. Versuche mit Bodenhilfsstoffen, Probefläche Stadlmair 1989

1 Problemstellung

Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen in Fichtenbeständen mit typischen Schadsymptomen des Gleingraben- und Gleinalmgebietes - Vergilbung der Nadeln, verkürzte Terminaltriebe, Absterben der Bäume einzeln oder in Gruppen - haben Mykorrhizaschäden als einen wesentlichen Faktor für die Kausalanalyse ausgewiesen (GÖBL 1989). Es handelt sich eindeutig um Fraßschäden. In den betroffenen Regionen wurde eine außerordentlich hohe Populationsdichte für Nematoden festgestellt (TOMICZEK).

Durch Milieuveränderungen im Bereich des Bodens, unter anderem durch den Mulcheffekt von Reisig oder Durchmischung der Streu mit Mineralboden, konnte in mehreren Fällen eine Verminderung dieser Schäden festgestellt werden. Daraufhin wurden einfach anzuwendende Meliorationsmittel in Bezug auf eine ähnliche und vor allem kurzfristig eintretende Wirkung mittels Testserien geprüft. Unter der Voraussetzung, daß eine Schadorganismenpopulation sowohl durch geringfügige Veränderungen der pH-Werte als auch durch Ausbringung sehr feiner Partikel in ihrer Aktivität eingeschränkt werden kann, wurden auch verschiedene Gesteinsmehle ausgebracht. Über ihren Einfluß auf die Mykorrhizaausbildung und Feinwurzelentwicklung in einem dieser Versuche wird im folgenden berichtet.

2 Versuchsanlage

Im Stadlmairwald, in etwa 1270 m Seehöhe, wurden auf einem schwach nach Südosten geneigten Hang mehrere Testparzellen von

je 10 m² eingerichtet. Auswahlkriterien waren vergleichbare Bestockung, Fehlen von Bodenvegetation, Ähnlichkeit in Bezug auf Zustand und Oberfläche der Streu und für Mykorrhizen die für das Gleinalmgebiet charakteristischen Schäden, deren Vorhandensein durch Stichproben überprüft wurde. Die Flächen wurden bis zur Probenahme nicht begangen.

Folgende Gesteinsmehle wurden der Forstverwaltung GLEIN/R. HATSCHKEK von der GMUNDNER ZEMENTWERKE H. HATSCHKEK AG. zur Verfügung gestellt und ausgebracht:

Z E O L I T H (Analysen siehe Anhang)

Herkunft: natürliches, vulkanisches Vorkommen, Jugoslawien.

Besondere Eigenschaften: große spezifische Oberfläche; die spezielle Struktur mit Hohlräumen unterschiedlicher Größe ermöglicht reversiblen Ionenaustausch, reversible Dehydratation, selektive Ionenaustauschfähigkeit für NH_4^+ , Schwermetallionen.

Anwendung in der Landwirtschaft zur Bodenverbesserung.

K A L K S T E I N M E H L (Analysen siehe Anhang)

Herkunft: GMUNDNER ZEMENTWERKE H. HATSCHKEK AG., nördliche Kalkalpen/Salzkammergut.

Besondere Eigenschaften: extrem hohe Feinheit und damit große spezifische Oberfläche von 10.000 cm²/g. Gesteinsmehle dieser Partikelgrößen werden im biologischen Landbau in der Regel zur Bekämpfung von Insekten eingesetzt (SNOEK et al. 1983).

M E R G E L

Herkunft: GMUNDNER ZEMENTWERKE H. HATSCHKEK AG., Gmundnerberg/Salzkammergut.

Besondere Eigenschaften: gilt nicht als Gesteinsmehl; wird in der Landwirtschaft im Bereich des Vorkommens als Bodenverbesserungsmittel verwendet.

Versuchsdaten:

Versuchsanlage: 10. Juni 1988

Aufwandmenge: entspricht 2 t/ha

Entnahme von Stichproben: 5. Mai 1989

Probenahme für die Auswertung: 25. Juli 1989

Entnahme von zufällig gekeimten Sämlingen: 19. September 1989

Bestimmung von pH-Werten (1n/KCl): 19. September 1989

Mischprobe aus den oberen 5 cm der Auflagehorizonte

KONTROLLE	3.1	ZEOLITH	3.4
MERGEL	3.6	KALKSTEINMEHL	4.9

3 Untersuchungsmethoden

Der charakteristische Verzweigungsmodus der Feinwurzeln sowie die Art der Mykorrhizaschäden - Stauchungen als Folge von Fraßschäden - wurden in den Vorjahren durch die Untersuchung großer Stichproben (Bodenziegel von 25 cm Seitenlänge) ausreichend geklärt.

Die Probenahme in den Gesteinsmehlparzellen erfolgte mittels Stechzylinder von 100 ml Volumen und 5 cm Höhe; damit sind die Auflagehorizonte mit der höchsten Mykorrhiza- und Feinwurzelkonzentration erfaßt.

Pro Parzelle und Behandlung wurden aus 2 Teilparzellen - Quadraten von 1 m Seitenlänge - nach einem Raster jeweils 13 Proben entnommen. Sie wurden nach Durchfeuchten (Wasser mit 3 % Äthanol) in den Behältern kühl gelagert und in der Folge händisch präpariert um Verluste an Wurzelspitzen beziehungsweise Mykorrhizen zu vermeiden. Untersucht wurde für die quantitative Auswertung mit 10- bis 40-facher, für die Typencharakteristik mit entsprechend stärkerer Vergrößerung.

Die Bestimmung des Mykorrhizabesatzes erfolgte durch Zählung der gesamten mykorrhizierten Wurzelspitzen, die Bestimmung der Mykorrhizaschäden durch Zählung sämtlicher verletzter Wurzelspitzen pro Probe.

Fraßlöcher erreichen häufig das Rindengewebe oder den Zentralzylinder der verpilzten Wurzel; sie sind durch scharfe Ränder

charakterisiert und haben nichts mit altersbedingtem Zerfall von Pilzmantelgeweben zu tun. (Abb. 1 und 2)

Die Zählung der verletzten Mykorrhiza-Spitzen beziehungsweise deren prozentueller Anteil kann das Ausmaß der Schäden allerdings nur bedingt wiedergeben, da Mykorrhizakomplexe, bei denen einzelne Spitzen verletzt sind, kein geschlossenes System mehr darstellen. Sie sind weder als funktionsfähiges Organ für Wasser- und Nährstoffaufnahme, noch als "Blocker" gegenüber pathogenen Pilzen anzusehen.

Da bei Aufnahmen, die große Areale umfassen, in der Regel nicht jede Mykorrhiza einer bestimmten Pilzart zugeordnet werden kann und die Möglichkeit besteht, daß optisch nicht unterscheidbare Mykorrhizaformen von verschiedenen Pilzen gebildet werden können, wird am Begriff Mykorrhizatyp festgehalten.

Ein Mykorrhizatyp umfaßt Mykorrhizen von charakteristischer Verzweigung, Farbe und Struktur des Pilzmantels, die nach diesen Merkmalen leicht widerzuerkennen sind (DOMINIK 1969, GÖBL 1967, AGERER et al. 1986, PÖDER et al. 1989 u.a.).

Mikroskopische Untersuchungen der Strukturen von Pilzmantel, Hartig'schem Netz, von intrazellularen Hyphen und anderen Merkmalen sind Voraussetzung für die Festlegung der Typen.

Wurzeluntersuchungen sind im Rahmen der beschriebenen Versuche auf Zählung und Messung neu angelegter, vitaler Feinwurzeln sowie deren Schädigung beschränkt. Bestimmungskriterien waren Wurzeldurchmesser kleiner als 2 mm, Wurzelfarbe von weißlich bis hellbraun als Zeichen einer lebenden, primären Rinde sowie Fraßschäden an den Wurzelspitzen.

In der Versuchsfläche wurden im September 1989 pro Parzelle 20 zufällig gekeimte, etwa 4 Monate alte Sämlinge entnommen. Bestimmt wurden Wurzellänge, Anzahl von Seitenwurzeln und Mykorrhizen beziehungsweise deren Schädigung sowie die Mykorrhizatyphen.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Tabellen. Die ermittelten Daten werden als Mittelwerte für die Parzellen beziehungsweise Teilparzellen oder Einzelproben angegeben.

4 Ergebnisse

Die Bestimmung der Anzahl von mykorrhizierten Wurzelspitzen für die insgesamt 104 Proben von 100 ml Volumen erbrachte eine Übersicht über die Verteilung der Mykorrhizen und ihrer Schäden auf kleinen Flächen (Tab. 1).

Trotz äußerer Homogenität der Teilparzellen sind die Unterschiede im Mykorrhizabesatz innerhalb der Behandlungsvarianten relativ groß. Ursachen dafür können der Verlauf von Wurzeln, die spezifische, dichte Verzweigung bestimmter Mykorrhizatypen oder eine kleinstflächig unterschiedliche Schädigung sein.

Der Prozentsatz der geschädigten Mykorrhizen ist hingegen für die entsprechenden Teilparzellen sehr ähnlich.

Die Dichte des Mykorrhizabesatzes entspricht etwa den geschätzten Häufigkeitsklassen 4 bis 6, die Schäden innerhalb der KONTROLL-Parzelle etwa den Vitalitätsklassen IV und V, innerhalb der KALK-Parzelle den Vitalitätsklassen II und III (GÖBL 1989).

Die Schäden an den mykorrhizierten Wurzelspitzen stehen in deutlichem Zusammenhang zur Behandlungsvariante.

Etwa 12 Monate nach Applikation der Gesteinsmehle weist die KONTROLL-Parzelle um ca. 78 % mehr Mykorrhizen mit den für das Gebiet des Gleingrabens charakteristischen Fraßschäden auf als die mit KALKSTEINMEHL behandelte Fläche.

MERGEL und ZEOLITH erbrachten nur geringe Veränderungen. Die in Relation zur KONTROLL-Parzelle höheren Standardabweichungen der behandelten Parzellen deuten eine gewisse Unregelmäßigkeit der Beeinflussung an.

Die Bestimmung von Anzahl und Länge der hellen und vitalen Feinwurzeln erbrachte auffallende Unterschiede in Bezug auf die Behandlung (Tab. 2). Für die KONTROLL-Parzelle und die KALK-Parzelle beträgt das Verhältnis für die Anzahl der Neubildungen 1 : 12,5, für deren Länge 1 : 16,6. Die Schädigung der Wurzelspitzen war in der KALK-Parzelle um 33,3 % geringer als in der KONTROLL-Parzelle. Die Verteilung der neugebildeten Feinwurzeln auf die Einzelproben war nur in der KALK-Parzelle regelmäßig.

Die ZEOLITH-Behandlung erbrachte gegenüber der KONTROLLE nur geringe Unterschiede, die MERGEL-Behandlung hatte dagegen etwa die doppelte Anzahl von neugebildeten Wurzelspitzen beziehungsweise doppelte Wurzellängen bewirkt.

Bei einer Stichprobenkontrolle Anfang Mai 1989 hatte sich für die KALK-Parzelle bereits besseres Wurzelwachstum abgezeichnet. Der Großteil der Neuanlagen dürfte auf Grund der anatomischen Beschaffenheit, wie fehlende Verkorkung, offensichtlich erst kurze Zeit vor der Probenahme Ende Juli 1989 erfolgt sein.

Die Bestimmung der Anzahl verschiedener Mykorrhizatypen in den Teilparzellen der verschiedenen behandelten Flächen ergibt mit einer durchschnittlichen "Artenzahl" von 14 bis 16 geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen behandelten Parzellen (Tab. 3). Die Unterschiede zwischen den Teilparzellen sind mit Differenzen der durchschnittlichen Artenzahl von 2 bis 8 höher. Die Unterschiede könnten auf spezifische Verteilungsmuster von bestimmten Typen zurückgeführt werden (vergleiche Tab. 7) oder auf kleinflächige Bodenunterschiede.

Die Zahlen weisen jedenfalls einen für Waldböden relativ hohen Typenreichtum aus. Eine Verarmung des Bodens an mykorrhizabilisierenden Pilzen oder eine diesbezügliche Schädigung kann ausgeschlossen werden.

Die Häufigkeitsverteilung verschiedener Mykorrhizatypen in den Einzelproben zeigt für die verschieden behandelten Parzellen

einen deutlichen Einfluß der Substrate (Tab. 4).

Mehr als 4 Typen wurden in der KONTROLL-Parzelle für 23 % der Proben, in der ZEOLITH-Parzelle für 19,2 %, in der KALK-Parzelle für 11,5 % und in der MERGEL-Parzelle für 42,3 der Proben bestimmt. MERGEL scheint demnach einen stimulierenden Effekt auf die Mykorrhizaentwicklung zu haben, während KALKSTEINMEHL eher eine gewisse Hemmung bewirkt.

In den Untersuchungsflächen wurden erwartungsgemäß mehrere dominante Mykorrhizatypen sowie einige von geringerer Häufigkeit festgestellt. Sie weisen in der Regel ein fleckenweises oder diffuses Verteilungsmuster auf. Eine Kurzcharakteristik dieser Typen gibt Tab. 5. Es wurden bevorzugt jene Merkmale angeführt, die ein Erkennen und eine Unterscheidung der Typen im Gelände gewährleisten.

Die Häufigkeitsverteilung der Mykorrhizatypen innerhalb der verschieden behandelten Parzellen beziehungsweise Teilparzellen zeigt keine Unterschiede, die diesen Behandlungen eindeutig zuzuordnen sind (Tab. 6).

Den dominanten Typen kommt eine höhere Bedeutung zu als den einzeln vorkommenden und dementsprechend weniger konkurrenzfähigen Typen.

Bestimmte Wuchsformen (zum Beispiel unregelmäßige Verzweigung und abstrahlende Hyphenstränge, regelmäßige Verzweigung und glatte Oberflächen oder abstrahlende, starre, gewundene Hyphen) die in verschiedenen Farbvarianten vorkommen und von verschiedenen Pilzen induziert werden, lassen sich ebenso wenig einer Behandlung oder Häufigkeitsstufe zuordnen und ihre Verteilung auf den untersuchten Standorten dürfte mit der Konkurrenzkraft der mykorrhizabildenden Pilzmycelien korreliert sein.

ZAK (1967) beobachtete in Douglasienbeständen in Oregon, daß eine bestimmte Nematodenart von 6 morphologisch unterschiedlichen Mykorrhizen nur 2 befallen hat. Eine ähnliche Beobachtung

wurde im Waldschadensgebiet Gleingraben nicht gemacht, Fraßlöcher wurden bei allen häufiger vorkommenden Typen gefunden.

Wurzel- und Mykorrhizaausbildung von Sämlingen in den mit Bodenhilfsstoffen behandelten Versuchspartzen.

Als Folge des vorausgegangenen, guten Samenjahres bei Fichte war 1989 in vielen Beständen des Gleingraben eine reichliche Samenkeimung und zunächst auch eine gute Entwicklung der Sämlinge zu beobachten.

Aus den Versuchspartzen im Stadlmairwald wurden Mitte September 1989 jeweils 20 Sämlinge mit voll ausgebildeten Terminalknospen entnommen (Abb. 3).

Die Sämlinge der KALKpartze weisen gegenüber allen anderen Sämlingen die wenigsten geschädigten Wurzelspitzen und als Folge davon die größten Wurzellängen auf. Auch ihre Mykorrhizen zeigen eine geringe Schädigung (19 %), während in der KONTROLLpartze der Anteil der angfressenen Mykorrhizen etwa das Dreifache beträgt (63 %).

Bedingt durch die größeren Wurzellängen weisen die Sämlinge aus der KALKpartze die niedrigste Mykorrhizafrequenz, jene aus der ZEOLITHpartze auf Grund geringer Wurzellängen einen auffallend dichten Besatz auf. Die Sämlinge der KONTROLL- und ZEOLITHpartze weisen die höchste Frequenz an geschädigten Mykorrhizen auf.

Die Häufigkeitsverteilung der Mykorrhizen (Tab. 8) weist den Mykorrhizotyp mit orangbraunem, glattem Pilzmantel als dominant für Sämlinge dieses Standortes aus. Das Typenspektrum ist mit 9 verschiedenen Typen als reichhaltig zu bewerten.

In der MERGEL- und ZEOLITHparzelle haben im Vergleich zu den anderen Behandlungsvarianten etwa doppelt so viele Sämlinge nur einen Mykorrhizotyp ausgebildet.

Die Auswertung der Wurzelparameter dieser zufällig in den mit Bodenhilfsstoffen behandelten Parzellen verfügbaren Sämlinge untermauert die Vermutung, daß eine Naturverjüngung unter ungestörten Bedingungen im Gebiet des Gleingraben möglich wäre.

Feinwurzeln und Mykorrhizen von Sämlingen entwickeln sich in jener Bodenschicht, in der auch die Feinwurzeln und Mykorrhizen älterer Bäume am stärksten geschädigt sind. Sie werden derzeit fast unmittelbar nach ihrer Differenzierung von einer Population von Schadorganismen zum Großteil zerstört.

5 Zusammenfassung

In einem Fichtenbestand im Waldschadensgebiet Gleingraben wurden auf kleinen, einheitlichen Flächen die Bodenhilfsstoffe MERGEL, ZEOLITH und KALKSTEINMEHL in einer Aufwandmenge entsprechend 2 t/ha ausgebracht und nach einer Einwirkdauer von etwa 12 Monate die Veränderungen des Mykorrhiza- beziehungsweise Feinwurzelbesatzes durch quantitative Methoden ermittelt.

Es sollte geprüft werden, ob diese Mittel kurzfristig eine Verminderung der Fraßschäden an Mykorrhizen und Feinwurzeln bewirken.

Im Vergleich zur unbehandelten KONTROLLE hat KALKSTEINMEHL die größten Veränderungen bewirkt und zwar eine Verringerung der Fraßschäden an Mykorrhizen um etwa die Hälfte, eine Stimulierung des Feinwurzelwachstums, entsprechend der 12,5 fachen Anzahl von Wurzelspitzen und den 16,6 fachen Wurzellängen sowie eine Verringerung der Fraßschäden um 33 %.

Diese Verbesserungen dürften mit der Veränderung des pH-Wertes und der Zufuhr von Ca zusammenhängen (KILIAN 1986, GONZALEZ

CASCON 1989); es liegt aber die Vermutung nahe, daß durch die besonders große Feinheit der Partikel (10.000 cm²/g), die Schadorganismen (Nematoden) in ihrer Aktivität eingeschränkt werden.

MERGEL- und ZEOLITH-Behandlung bewirkten geringe Unterschiede.

Die Häufigkeitsverteilung der Mykorrhizotypen innerhalb der Versuchspartellen zeigt nach etwa 12 Monate Einwirkdauer der Bodenhilfsstoffe weder eine eindeutige Veränderung der Dominanz noch der Wuchsformen. Die Studie gibt Aufschluß über das Verteilungsmuster von Mykorrhizen auf kleinen Flächen.

Mit 14 bis 16 Typen pro Parzelle und 25 Typen für alle untersuchten Parzellen kann eine Verarmung des Bodens an mykorrhizabildenden Pilzen oder eine diesbezügliche Schädigung ausgeschlossen werden. Fraßschäden waren in keinem Fall auf bestimmte Typen beschränkt.

Sämlinge, die zufällig in den Versuchspartellen verfügbar waren, zeigten in der KALK-Parzelle entsprechend gutes Wurzelwachstum und wenig geschädigte Mykorrhizen, während in der unbehandelten KONTROLL-Parzelle starke Fraßschäden an Mykorrhizen eine wesentliche Ursache für das Verschwinden der Naturverjüngung aufzeigen.

Die Studie zur Anwendung von Bodenhilfsstoffen hat bewiesen, daß Milieuveränderungen im Bereich des Bodens die Schäden an Mykorrhizen und Feinwurzeln wesentlich beeinflussen beziehungsweise verringern können. Das Regenerationspotential der Feinwurzeln ist außerordentlich hoch.

Die kurzfristig eintretende Verbesserung der Vitalität von Mykorrhizen und Feinwurzeln als Folge der Anwendung von KALKSTEINMEHL liegt in Bereichen, die für zukünftige Meliorationen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe von wesentlichem Interesse sein dürften.

6 Literatur

- AGERER, R., F. BRAND u. E. GRONBACH, 1986: Die exakte Kenntnis der Ektomykorrhizen als Voraussetzung für Feinwurzeluntersuchungen im Zusammenhang mit dem Waldsterben.
Allg. Forstzeitschrift 20, 1986, 497-503, 509.
- DOMINIK, T., 1969: Key to ectotrophic mykorrhizae.
Folia Forestalia Polonica, Seria A, Zeszyt 15/1969, 309 ff.
- GÖBL, F., 1967: Mykorrhizauntersuchungen in subalpinen Wäldern.
Mitt.d.Forstl.Bundesversuchsanstalt Wien, 75, 335-355.
- GÖBL, F., 1989: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.).
Mitt.d.Forstl.Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 171-220.
- GONZALEZ CASCON, M.R., M. ALCUBILLA u. K.E. REHFUESS, 1989: Wirkungen von Magnesium- und Calcium-Sulfat und -Carbonat auf Sproß- und Wurzelentwicklung junger Weißtannen (*Abies alba* Mill.) im Topfversuch mit sauren Böden.
Allg. Forst- u. Jagdztg., 161, Jg. 2, 21-28.
- KILIAN, W., 1986: Gesteinsmehl-Heilmittel für den Wald?
Allg. Forstzeitung, Informationsdienst der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 237. Folge.
- MUNSELL, Soil Color Charts, 1975,
Edition Munsell Color, Baltimore.
- PÖDER, R., B. PERNFUSS, M. SIGL u. F. SCHINNER, 1989: Mykorrhizauntersuchungen an Waldbäumen.
Bericht "Waldökosystemforschung - Waldbodensanierung".
Vorarlberger Umweltschutzanstalt, Bregenz, 183-197.
- SNOEK, H. u. H. WÜLFERAT, 1983: Das Buch vom Steinmehl.
Orak-Pietsch-Verlag.
- TOMICZEK, CH., 1990: Mykorrhizaschäden durch Nematoden in der Glein.
(In Vorbereitung)
- ZAK, B., 1967: A Nematode (*Meloidodera* Sp.) On Douglas-Fir Mykorrhizae.
Plant Disease Reporter, Vol. 51, Nr. 4, 264.

Herrn Dr. Wolfgang Gerger möchte ich für die Analysen der Bodenhilfsstoffe danken, Herrn Dr. Thomas Cech für die REM-Aufnahme, Frau Veronika Pohl, Herrn Martin Mair sowie Herrn Johann Neurauter für die Mithilfe bei der Probenahme und für die Präparation.

Tabelle 1: Mykorrhizabesatz und Prozentanteil der angefressenen Mykorrhizen, getrennt nach Teilparzellen.

Behandlung	Teil- parzelle	Anzahl Mykorrhizen pro Probe Mittelwerte	Prozentanteil der angefressenen Mykorrhizen pro Probe Mittelwerte	Standardabweichung
KONTROLLE	I	346	87,23	7,40
	II	649	87,18	7,38
MERGEL	I	1.008	69,00	10,69
	II	525	71,47	8,65
ZEOLITH	I	905	74,28	15,22
	II	463	75,57	12,37
KALK	I	278	50,23	12,99
	II	576	47,79	16,46

Tabelle 2: Anzahl und Länge (in cm) von neugebildeten, hellen Langwurzeln mit einem Durchmesser unter 2 mm
Prozentanteil der Wurzeln mit Fraßschäden für die Teilparzellen I und II.

BEHANDLUNG	KONTROLLE	MERGEL	ZEOLITH	KALK
Gesamtanzahl der Langwurzel- spitzen	38	83	39	474
Prozentanteil mit Fraß- schäden	21,1	26,5	30,8	14,1
Gesamtlänge der Langwurzeln	42	125	62	696

Tabelle 3: Anzahl verschiedener Mykorrhiztypen für die Proben der Teilparzellen I und II.

BEHANDLUNG	KONTROLLE	MERGEL	ZEOLITH	KALK
Teilparzelle I	10	13	17	18
Teilparzelle II	18	15	15	11
Mittelwerte	14	14	16	14,5
Standardabweichung	4	1	1	3,5

Tabelle 4: Häufigkeitsverteilung verschiedener Mykorrhizazypen für die Proben der Teilparzellen I und II.

Behandlung	Kontrolle	Mergel	Zeolith	Kalk
Anzahl Typen: 0	2	1	2	-
1	3	1	2	2
2	7	5	4	5
3	2	3	10	9
4	6	5	3	7
5	3	4	2	3
6	2	4	3	-
7	1	2	-	-
8	-	1	-	-
mehr als 3 Typen in % der Proben	46,1	61,5	30,8	38,5
mehr als 4 Typen in % der Proben	23,0	42,3	19,2	11,5

Tabelle 5: Kurzcharakteristik der Mykorrhiziatypen aus den Probestellen im Stadlmairwald nach Merkmalen, die ein Erkennen im Gelände gewährleisten.

Nr.	Farbe des Pilzmantels	Oberfläche des Pilzmantels	Verzweigung	Besonderheiten der Wuchsform	Gruppierung
1	weiß	glatt vereinzelt glatte Hyphenstränge	reichlich und regelmäßig	kompakt	d
2	schwarz (Cenococcum)	starre Borsten	gering		d
3	braun	glatt Pilzmantel farblos, wenig-schichtig	mäßig		d
4	gelblichbraun	matt	reichlich regelmäßig	dicke Achsen	
5	weiß	reichlich abstrahlende Hyphenstränge	unregelmäßig	Achsen + stark gebogen	g
6	rosabraun (bläselrot bis rötlichbraun, entsprechend der Alterung)	glatt	reichlich und regelmäßig	zart	g
7	gelblich	abstrahlendes loses Mycel und lockere Hyphenstränge	mäßig		d
8	grau bis graubraun	kurze, abstrahlende Hyphen	mäßig		d

Fortsetzung von Tabelle 5:

9	schwarz	matt	regelmäßig und locker	kräftige Achsen	d
10	weiß	netzartige, glänzende Hyphenstränge	mäßig		d
11	weiß	wollige, dichte abstrahlende Hyphen	mäßig		d
12	violettbraun	glatt	regelmäßig und locker		g
13	dunkelbraun	matt	reichlich regelmäßig		g
14	spangrün	kurze, abstrahlende Hyphen	mäßig		g
15	rötlichbraun	matt	regelmäßig	Achse auffallend dick	g
16	gelblichbraun	starre, gewundene Hyphen	mäßig	dicht	g
17	orangebraun	glatt	reichlich	dicht	g
18	dunkelbraun	dichte Stacheln	mäßig		g
19	graurosa (bläßrot, der Alterung entsprechend graue Tönung)	matt	mäßig	dicht	g
20	chromgelb, helle Spitzen	glatt	reichlich	dicke Achsen	g

Fortsetzung von Tabelle 5:

21	zyklamrosa	starre, gewundene Hyphen	mäßig	d
22	weiß	matt	mäßig	d
23	rosa	reichlich abstrahlende Hyphenstränge	unregelmäßig	g
24	dunkelbraun	starre, gewundene Hyphen	mäßig	d
25	rotbraun Pilzmantel durchscheinend	glatt	mäßig	d

Gruppierung g - Auftreten vorwiegend gruppenweise
d - Auftreten vorwiegend diffus

Farbangaben soweit möglich, nach MUNSSELL

Die Charakteristik der Mykorrhizotypen (Normalausbildung) basiert auf der Untersuchung beziehungsweise dem Vergleich von etwa 700 Proben aus dem Gleinalmgebiet.

Tabelle 6: Häufigkeitsverteilung der gesamten Mykorrhizazypen für die Proben der Teilparzelle I und II.

MYKORRHIZAZYPEN	KONTROLLE		MERGEL		ZBOLLITZ		KALK	
	I	II	I	II	I	II	I	II
1 weiß, glatt	8	8	7	8	5	8	3	6
2 schwarz, abstrahlende Borsten (Cenococcum)	4	8	8	9	5	3	3	6
3 braun, glatt	6	7	5	2	1	1	5	8
4 gelblichbraun, matt	1	2	7	8	3	5	3	2
5 weiß, abstrahlende Hyphenstränge	1	5	10	2	-	5	4	4
6 rosabraun, glatt	-	2	6	2	5	4	4	3
7 gelblich, abstrahlendes loses Mycel	-	2	4	5	2	-	7	-
8 grün, kurze, abstrahlende Hyphen	1	5	3	3	-	2	1	1
9 schwarz, matt	2	2	2	3	3	1	1	-
10 weiß, glänzende Hyphen	1	2	-	1	-	1	2	3
11 weiß, wollige, dichte Hyphen	2	2	1	1	1	-	1	1

in allen
Teilflächen

in allen Parzellen

Fortsetzung von Tabelle 6:

12 violettbraun, glatt	-	1	1	-	2	1	2	2
13 dunkelbraun, matt	-	1	-	1	1	3	1	2
14 spangrün, kurze abstrahlende Hyphen	-	2	-	1	1	4	1	-
15 rotbraun, matt	-	1	1	1	2	-	1	-
16 gelblichbraun, starre gewundene Hyphen	-	2	-	3	2	-	-	-
17 orangebraun, glatt	-	-	-	-	2	2	-	-
18 dunkelbraun, mit Stacheln	-	-	-	-	1	2	-	-
19 graurosa, matt	-	1	-	-	-	-	2	-
20 chromgelb, glatt	-	-	1	-	-	-	1	-
21 zyklamrosa, starre gewundene Hyphen	1	-	-	-	-	-	1	-
22 weiß, matt	-	-	-	-	-	1	-	-
23 rosa, abstrahlende Hyphenstränge	-	-	-	-	1	-	-	-
24 dunkelbraun, starre gewundene Hyphen	-	-	-	-	1	-	-	-
25 rotbraun, glatt	-	1	-	-	-	-	-	-

unregelmäßige Verteilung

Tabelle 7: Wurzellängen, Anzahl und Schäden der Seitenwurzeln und Mykorrhizen von Sämlingen aus verschiedenen, mit Bodenhilfsstoffen behandelten Parzellen.

BEHANDLUNG	Wurzellänge gesamt	Anzahl Seitenwurzeln	Anzahl Wurzelspitzen geschädigt	Anzahl Mykorrhiza gesamt	Anzahl Mykorrhiza mit Löchern	Anzahl Mykorrhiza pro cm Wurzellänge gesamt mit Löchern
KONTROLLE	4,4	2,5	1,4	17,7	11,1	4,0 2,5
MERGEL	3,5	2,1	1,6	16,7	6,0	4,8 1,7
ZEOLITH	3,3	1,4	1,0	23,7	7,4	7,2 2,4
KALK	6,2	2,4	0,4	19,9	3,8	3,2 0,6

Tabelle 8: Häufigkeitsverteilung bestimmter Mykorrhiztypen an den Wurzeln von je 20 Sämlingen pro Parzelle und Behandlung.

In Klammer Anzahl Sämlinge mit nur 1 Typ
 Bezeichnung nach Farbe und Oberfläche des Pilzmantels, entsprechend Tabelle 5

MYKORRHIZATYPEN	KONTROLLE	MERGEL	ZEOLITH	KALK
orangebraun, glatt (17)	14 (7)	11 (7)	14 (12)	17 (6)
weiß, glatt (1)	6		2 (1)	6
schwarz, abstrahlende Borsten (Cenococcum) (2)	1	3 (1)	2 (1)	4
gelblich, abstrahlendes, loses Mycel (7)		6 (3)		3
rosabraun, glatt (6)		1 (1)	5 (2)	2 (1)
rotbraun, glatt (25)	4 (2)	1 (1)		1
schwarz, matt (9)	2 (1)	3 (1)		
grau, kurze, abstrahlende Hyphen (8)	3	1		
weiß, abstrahlende Hyphenstränge (5)		1		2

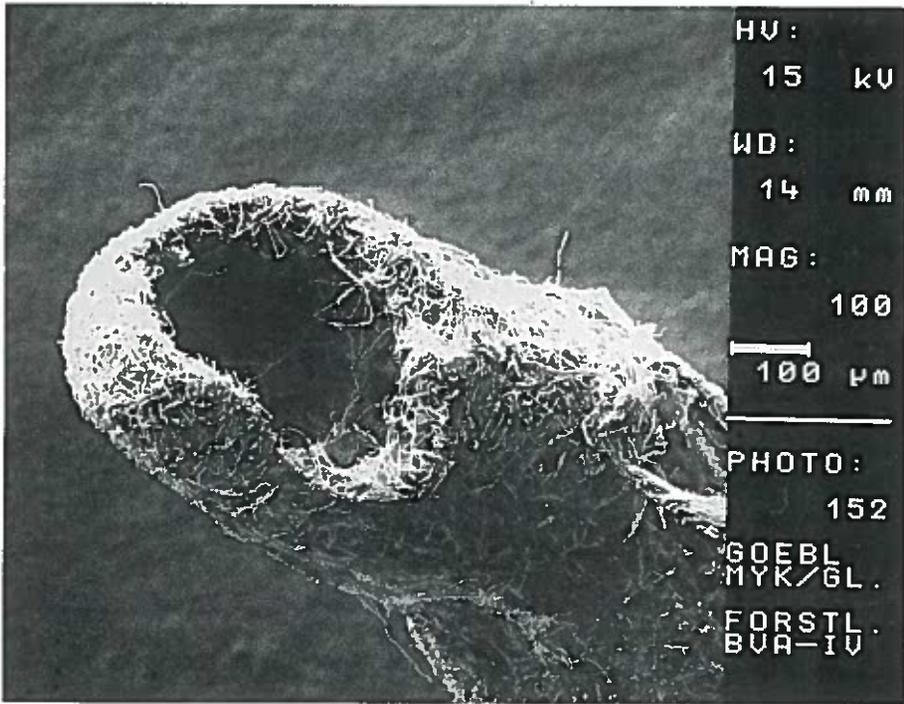


Abbildung 1: Mykorrhiza mit Fraßloch



Abbildung 2: Mykorrhiza vom Cenococcum-Typ (2)

Wurzelspitze hat Pilzmantel durchbrochen,
daneben Fraßloch

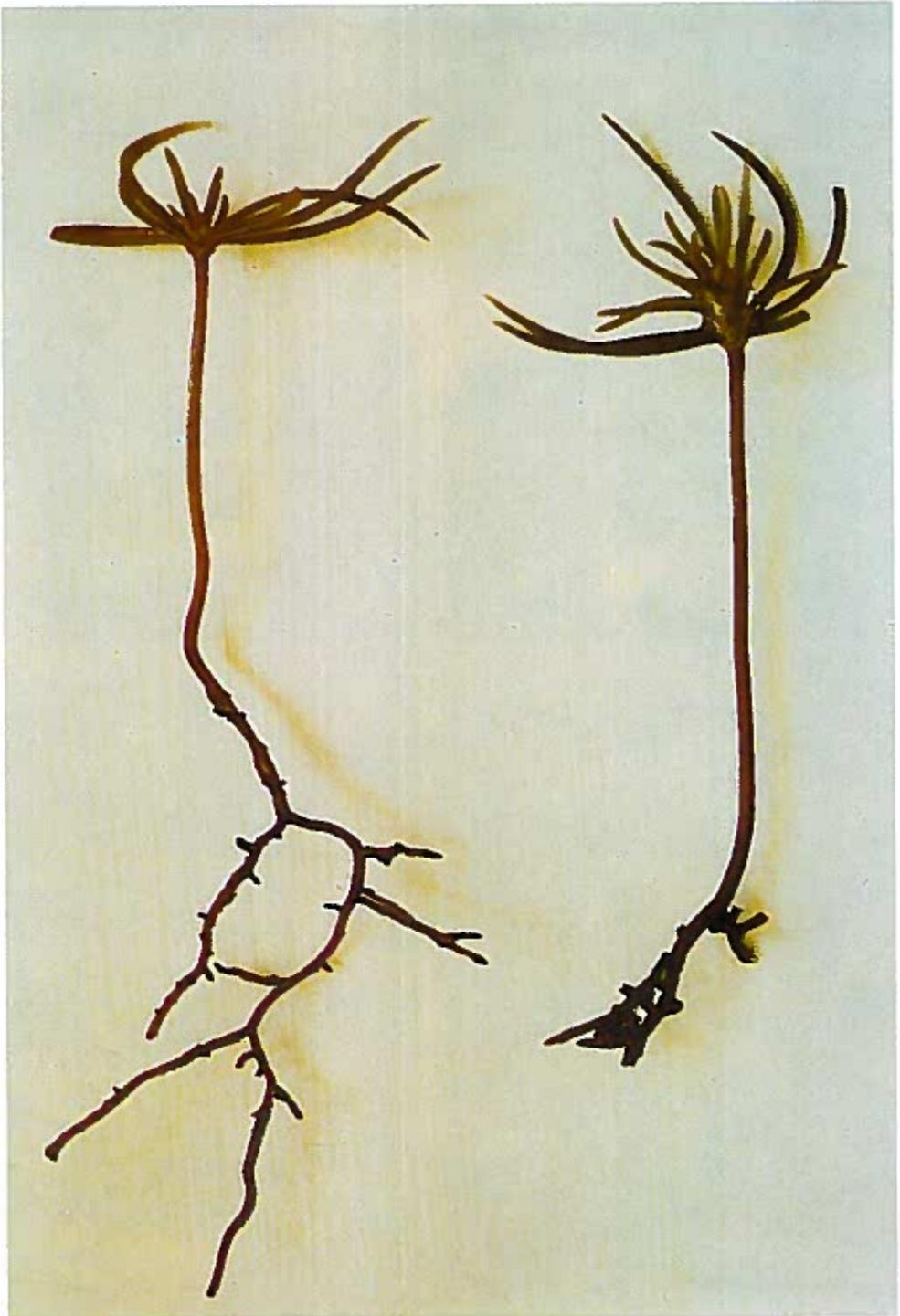
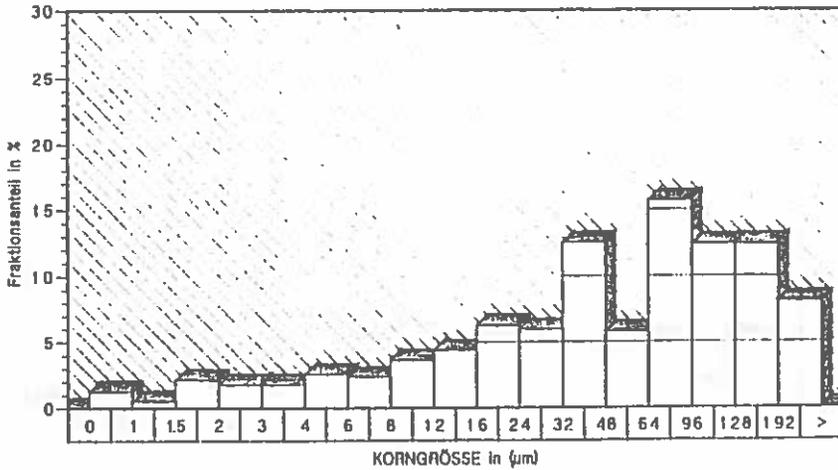


Abbildung 3: Sämlinge aus der KALK-Parzelle (links)
und der unbehandelten KONTROLL-Parzelle.

KORNGRÖSSENANALYSE (CILAS 715)

ZEOLITH BFV INNSBRUCK

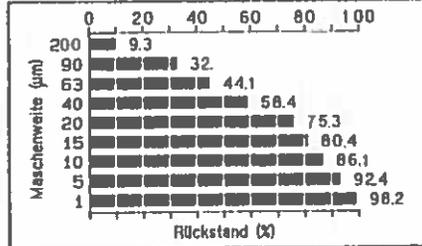


Rückstand %	Korngröße	Fraktionsanteil %
	0	
98.7	1	1.3
98.1	1.5	0.6
95.9	2	2.2
94.1	3	1.8
92.3	4	1.8
89.7	6	2.6
87.3	8	2.4
83.6	12	3.7
79.2	16	4.4
72.9	24	6.3
66.9	32	6.
54.4	48	12.5
48.6	64	5.8
32.9	96	15.7
20.5	128	12.4
8.1	192	12.4
	>192	8.1

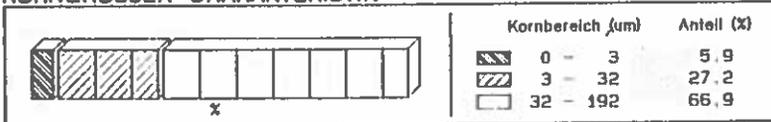
REGRESSIONS-ANALYSE (RRS)

r : 0.9942
 d' (36.8 %) : 78.18
 d'' (50.0 %) : 52.59

RÜCKSTAND FÜR NORMENSIEBE

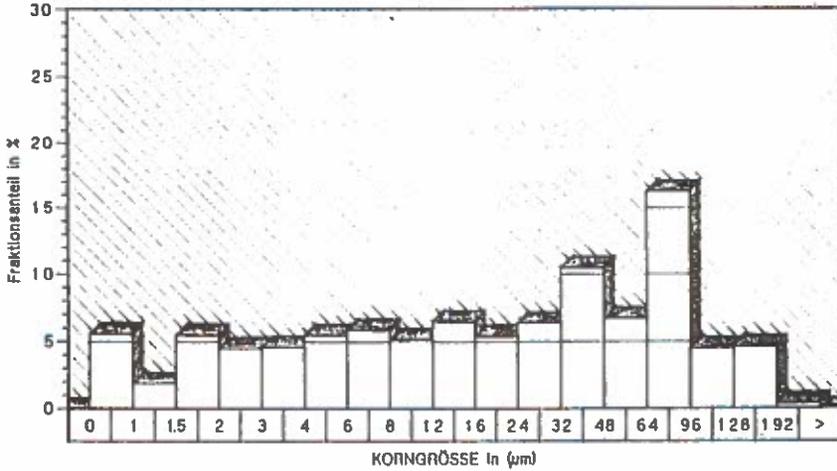


KORNGRÖSSEN-CHARAKTERISTIK



KORNGRÖSSENANALYSE (CILAS 715)

KALKSTEINMEHL BFV INNSBRUCK

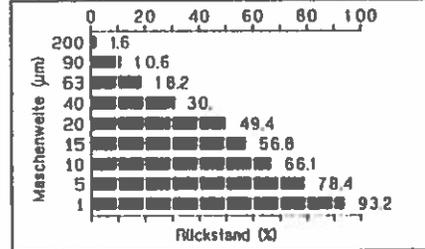


Rückstand %	Korngröße	Fraktionsanteil %
	0	5.6
94.4	1	1.9
92.5	1.5	5.5
87	2	4.5
82.5	3	4.6
77.9	4	5.5
72.4	6	5.9
66.5	8	5.2
61.3	12	6.5
54.8	16	5.4
49.4	24	6.4
43	32	10.5
32.5	48	6.7
25.8	64	16.3
9.5	96	4.5
5	128	4.6
0.4	192	0.4
	>192	

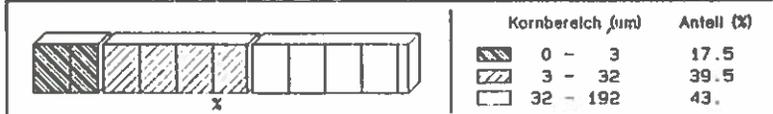
REGRESSIONS-ANALYSE (RRS)

r : 0.9904
 d' (36.8 %) : 31.45
 d'' (50.0 %) : 19.54

RÜCKSTAND FÜR NORMENSIEBE



KORNGRÖSSEN-CHARAKTERISTIK



ANALYSE VON MATERIALPROBEN DER BODENHILFSSTOFFE

	KALKSTEINMEHL	ZEOLITH
Chemische Zusammensetzung:		
% Feuchtigkeit (105°C)	0,3	2,5
% Glühverlust	43,2	5,6
% SiO ₂	0,3	66,9
% Al ₂ O ₃	0,1	13,1
% Fe ₂ O ₃	0,1	2,3
% CaO	54,9	2,8
% MgO	0,7	1,2
% K ₂ O	0,02	3,0
% SO ₃	0,0	0,2
% Mn ₂ O ₃	0,0	0,1
% TiO ₂	0,04	0,3
 Mineralogische Zusammensetzung:		
% Calcit	96	-
% Dolomit	3	-
Quarz	-	****
Heulandit	-	****
Albit	-	**
Phlogopit	-	*

GMUNDNER ZEMENTWERKE H. HATSCHEK AG Laboratorium

MYKORRHIZA- UND FEINWURZELUNTERSUCHUNGEN IM WALDSCHADENSGBIET GLEINGRABEN UND GLEINALPE (Stmk.).

Friederike Göbl

IV. VERSUCHE MIT TESTPFLANZEN, PROBEFLÄCHEN STADLMAIR 1988.

1. Problemstellung

Das Mykorrhizierungspotential von Böden ist für Aufforstungen waldloser Gebiete von wesentlichem Interesse und gewinnt zunehmend an Bedeutung für die Bewirtschaftung und Naturverjüngung von Beständen, deren Böden durch Schadstoffeinträge Veränderungen erfahren.

Da die mykorrhizabildende Pilzflora im Boden, dem jeweiligen Standort entsprechend, Unterschiede aufweist, ist für ihren Nachweis eine standardisierte und einfach anzuwendende Methode wünschenswert. Geeignet dafür erschien die Verwendung von Testpflanzen mit unverpilzten Wurzeln, an welchen eine Mykorrhizierung mit den vorhandenen Pilzen ohne die Konkurrenz bereits bestehender Mykorrhizen stattfinden kann.

Das Anzuchtssystem der Fa. HIKO (RAMSAUER 1987) ermöglicht eine Produktion von 1-jährigen Sämlingen mit gleichmäßiger Sproß- und Wurzelentwicklung, die zeitlich auf Versuchstermine abgestimmt werden kann. Durch Wahl bestimmter Substrate erfolgt eine gute Durchwurzelung der zapfenähnlichen Container mit den Maßen 8 x 4 cm, aber keine Mykorrhizierung. Das Pflanzverfahren mit einem speziellen Pflanzgerät gewährleistet einen unmittelbaren Kontakt der Wurzeln mit dem ungestörten Boden des Versuchsstandortes und damit ein einheitliches Versuchsmaterial.

Die nach einer Vegetationsperiode ausgewerteten Feinwurzel- und Mykorrhizamerkmale sollen mit entsprechenden Erhebungen anderer Standorte vergleichbar sein.

2 Versuchsanlage und Auswertung

Im Waldschadensgebiet Gleingraben wurde im Stadlmairwald Mitte Mai 1988 eine Versuchsparzelle mit entsprechenden 1-jährigen Sämlingen von Fichte der Herkunft Göss 90 I/6/9-14 eingerichtet. Sie liegt nahe der in Teil III beschriebenen Flächen (GÖBL 1990) und wurde für diesen Pilotversuch wegen bereits vorhandener guter Kenntnis der Mykorrhizen dieses Standorts gewählt.

100 Sämlinge wurden im engen Pflanzverband von 25 cm in den Boden eingesenkt, um die Verteilung von Mykorrhizatypen und Mykorrhizaschäden möglichst genau darzustellen.

Während der Vegetationsperiode wurden Stichproben, Mitte Oktober 25 regelmäßig auf der Fläche verteilte Pflanzen vorsichtig mit dem, den Wurzelzapfen umgebenden Boden entnommen. Die Wurzeln und Mykorrhizen wurden händisch präpariert. Folgende Merkmale wurden für jede Pflanze gesondert bearbeitet:

Häufigkeit von Feinwurzeln und deren Auswachsen in den umgebenden Boden; Turgeszenz der Wurzelspitzen; Art und Häufigkeit von Schäden.

Häufigkeit von Mykorrhizen; Art und Dominanz von Mykorrhizatypen; Fraßschäden an Mykorrhizen.

Die Bestimmung des Mykorrhizabesatzes erfolgte durch Zählung des Gesamtbesatzes sowie durch Zählung sämtlicher mykorrhizierter Spitzen beziehungsweise von Mykorrhizafragmenten mit erkennbarer Schädigung. Die Bezeichnung der Mykorrhizatypen und methodische Details sind von Teil III übernommen und nur fallweise ergänzt.

Die durchschnittliche Sproßlänge der Sämlinge betrug zu Versuchsbeginn 13,5 cm, zum Auswertungstermin 22 cm. Der Ausfall betrug 3 %.

3 Ergebnisse

Nach 5 Monaten Versuchsdauer waren von den Wurzelzapfen der untersuchten Pflanzen im Durchschnitt 7 neugebildete Langwurzeln in den Boden eingewachsen; 72 % davon hatten Längen zwischen 1 und 5 cm, 28 % davon Längen über 5 cm. Die hellen Spitzen wiesen häufig Fraßschäden auf.

Die Differenzierung der Mykorrhizen erfolgte ab Mitte August, Mitte September schwankte ihre Anzahl zwischen 130 und 1300. Zum Entnahmeterrn Mitte Oktober waren Mykorrhizen an jeder untersuchten Wurzel ausgebildet. Es wurde ein Mittelwert von 1.395 und die hohe Standardabweichung von 758 bestimmt. Die auffallende Streuung dürfte auf einen unterschiedlichen Zeitpunkt der Mykorrhizierung einzelner Pflanzen zurückzuführen sein.

Der Anteil der Fraßschäden an Mykorrhizen beziehungsweise -Fragmenten (Abbildung 1) betrug 42 % bei einer Standardabweichung von 6,3 und entspricht damit einer starken und ziemlich gleichmäßigen Schädigung für den Zeitraum der Vegetationsperiode.

An 20 % der untersuchten Wurzeln war der für das Waldschadensgebiet Gleingraben typische, durch Fraßschäden bedingte, dichte und kammförmige Wuchs unverzweigter Mykorrhizen festzustellen. Fraßschäden waren vorwiegend an älteren Mykorrhizen zu beobachten, während Neubildungen weniger Verletzungen aufwiesen.

Mykorrhizatypen, die am Versuchsstandort Stadlmair häufig vorhanden sind (Beschreibungen in Teil III), waren auch an den Wurzeln der Testpflanzen am häufigsten vertreten.

96 % der untersuchten Wurzeln wiesen den Typ mit weißem, glatten Pilzmantel und vereinzelt abstrahlenden, glatten Hyphensträngen und reicher Verzweigung auf; bei insgesamt 44 % hatte dieser Typ eindeutig Dominanz. Gelbbraune Mykorrhizen mit dicken Achsen und matter Oberfläche waren an 52 % der unter-

suchten Wurzeln vorhanden, an 16 % vorherrschend.

Die Verteilung der beiden angeführten Typen ergab für die weißen Mykorrhizen das typische flächige, diffuse Verteilungsmuster, für die gelbbraunen Mykorrhizen das typische gruppenweise Auftreten in relativ scharf begrenzten Sektoren.

Insgesamt wurden 16 verschiedene Typen an den Wurzeln der Testpflanzen festgestellt, eine Zahl, die sich mit Typenbestimmungen in den anderen Versuchsflächen des Stadlmairwaldes deckt. 60 % der Wurzeln waren mit 2 bis 3 verschiedenen Typen besetzt, 40 % mit 4 bis 6.

4 Zusammenfassung

1-jährige, nicht mykorrhizierte Sämlinge der Fa. HIKO wurden im Waldschadensgebiet Gleingraben als Testpflanzen für eine Inventur der natürlichen mykorrhizabildenden Pilzpopulation im Boden verwendet. Nach einer Versuchsdauer von 5 Monaten waren alle Pflanzen mykorrhiziert. 16 verschiedene Mykorrhizotypen zeigen eine gute Versorgung des Bodens mit mykorrhizabildenden Pilzen an.

42 % der Mykorrhizen wiesen Fraßschäden auf, die der Schädigung für die Vegetationsperiode 1988 entsprechen.

Durch den engen Pflanzverband von 25 cm konnten auch Hinweise bezüglich Dominanz und Verteilung einzelner Typen gewonnen werden. Vergleiche mit vorhandenen Mykorrhizauntersuchungen im Bereich der Untersuchungsfläche haben gezeigt, daß sich die beschriebene Methode für eine Bestimmung des Mykorrhizierungspotentials von Böden eignet.

5 Literatur

- GÖBL, F., 1989: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 171-220.
- GÖBL, F., 1990: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). III. Versuche mit Bodenhilfsstoffen, Probefläche Stadlmair 1989. Mitt.d.Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien (siehe S. 5-31).
- RAMSAUER, R., 1987: Revolution der Aufforstung durch HIKO - Containerpflanzen. Österr. Forstzeitung, 3, 24-25.



Abbildung 1: Fraßschäden an Mykorrhizen der Testpflanzen



Abbildung 2: Dominanter Mykorrhizotyp der Versuchsfläche Stadlmair.

FORSTPATHOLOGISCHE ERHEBUNGEN IM GEBIET DER GLEIN (I)

WURZEL- UND STAMMFÄULEUNTERSUCHUNGEN AN FICHTEN

Christian Tomiczék

1 Einleitung

Eine vor rund 10 Jahren vom Institut für Forstschutz der Forstlichen Bundesversuchsanstalt im Bereich der Gleinalpe durchgeführte Schälschadensuntersuchung wies in der Altersklasse II (41 - 60 Jahre) mehr als 60 % aller untersuchten Bäume als geschält aus.

Ende der Siebziger-Anfang der Achzigerjahre registrierte man im Untersuchungsgebiet einen deutlichen Anstieg des jährlichen Schadhölzanfalles (vgl. DONAUBAUER, 1989).

GÖBL (1989) fand im gesamten Gebiet des Gleingrabens schwere Schäden an Feinwurzeln und Mykorrhizen. Eine Reihe von Voruntersuchungen haben gezeigt, daß die Fichtenwurzeln der Glein, teilweise durch Viehtritt infolge früherer Weidebelastung und Bringung, geschädigt sind.

2 Problemstellung

Die vorliegende Studie soll einen Beitrag zur Klärung der Frage liefern, in welchem Ausmaß Wurzel- und Stammfäulen am Krankheitssyndrom der Fichte im Gleinalmgebiet beteiligt sind.

3 Methodik

An verschiedenen Standorten, Expositionen und Höhenstufen im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 16 Baumpaare, bestehend aus 16 grünen, vital aussehenden Plusbäumen und 16 vergilbten, schwach benadelten, aber noch lebenden Minusbäumen, ausgewählt.

Die Baumpaare stockten jeweils auf vergleichbaren Standorten in unmittelbarer Nachbarschaft und gehörten der herrschenden bzw. mitherrschenden Klasse an. Für jeden Baum wurden äußerlich erkennbare, mechanische Schäden und BHD erhoben. Nach der Fällung wurde das Alter bestimmt, 3 Stammscheiben (Bodennähe, in 130 cm und Kronendrittel) je Baum entnommen, die Hauptwurzeln freigelegt und jeweils eine Holzprobe je Hauptwurzel gewonnen.

Unmittelbar nach der Probenahme wurden die Holzproben (Stamm- und Wurzelproben) in fließendem Wasser gereinigt, mit Äthylalkohol (96 %ig) besprüht und kurz abgeflammt. Der Transport der Holzproben erfolgte in Zeitungspapier gewickelt. Bei der nachfolgenden Untersuchung im Labor wurde zunächst nach optischen Kriterien (Verfärbungszonen im Holz, Strukturveränderungen etc.) unterschieden, ob die Wurzel- oder Stammprobe Fäulebefall aufweist oder nicht. Anschließend wurde die Ausdehnung der Fäule am Holzquerschnitt durch Bestimmung des Fäuleprozentes nach der Formel

$$FL(\%) = \frac{F2 \times 100}{F1}$$

F1 = Fläche der gesamten Stamm/Wurzelscheibe
F2 = Fläche der Fäuleausdehnung

quantifiziert.

Die Bestimmung der Beteiligung von *Heterobasidion annosum* an den vorgefundenen Holzfäulen erfolgte durch Identifizierung des charakteristischen *S p i n i g e r s*.

Ergebnisse der Auswertung der Holzquerschnitte

Von den 96 untersuchten Stammscheiben wiesen (jeweils 3 Scheiben pro Baum in Bodennähe, in BHD und Kronenbereich) insgesamt 31 Proben eine Kern- oder eine Wundfäule auf.

Bei Vergleich der Baumpaare untereinander fällt auf, daß nur 3 der 31 Proben mit "Fäule" den sogenannten "Plusbäumen" zugeordnet werden können. Keine einzige Stammprobe aus dem Kronenbe-

reich wies Fäule auf.

Tabelle 1: Verteilung der Fäuleverursacher im Stammbereich

Ursache	Prozent
Wurzelfäule	88 %
Wundfäule	6 %
unbekannt	6 %

Wie aus Tabelle 1 ersichtlich, sind Wurzel- und Wundfäulen nach Schäl- bzw. Rückeschäden mit insgesamt 94 % die Hauptverursacher der Stammfäulen der 16 untersuchten Baumpaare in der Glein.

An zwei Drittel der Stammscheiben und Wurzelproben mit "Fäule" konnte die Beteiligung von *Heterobasidion annosum* nachgewiesen werden.

Bei rund der Hälfte der fäulebefallenen Stammscheiben reichte die Fäule bereits bis zum Phloem. Erwähnenswert ist auch der Nachweis von *Ceratocystis* sp. an einzelnen Stammscheiben, der zu einer weiteren Beeinträchtigung der Wasser- und Nährstoffleitung beigetragen haben könnte.

Insgesamt wurden bei den 32 untersuchten Fichten 158 Hauptwurzeln durch Grabung freigelegt und auf Fäule analysiert. Während nur 9 der 76 Wurzeln von sog. "Plusbäumen" Fäulezonen im Holz aufwiesen, waren 84 % der untersuchten Hauptwurzeln der "Minusbäume" von Fäulepilzen und Bakterien geschädigt.

In weiteren Untersuchungen ist beabsichtigt zu klären, ob nicht Pilztoxine und Abwehrreaktionen der betroffenen Bäume infolge Fäule in Wurzeln und Stamm als Hauptursache des Krankheitssymptoms der Fichte in der Glein anzusehen sind, bzw. Nährstoffaufnahme und -transportprobleme die vorhandenen Stickstoff- und Kalidefizite in den Nadeln (vgl. STEFAN, 1989) induziert haben.

4 Literatur

- DONAUBAUER, E., 1989: Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet.
Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 5-9.
- GÖBL, F., 1989: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Steiermark).
Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/I, 171-220.
- STEFAN, K., 1989: Ergebnisse chemischer Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet Glein.
Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, 163/II, 289-339.

Tabelle 2: Zustand und Daten der untersuchten Fichten

Baum Nr./ Baumpaar	Zustand	Alter	BHD	Standort	Exposition	mechanische Stamm Wurzelschäden
1 I	Plusbaum	30	7,5	Rotmeier	SW	keine Schäden
2	Minusbaum	30	8,5	Rotmeier	SW	keine Schäden
3 II	Minusbaum	60	11,5	Rotmeier	NO	Schälschäden
4	Plusbaum	60	11,5	Rotmeier	NO	Schälschäden, Trittschäden
5 III	Minusbaum	55	14,0	Kaiserwald	NO	Schälschäden, Trittschäden
6	Plusbaum	55	16,0	Kaiserwald	NO	Schälschäden
7 IV	Minusbaum	60	18,0	Wassergraben	O	Schälschäden
8	Plusbaum	60	18,0	Wassergraben	O	keine Schäden
9 V	Minusbaum	35	12,5	Wassergraben	W	Schälschäden
10	Plusbaum	35	11,5	Wassergraben	W	keine Schäden
11 VI	Minusbaum	50	12,5	Hexenkreuzung	W	keine Schäden
12	Plusbaum	50	12,5	Hexenkreuzung	W	keine Schäden
13 VII	Minusbaum	38	13,5	Hexenkreuzung	SO	Rückeschäden
14	Plusbaum	38	13,5	Hexenkreuzung	SO	keine Schäden
15 VIII	Minusbaum	64	15,0	Rotmeier	S	Trittschäden
16	Plusbaum	64	14,5	Rotmeier	S	keine Schäden
17 IX	Minusbaum	10	3,0	Fertilonfl.	S	Versetzfehler
18	Plusbaum	10	3,0	Fertilonfl.	S	keine Schäden
19 X	Minusbaum	80	20,0	nähe Rotmeier	SO	Rückeschäden
20	Plusbaum	80	21,0	nähe Rotmeier	SO	keine Schäden

Fortsetzung Tabelle 2:

21	XI	Minusbaum	35	14,0	Hexenkreuzung	SO	Schälschäden, Trittschäden
22		Plusbaum	35	16,0	Hexenkreuzung	SO	keine Schäden
23	XII	Minusbaum	70	17,5	Hexenkreuzung	W	Schälschäden
24		Plusbaum	70	16,5	Hexenkreuzung	W	Rückeschäden
25	XIII	Minusbaum	30	10,0	Hexenkreuzung	S	Schälschäden
26		Plusbaum	30	13,0	Hexenkreuzung	S	keine Schäden
27	XIV	Minusbaum	40	14,0	Wassergraben	W	Schälschäden
28		Plusbaum	40	14,0	Wassergraben	W	keine Schäden
29	XV	Plusbaum	30	11,0	Wassergraben	O	Stammwunde(alt)
30		Minusbaum	30	14,0	Wassergraben	O	Schälschäden
31	XVI	Minusbaum	65	16,0	Rotmeier	SO	Schälschäden
32		Plusbaum	65	19,5	Rotmeier	SO	keine Schäden

Tabelle 3: Ergebnisse der Fäuleuntersuchung an Fichten der Glein

Baum Nr.	Probe Nr.	Fäule	Fäuleprozent am Querschnitt	Spiniger/Fomes	Anmerkungen
1+	St 1/1	nein	0	nein	
	St 1/2	nein	0	nein	
	St 1/3	nein	0	nein	
	W 1/1	nein	0	nein	
	W 1/2	nein	0	nein	
	W 1/3	nein	0	nein	
2-	St 2/1	ja	< 5%	nein	
	St 2/2	nein	0	nein	
	St 2/3	nein	0	nein	

Fortsetzung von Tabelle 3:

	W 2/1	nein	0	nein	
	W 2/2	nein	0	nein	
	W 2/3	nein	0	nein	
	W 2/4	nein	0	nein	
3-	St 3/1	ja	56%	ja	
	St 3/2	ja	69%	ja	
	St 3/3	nein	0	nein	
	W 3/1	ja	< 5%	ja	
	W 3/2	ja	25%	ja	
	W 3/3	ja	49%	ja	
	W 3/4	ja	48%	ja	
	W 3/5	ja	20%	ja	
	W 3/6	ja	28%	ja	
4+	St 4/1	ja	16%	nein	Wundfäule von Schälw.ausgehend
	St 4/2	ja	64%	nein	- " -
	St 4/3	nein	0	nein	
	W 4/1	ja	13%	?	
	W 4/2	ja	2%	?	
	W 4/3	nein	0	nein	
5-	St 5/1	ja	71%	ja	
	St 5/2	ja	80%	ja	
	St 5/3	nein	0	nein	
	W 5/1	ja	100%	ja	
	W 5/2	ja	44%	ja	
	W 5/3	ja	100%	ja	
6+	St 6/1	nein	0	nein	
	St 6/2	nein	0	nein	
	St 6/3	nein	0	nein	
	W 6/1	nein	0	nein	
	W 6/2	nein	0	nein	
	W 6/3	ja	5%	nein	

Fortsetzung von Tabelle 3:

7-	St 7/1	ja	7%	?	Wundfäule von Schälw.ausgehend
	St 7/2	ja	92%	nein	
	St 7/3	nein	0	nein	
	W 7/1	ja	<5%	nein	
	W 7/2	ja	1%	nein	
	W 7/3	ja	26%	?	
	W 7/4	ja	34%	?	
	W 7/5	ja	6%	?	
	W 7/6	ja	11%	?	
	W 7/7	ja	12%	?	
W 7/8	ja	5%	?		
8+	St 8/1	nein	0	nein	
	St 8/2	nein	0	nein	
	St 8/3	nein	0	nein	
	W 8/1	nein	0	nein	
	W 8/2	ja	16%	?	
	W 8/3	nein	0	nein	
	W 8/4	nein	0	nein	
	W 8/5	nein	0	nein	
9-	St 9/1	ja	76%	nein	
	St 9/2	ja	34%	nein	
	St 9/3	nein	0	nein	
	W 9/1	ja	24%	nein	
	W 9/2	nein	0	nein	
	W 9/3	nein	0	nein	
	W 9/4	nein	0	nein	
	W 9/5	nein	0	nein	
	W 9/6	nein	0	nein	
	W 9/7	nein	0	nein	
10+	St10/1	nein	0	nein	
	St10/2	nein	0	nein	

Fortsetzung von Tabelle 3:

	St10/3	nein	0	nein
	W 10/1	nein	0	nein
	W 10/2	nein	0	nein
	W 10/3	nein	0	nein
	W 10/4	ja	9%	nein
	W 10/5	nein	0	nein
	W 10/6	ja	2%	nein
	W 10/7	nein	0	nein
11-	St11/1	ja	79%	ja
	St11/2	ja	41%	ja
	St11/3	nein	0	nein
	W 11/1	ja	93%	ja
	W 11/2	ja	30%	ja
	W 11/3	ja	39%	ja
	W 11/4	ja	12%	ja
	W 11/5	ja	83%	ja
12+	St12/1	nein	0	nein
	St12/2	nein	0	nein
	St12/3	nein	0	nein
	W 12/1	ja	60%	ja
	W 12/2	nein	0	nein
	W 12/3	nein	0	nein
	W 12/4	nein	0	nein
13-	St13/1	ja	85%	ja
	St13/2	ja	51%	ja
	St13/3	nein	0	nein
	W 13/1	ja	100%	ja
	W 13/2	ja	69%	ja
	W 13/3	ja	100%	ja
	W 13/4	ja	69%	ja
	W 13/5	ja	3%	ja
14+	St14/1	nein	0	nein

Fortsetzung von Tabelle 3:

	St14/2	nein	0	nein
	St14/3	nein	0	nein
	W 14/1	nein	0	nein
	W 14/2	nein	0	nein
	W 14/3	nein	0	nein
	W 14/4	nein	0	nein
	W 14/5	nein	0	nein
	W 14/6	nein	0	nein
	W 14/7	nein	0	nein
15-	St15/1	ja	50%	ja
	St15/2	nein	0	ja
	St15/3	nein	0	ja
	W 15/1	ja	48%	ja
	W 15/2	ja	59%	ja
	W 15/3	ja	100%	ja
	W 15/4	ja	55%	ja
	W 15/5	ja	1%	?
	W 15/6	ja	19%	ja
16+	St16/1	nein	0	nein
	St16/2	nein	0	nein
	St16/3	nein	0	nein
	W 16/1	nein	0	nein
	W 16/2	nein	0	nein
	W 16/3	nein	0	nein
	W 16/4	nein	0	nein
17-	St17/1	nein	0	nein
	St17/2	nein	0	nein
	St17/3	nein	0	nein
	W 17/1	ja	48%	ja
	W 17/2	nein	0	nein
	W 17/3	ja	71%	ja
18+	St18/1	nein	0	nein

Fortsetzung von Tabelle 3:

	St18/2	nein	0	nein
	St18/3	nein	0	nein
	W 18/1	nein	0	nein
	W 18/2	nein	0	nein
19-	St19/1	ja	82%	ja
	St19/2	ja	70%	ja
	St19/3	nein	0	nein
	W 19/1	ja	21%	ja
	W 19/2	ja	100%	ja
	W 19/3	ja	100%	ja
	W 19/4	ja	8%	ja
	W 19/5	ja	58%	ja
	W 19/6	ja	38%	ja
20+	St20/1	nein	0	nein
	St20/2	nein	0	nein
	St20/3	nein	0	nein
	W 20/1	ja	4%	nein
	W 20/2	nein	0	nein
	W 20/3	nein	0	nein
	W 20/4	ja	<1%	nein
	W 20/5	nein	0	nein
	W 20/6	nein	0	nein
21-	St21/1	ja	81%	ja
	St21/2	ja	60%	ja
	St21/3	nein	0	nein
	W 21/1	ja	93%	ja
	W 21/2	ja	58%	ja
	W 21/3	ja	100%	ja
	W 21/4	ja	100%	ja
	W 21/5	ja	24%	ja
22+	St22/1	nein	0	nein
	St22/2	nein	0	nein

Fortsetzung von Tabelle 3:

	St22/3	nein	0	nein	
	W 22/1	nein	0	nein	
	W 22/2	nein	0	nein	
	W 22/3	nein	0	nein	
	W 22/4	nein	0	nein	
	W 22/5	nein	0	nein	
	W 22/6	nein	0	nein	
23-	St23/1	ja	86%	ja	
	St23/2	ja	40%	ja	
	St23/3	nein	0	nein	
	W 23/1	ja	29%	ja	Trittschaden, Bakterienexudat
	W 23/2	ja	58%	ja	- " -
	W 23/3	ja	44%	ja	
	W 23/4	ja	100%	ja	
	W 23/5	ja	38%	ja	
	W 23/6	ja	58%	ja	
24+	St24/1	ja	<5%	nein	Fäule m. Beteili- gung v. Bakterien (Coccen)
	St24/2	nein	0	nein	
	St24/3	nein	0	nein	
	W 24/1	nein	0	nein	
	W 24/2	nein	0	nein	
	W 24/3	nein	0	nein	
	W 24/4	nein	0	nein	
25-	St25/1	ja	90%	ja	Ceratocystis beteiligt
	St25/2	ja	28%	ja	- " -
	St25/3	nein	0	nein	
	W 25/1	nein	0	nein	
	W 25/2	ja	8%	?	
	W 25/3	ja	71%	ja	

Fortsetzung von Tabelle 3:

	W 25/4	ja	40%	ja	
	W 25/5	ja	84%	ja	
26+	St26/1	nein	0	nein	
	St26/2	nein	0	nein	
	St26/3	nein	0	nein	
	W 26/1	nein	0	nein	
	W 26/2	nein	0	nein	
	W 26/3	nein	0	nein	
	W 26/4	nein	0	nein	
	W 26/5	nein	0	nein	
27-	St27/1	ja	87%	ja	
	St27/2	ja	94%	ja	
	St27/3	nein	0	nein	
	W 27/1	ja	47%	ja	Ceratocystis
	W 27/2	ja	100%	ja	- " -
	W 27/3	ja	63%	ja	- " -
	W 27/4	ja	30%	ja	
28+	St28/1	nein	0	nein	Ceratocystis
	St28/2	nein	0	nein	- " -
	St28/3	nein	0	nein	
	W 28/1	nein	0	nein	
	W 28/2	nein	0	nein	
	W 28/3	nein	0	nein	
	W 28/4	nein	0	nein	
	W 28/5	nein	0	nein	
	W 28/6	nein	0	nein	
	W 28/7	nein	0	nein	
	W 28/8	nein	0	nein	
29+	St29/1	nein	0	nein	
	St29/2	nein	0	nein	
	St29/3	nein	0	nein	lokale Braun- verfärbung

Fortsetzung von Tabelle 3:

	W 29/1	nein	0	nein	
	W 29/2	nein	0	nein	
	W 29/3	nein	0	nein	
	W 29/4	nein	0	nein	
	W 29/5	nein	0	nein	
30-	St30/1	ja	85%	nein	
	St30/2	ja	70%	nein	
	St30/3	nein	0	nein	
	W 30/1	ja	90%	nein	
	W 30/2	ja	53%	nein	Trittschaden, Trichoderma, Bakterien
	W 30/3	ja	67%	nein	
	W 30/4	ja	7%	nein	
	W 30/5	ja	49%	nein	
31-	St31/1	ja	85%	nein	
	St31/2	ja	64%	nein	gr. Schälwunde
	St31/3	nein	0	nein	
	W 31/1	nein	0	nein	
	W 31/2	ja	47%	nein	
	W 31/3	ja	100%	nein	
	W 31/4	ja	44%	nein	
32+	St32/1	nein	0	nein	
	St32/2	nein	0	nein	
	St32/3	nein	0	nein	
	W 32/1	nein	0	nein	
	W 32/2	nein	0	nein	
	W 32/3	nein	0	nein	
	W 32/4	nein	0	nein	

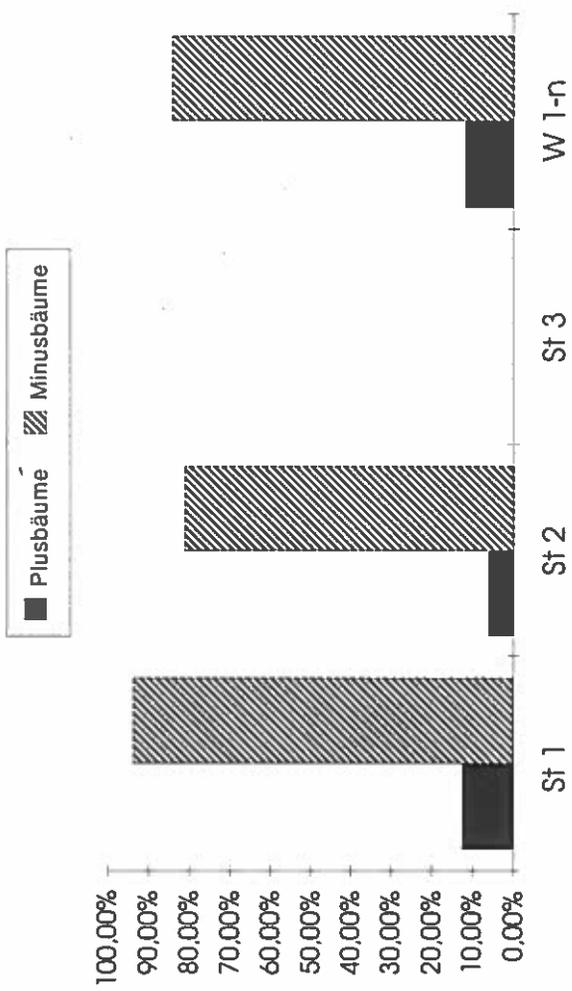
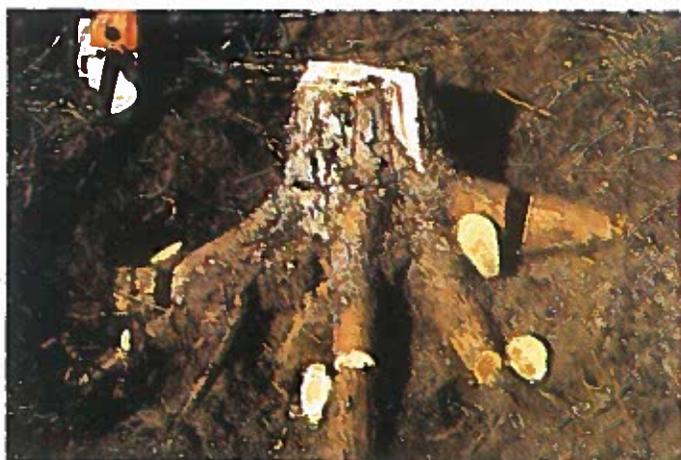


Abbildung 1: Fäuleprozentage der Stamm- und Wurzelproben

Legende zu den Fotos:

- 1: Entnahme der Holzproben aus dem Wurzelstock
- 2: Trittschaden durch Weidevieh an einer Wurzel
- 3: Wurzelfäule nach einem Trittschaden
- 4: Wurzelfäule nach einem Trittschaden
- 5: Fortgeschrittene Wurzelfäule
- 6: Ungeschädigte Fichtenwurzel
- 7: Rotfäule durch *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.
- 8: Charakteristische Spiniger von *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.

1



2



3





4



5

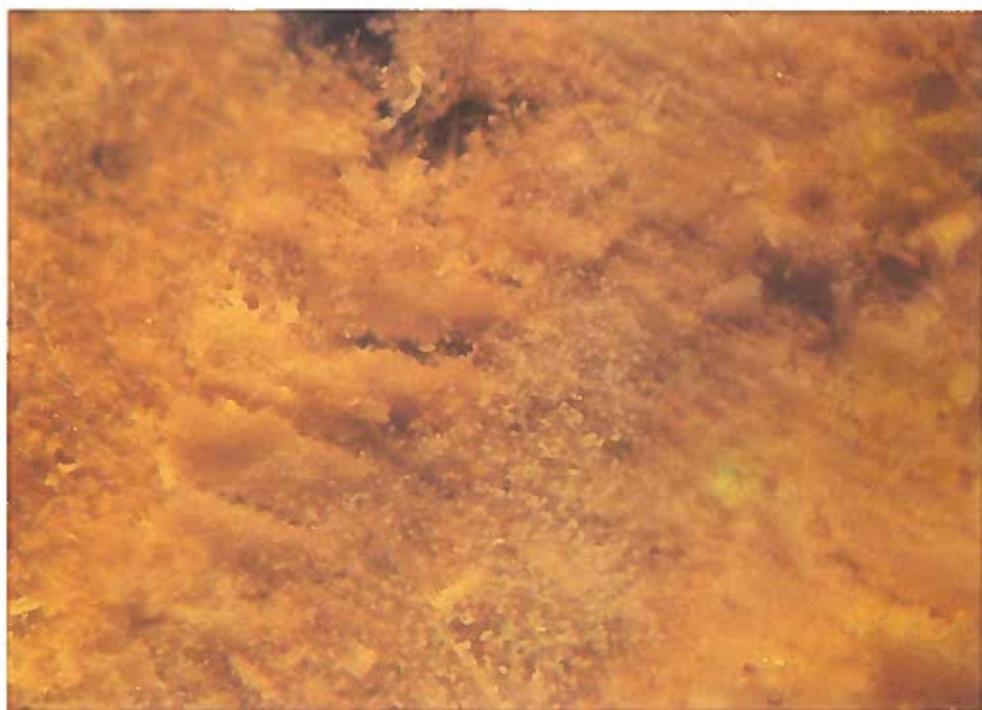


6

7



3



FORSPATHOLOGISCHE ERHEBUNGEN IM GEBIET DER GLEIN (II)

BESTIMMUNG DES WASSERGEHALTES IM HOLZ UNTERSCHIEDLICH VITALER FICHTEN UND ZUSAMMENHÄNGE MIT DER ELEKTRISCHEN LEITFÄHIGKEIT IM SPLINT

Christian Tomiczek

1 Einleitung

Eine Reihe von Untersuchungen der jüngsten Vergangenheit bestätigten den Zusammenhang vergleichsweise geringer Wassergehalte und Splintholzbreiten bei geschwächten Bäumen (AZMUTAT et al. 1986, BAUCH 1979, FRÜHWALD et al. 1984, HAPLA 1986, KUCERA 1984 u. 1989, RADEMACHER et al. 1986, SCHNELL et al. 1987, SCHULZ 1986).

FRÜHWALD et al. (1984) und RADMACHER et al. (1986) stellten an sehr kranken Fichten (Schadensklasse 3) im inneren Splintbereich einen - im Vergleich zu gesunden Bäumen - um rund ein Drittel bis zur Hälfte verminderten Wassergehalt fest. Dadurch lag auch der mittlere Splint-Wassergehalt kranker Bäume deutlich tiefer als bei gesunden Vergleichsindividuen.

Demgegenüber betrug die mittlere Differenz der Wassergehalte des Splintholzes bei den von SCHNELL et al. (1987) untersuchten Bäumen nur 2 - 15 %.

Durch die Versorgung der Baumkrone mit Wasser und Nährstoffen über den lebenden Splint einerseits und den Einfluß der Photosynthese auf die Ausbildung des Splintholzes andererseits, ergibt sich eine wechselwirkende Beziehung zwischen Baumkrone und Splintholz. Demzufolge ist der Wassergehalt im Splintholz, sowie die Anzahl und Breite der für den Wassertransport zur Verfügung stehenden Leitungsbahnen im Splint ein ausgezeichnete Parameter zur Beurteilung des aktuellen Vitalitätszustandes eines Baumes innerhalb eines Kollektives.

2 Problemstellung

Ziel der vorliegenden Studie war es, die in Vorversuchen (vgl. TOMICZEK, 1989) festgestellten Unterschiede der elektrischen Leitfähigkeit von Fichten mit erheblichen oder ohne erkennbare Schadenssymptome (Vergleich Plus- und Minusbäume) den Wassergehalten von Bohrkernen derselben Bäume gegenüberzustellen.

3 Methodik

An 3 verschiedenen Standorten der Glein wurden insgesamt 12 Minusbäume (mit erheblichen Schadenssymptomen) und 13 Plusbäume (ohne erkennbare Schadenssymptome) vergleichbarer BHD-Klassen ausgewählt und deren elektrische Leitfähigkeit mittels Digitalimpulsstromgerät (Conditionometer AS-1) an 4 Meßstellen im BHD-Bereich in der bereits mehrfach beschriebenen Art und Weise bestimmt (vgl. TOMICZEK, 1989).

Anschließend wurde pro Baum je ein Bohrkern (Länge: 35 mm, \varnothing = 6 mm, Probegröße entspricht ca. 1 cm³ Holz) nord- und südseitig aus dem Stammbereich (BHD) mittels Zuwachsbohrer entnommen, in Plastiksäckchen verpackt und innerhalb weniger Stunden das Frischgewicht aller Bohrspäne bestimmt. Nach Trocknung der Bohrspänproben bei 130°C bis zur Gewichtskonstanz (Darrtrocknung) wurde das Darrgewicht ermittelt und aus der Differenz Frischgewicht minus Darrgewicht der Wassergehalt je Probe errechnet.

4 Ergebnisse

Der Mittelwert der elektrischen Widerstände (vgl. Tab. 2) aller Plusbäume lag mit 13,462 KOhm signifikant niedriger als der der Minusbäume (23,378 KOhm).

Während die Darrgewichte der Holzproben der Minusbäume (0,326 g = Mittelwert der Minusbäume) sich nur geringfügig von den Plusbäumen (0,311 = Mittelwert der Plusbäume) unterschieden, zeig-

ten die Frischgewichte (0,658 g = Mittelwert der Minusbäume und 0,800 = Mittelwert der Plusbäume) signifikante Unterschiede. Der Mittelwert der errechneten Wassergehalte (vgl. Tab. 2) der Plusbäume lag mit 0,484 g nahezu 50 % höher als der Mittelwert der Minusbäume (0,332 g).

Der mittels Doppelnadelsonde und Impulsstromgerät (Conditionimeter AS-1) ermittelte elektrische Widerstand der untersuchten Probestämme (Plusbäume, Minusbäume) steht in engem Zusammenhang mit den errechneten Wassergehalten (vgl. hierzu Abb. 1).

5 Schlußfolgerung

Die in dieser Studie erzielten Ergebnisse decken sich weitgehend mit denen anderer Autoren. FRÜHWALD et al. (1984) und RADEMACHER et al. (1986) fanden bei sehr kranken Fichten im inneren Splint einen deutlich verminderten Wassergehalt. An den untersuchten Probestämmen der Glein wurde nachgewiesen, daß der elektrische Widerstand im Holz weitgehend mit den Wassergehalten im Splint korreliert und somit einen empfindlichen Indikator für den Nachweis der Erkrankung von Bäumen darstellt. Zur selben Auffassung gelangte auch BAUCH et al. (1979), der die Wassergehalte und elektrischen Widerstände von 30 Tannen untersuchte.

6 Literatur

- AZMUTAT, H., CH. KOLTZENBURG u. W.J. WEISS, 1986: Untersuchungen der Holzeigenschaften von Fichte und Buche aus immisionsexponierten Beständen von Hils und Solling. Holz Rohwerkstoff 44 (1986) 8: 301.
- BAUCH, J., P. KLEIN, A. FRÜHWALD und H. BRILL, 1979: Alterations of wood characteristics in *Abies alba* Mill. due to "fir-dying" and considerations concerning its origin. Eur.J.For.Path. 9 (1979) 321-331.

- FRÜHWALD, A., J. BAUCH u. H. GÖTTSCHE-KÜHN, 1984: Holzeigenschaften von Fichten aus Waldschadensgebieten.
Holz Rohwerkstoff 42 (1984): 441-449.
- HAPLA, F., 1986: Splint- und Kernanteile an Kiefer unterschiedlicher Immissionsschadstufen.
Holz Rohwerkstoff 44 (1986) 9: 361.
- KUCERA, L.J., 1984: Waldsterben: Holzeigenschaften - Holzqualität.
SAH-Bull. 12, 4: 28 S.
- KUCERA, L.J., 1989: Biologische und technologische Eigenschaften des Holzes geschädigter Fichten.
Schweiz.Z.Forstw. 140 (1989) 3: 203-215.
- RADEMACHER, P., J. BAUCH u. J. PULS, 1986: Biological and chemical investigations of the wood from pollution-affected spruce (*Picea abies* Karst.)
Holzforschung 40 (1986) 6: 331-338.
- SCHNELL, G.R., M.ARNOLD u. J. SELL, 1987: Der Wasserhaushalt unterschiedlich vitaler Fichten und Tannen.
Schweiz.Z.Forstw., 138 (1987) 11: 963-992.
- SCHULZ, H., 1986: Festigkeit und Wassergehalt in Fichten, Kiefern und Buchen unterschiedlicher Schadstufen.
Holz Rohwerkstoff 44 (1986) 8: 300-301.
- TOMICZEK, CH., 1989: Leitfähigkeit, Ast- und Nadelbiometrie von Fichten im Schadgebiet Gleinalpe.
Mitt.d.Forstl.Bundesversuchsanstalt, Wien, 163/II, 357-384

Tabelle 1: Daten zu den untersuchten Einzelbäumen

Baum Nr.	Standort	BHD	el.Widerst. KOhm	opt.Einst.	Frisch-gew.	Trocken-gew.	Wassergehalt
1	V-VII Akl. Wassergr.	37	12,5	+	0,82 g 0,80 g	0,32 g 0,31 g	0,50 g 0,49 g
2	"	38	13	+	0,80 g 0,75 g	0,35 g 0,32 g	0,45 g 0,43 g
3	"	37	12	+	0,83 g 0,82 g	0,31 g 0,31 g	0,52 g 0,51 g
4	"	40	17,5	-	0,72 g 0,68 g	0,34 g 0,32 g	0,38 g 0,36 g
5	"	42	12,5	+	0,75 g 0,80 g	0,28 g 0,30 g	0,47 g 0,50 g
6	"	37	25	-	0,57 g 0,70 g	0,26 g 0,29 g	0,31 g 0,41 g
7	"	39	12,5	+	0,78 g 0,77 g	0,29 g 0,30 g	0,49 g 0,47 g
8	"	42	19	-	0,60 g 0,55 g	0,31 g 0,30 g	0,29 g 0,25 g
9	"	29	12,5	+	0,87 g 0,78 g	0,32 g 0,30 g	0,55 g 0,48 g
10	"	32	28,5	-	0,58 g 0,70 g	0,29 g 0,32 g	0,29 g 0,38 g

Fortsetzung von Tabelle 1:

11	Hexenkr. III.Akl.	17	15	+	0,83 g 0,78 g	0,33 g 0,30 g	0,50 g 0,48 g
12	"	16	24	-	0,74 g 0,70 g	0,39 g 0,34 g	0,35 g 0,36 g
13	"	13	34	-	0,41 g 0,40 g	0,33 g 0,22 g	0,08 g 0,08 g
14	"	17	17	+	0,77 g 0,77 g	0,34 g 0,34 g	0,43 g 0,43 g
15	"	15	24	-	0,70 g 0,70 g	0,29 g 0,32 g	0,41 g 0,38 g
16	"	18	14,5	+	0,83 g 0,81 g	0,31 g 0,30 g	0,52 g 0,51 g
17	"	16	15	+	0,78 g 0,80 g	0,30 g 0,33 g	0,48 g 0,47 g
18	"	15	26,5	-	0,72 g 0,68 g	0,34 g 0,33 g	0,38 g 0,35 g
19	"	19	14	+	0,79 g 0,82 g	0,30 g 0,31 g	0,49 g 0,51 g
20	"	14	27	-	0,75 g 0,70 g	0,35 g 0,34 g	0,40 g 0,36 g

Fortsetzung von Tabelle 1:

21	Kaiserw. V-VI.Akl.	32	12	+	0,82 g 0,80 g	0,32 g 0,30 g	0,50 g 0,50 g
22	"	38	12,5	+	0,83 g 0,80 g	0,31 g 0,30 g	0,52 g 0,50 g
23	"	40	18	-	0,72 g 0,69 g	0,33 g 0,32 g	0,39 g 0,37 g
24	"	33	17,5	-	0,72 g 0,70 g	0,34 g 0,34 g	0,38 g 0,36 g
25	"	39	19	-	0,64 g 0,66 g	0,32 g 0,33 g	0,32 g 0,33 g

Vitalitätsansprache nach optischen Kriterien:

+ Plusbaum, voll benadelt, grün, ohne Schadsymptome

- Minusbaum, Nadelverlust, vergilbt, mit deutlichen Schadsymptomen

Tabelle 2: Mittelwerte der elektrischen Widerstände, Frisch- und Trockengewichte, sowie der Wassergehalte der untersuchten Fichten der Glein.

Gruppe	Widerstand	Frischgewicht	Trockengewicht	Wassergehalt
gesamt	18,220	0,732	0,318	0,414
Plusbäume gesamt	13,462	0,800	0,311	0,484
Minusbäume gesamt	23,378	0,658	0,326	0,332
Plusbäume BHD \leq 28	15,1	0,798	0,316	0,482
Plusbäume BHD $>$ 29	12,437	0,801	0,308	0,493
Minusbäume BHD \leq 28	27,2	0,656	0,341	0,315
Minusbäume BHD $>$ 29	20,643	0,659	0,315	0,344

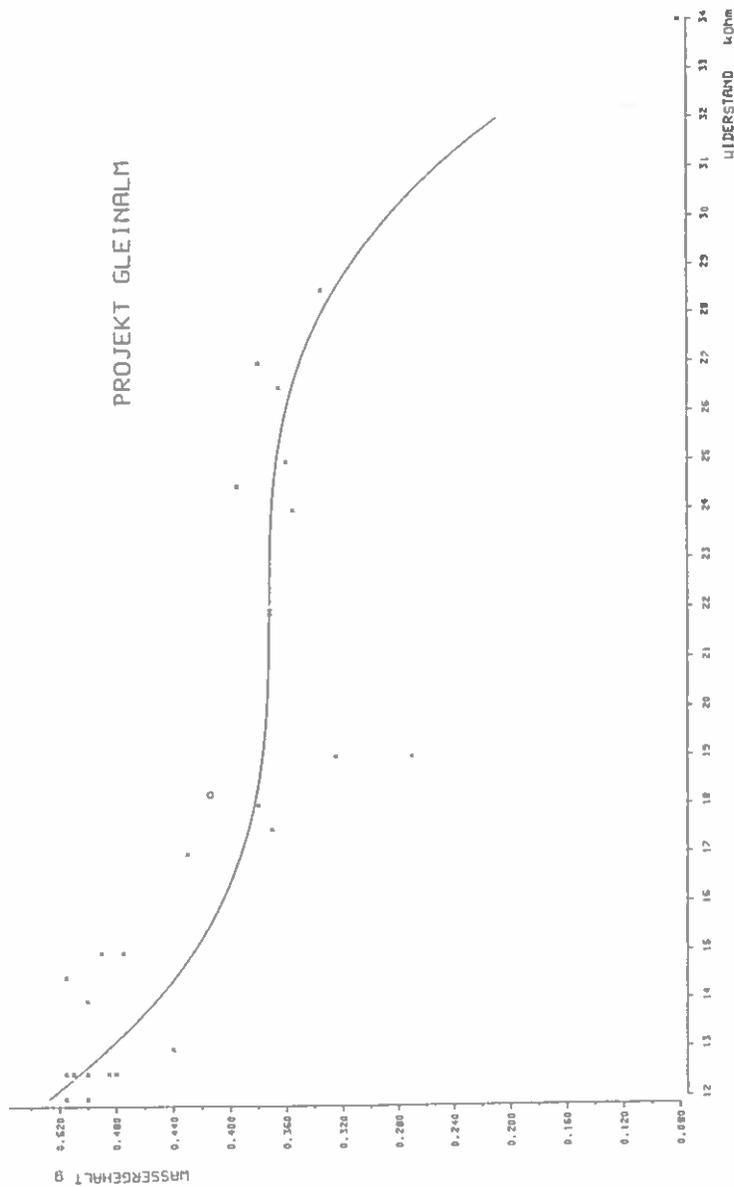


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen dem Wassergehalt der Bohrspäne und dem elektrischen Widerstand im Splint

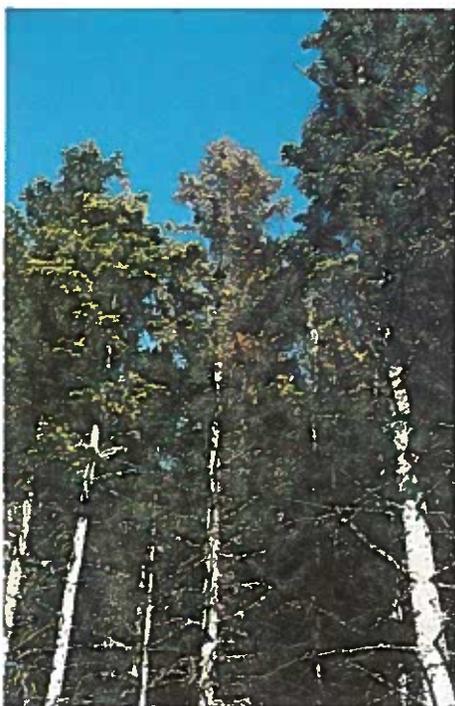
Legende zu den Fotos:

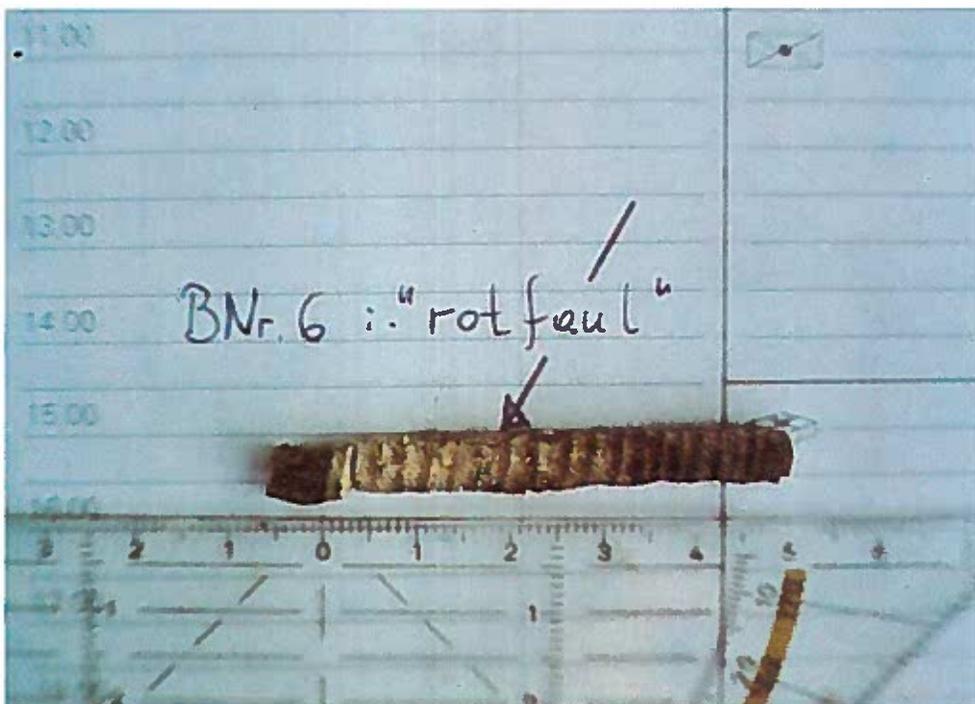
- 1: Typisches Schadbild in der Glein
- 2: "Minusbaum" in der Bildmitte
- 3: Bohrkern einer rotfaulen Fichte
- 4: Bohrkern einer gesunden Fichte

1



2





3



4

FORSPATHOLOGISCHE ERHEBUNGEN IM GEBIET DER GLEIN (III)

WURZEL- UND STAMMFÄULEN - EINE MÖGLICHE URSACHE VON NÄHRELEMENTMANGEL IN FICHTENNADELN

Christian Tomiczek^{*)}

1 Einleitung

Seit etwa 1983/84 tritt im Gebiet der Gleinalpe (Österreich, Steiermark) eine akute Nadelvergilbung in Fichtenbeständen aller Altersklassen auf. Das vorherrschende Schadbild entspricht weitgehend der von REHFUESS et al. (1982) und PRINZ et al. (1982) beschriebenen und von KANDLER (1985, 1987) zur Abgrenzung von anderen Vergilbungsformen als "akute Vergilbung" bezeichneten Krankheit der Fichte.

Die Nadelvergilbung betrifft stets zuerst die zwei- bis mehr-jährigen Nadeljahrgänge. Der zunächst "hellgelbe Farbton" der betroffenen Nadeln, welcher verstärkt an der Astoberseite zu beobachten ist, geht nach einigen Monaten bis Jahren in eine "orange gelbe" Nadelverfärbung über, welche letztlich auch den jüngsten Nadeljahrgang erfaßt.

Bisherige Untersuchungen im Schadensgebiet ergaben:

- Mängel der Nährstoff- und Wasserversorgung der Böden der Glein (vgl. MAJER et al. 1989)
- schwere Schädigungen der Mykorrhiza und Feinwurzeln (vgl. GÖBL, 1989)
- leicht erhöhte Ozonkonzentrationen in der Luft (vgl. SMIDT, 1989)
- Kali- und Stickstoffmangel bzw. Unterversorgung in den Nadeln (vgl. STEFAN, 1989)

^{*)}Manuskript eingereicht im Februar 1990

- hohe Fäuleprozente der Wurzeln und Stämme geschädigter Fichten (TOMICZEK, in Druck)
- geringere Wasser- und Nährstoffversorgung geschädigter Bäume (vgl. TOMICZEK, 1989)

Die vorliegende Studie soll zur Klärung der von DONAUBAUER (1989) aufgeworfenen Frage beitragen, inwieweit die vorliegende Schädigung auf "Probleme der Nährstoffbalance " (bzw.-versorgung) zurückzuführen ist.

2 Material und Methodik

Im Oktober 1988 und 1989 wurden jeweils 5 Baumpaare auf verschiedenen Standorten (Höhenlage, Exposition) ausgewählt und anschließend für die Probennahme gefällt. Die Auswahl der Baumpaare erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Jedes Baupaar hatte aus einem sogenannten "Plusbaum" (grün, vollbenadelt, ohne erkennbare Schadenssymptome) und einem sogenannten "Minusbaum" (vergilbt, Nadelverlust, deutliche Schadenssymptome) zu bestehen.
- "Plus-" und "Minusbaum" eines Baumpaares sollten möglichst nahe zueinander und ohne erkennbare, kleinstandörtliche Unterschiede stocken.
- "Plus-" und "Minusbaum" sollten keine wesentlichen Unterschiede in Bezug auf Baumhöhe oder Baumdurchmesser aufweisen.

Nach Fällung der Baumpaare wurden je Baum

- 3 Stammscheiben (Stockbereich, BHD-Bereich, oberes Kronendrittel)
- Nadelproben (ein- und zweijährig) aus dem 5. bis 7. Astquirl

entnommen und im Labor der Forstlichen Bundesversuchsanstalt für weitere Untersuchungen aufgearbeitet.

Bei den 1989 beprobten Baumpaaren wurden zusätzlich die Wurzelsysteme durch Grabung freigelegt und Holzproben aus den Hauptwurzeln (über 3 cm Durchmesser nahe dem Stamm) gewonnen.

Alle Holzproben (Wurzel- und Stammproben) wurden unmittelbar nach der Probennahme mit 96%-igen Äthylalkohol besprüht, kurz abgeflammt und in Zeitungspapier für den Weitertransport gewickelt.

Die Nadelproben wurden in Polyäthylensäcken transportiert.

Neben den Holz- und Nadelproben wurden jeweils 3 Bodenproben (Auflage, 10 Zentimeterstufen) in unmittelbarer Nähe der Probestämme entnommen, in Polyäthylensäcken transportiert und später als Mischprobe (aus den 3 Bodenproben je Baum) weiter verarbeitet.

Im Labor wurden Proben aus dem Splintholzbereich und vorhandenen Reaktionszonen der Stammholz- und Wurzelstücke getrennt und zusammen mit den Nadelproben vom Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, die Bodenproben vom Institut für Standortkunde an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt hinsichtlich Hauptnährstoffgehalte analysiert.

3. Ergebnisse

Die Detailergebnisse der chemischen Analyse der Nadel-, Stamm-, Wurzel- und Bodenproben sind in den Tabellen 2 - 7 zusammengefaßt.

3.1 Nährelementgehalte der Nadelproben:

Die mittleren Nährelementgehalte in den Nadeljahrgängen "1" und "2" der "Plus"- und der "Minusbäume" unterscheiden sich teilweise signifikant voneinander. Am deutlichsten sind die Unterschiede betreffend den K-Gehalt in Nadeln.

Dieser lag bei den untersuchten "Plusbäumen" mit 0,40 % K im Nadeljahrgang "1" und 0,31 % K im Nadeljahrgang "2" nahezu doppelt so hoch wie bei den "Minusbäumen" (0,23 % K im Nadeljahrgang "1" und 0,16 % K im Nadeljahrgang "2").

Nicht ganz so eklatant waren die festgestellten Unterschiede der Ca-Gehalte in den Nadelproben der "Plus-" (Nj. "1": 0,30 % Ca; Nj. "2": 0,46 % Ca) und der "Minusbäume" (Nj. "1": 0,19 % Ca; Nj. "2": 0,33 % Ca).

Alle untersuchten Baumpaare verzeichneten N-Mangel oder zumindest eine unzureichende N-Versorgung des Nadeljahrganges "1".

Die 10 untersuchten "Minusbäume" wiesen K-Mangel auf, während an 4 "Plusbäumen" weder K-Mangel noch K-Unterversorgung registriert wurde.

Ähnlich stellt sich die Situation der Ca-Versorgung der Fichtennadeln dar; an 16 Proben wurde eine Unterversorgung mit dem Nährelement Ca festgestellt; 3 der 4 ausreichend versorgten Nadelproben zählten zur Gruppe der "Plusbäume".

14 Nadelproben (8 von "Minusbäumen", 6 von "Plusbäumen") hatten Mg-Mangel oder nicht ausreichende Versorgung.

3.2 Nährelementgehalte der Splintholzproben aus dem Stammbereich

Äußerst interessant erscheinen die Analyseergebnisse der Stammscheiben. Während die Nährelementgehalte der Holzproben aus dem Kronenbereich nahezu gleich sind, ergaben die anderen beiden Stammscheiben hoch signifikante Unterschiede bei den K-, Ca- und Mg-Gehalten.

Der K-Gehalt der bodennahen Stammscheiben (H_1) der "Minusbäume" lag mit 0,36 % K 9-mal so hoch wie der Gehalt der "Plusbäume" (0,04 % K). Im BHD-Bereich (H_2) wurde noch immer ein nahezu 6-mal höherer K-Gehalt gemessen.

4- bzw. 3-mal so hohe Mg-Gehalte der Stammscheiben H_1 und H_2

der Minusbäume (0,04 % Mg in H₁ und 0,03 % Mg in H₂ gegenüber 0,01 % Mg in H₁ und H₂ bei den "Plusbäumen"), sowie deutlich höhere Ca-Gehalte (0,17 % Ca in H₁ der "Minusbäume" und 0,07 % Ca in H₁ der Plusbäume) ergänzen die unterschiedliche Nährstoffverteilung im Splintholz der Probebäume.

3.3 Nährstoffgehalte der Wurzelholzproben

Ähnlich der Nährelementverteilung im Stammholz ergaben die chem. Analysen der Wurzelholzproben wesentlich höhere K-(5-fach), Mg-(4-fach) und Ca-Gehalte(2-fach) der "Minusbäume" gegenüber den "Plusbäumen".

3.4 Verfügbarkeit der Nährelemente im Boden

Vergleicht man die Verfügbarkeit der Hauptnährelemente (siehe Tabelle 8) im Boden nahe den Probestämmen, so fällt auf, daß die "Minusbäume" auf bessere Nährstoffpotentiale von N, K, Ca, Mg und Mn zurückgreifen konnten.

Generell läßt sich aber folgern, daß die K-Versorgung als "sehr mangelhaft", die Ca- und Mg-Versorgung als "sehr mangelhaft" bis "mangelhaft" zu bezeichnen war.

4 Diskussion

Der Mangel von Nährelementen in den Nadeln der Fichten, insbesondere von K, Mg und Ca bei gleichzeitiger Konzentration dieser Elemente im Holz der Wurzeln und bodennaher Stammabschnitte fäulegeschädigter "Minusbäume", läßt einen direkten Zusammenhang mit der Fäule vermuten.

Der von Fäulepilzen angegriffene Baum benötigt für seine Abwehrreaktion (Kompartimentierung) die Nährelemente K, Ca und Mg (auch Mn) in größeren Mengen, weshalb es in den Nadeln zu Unterversorgung und Mangelsymptomen kommt. Das Abschotten bestimmter Zellabschnitte im Baum ist ein chemischer Prozeß,

bei dem enzymatische Reaktionen in Gang gesetzt (vgl. SHIGO, 1985) und phenolartige Verbindungen gebildet werden (vgl. TIPPETT et al., 1981). KRAMER et al. (1979) weisen auf die überragende Bedeutung des Nährelementes K für enzymatische Vorgänge in der Pflanze, insbesondere für die Verfrachtung von Carbohydraten und Stickstoffmetabolismen hin. K ist neben Ca in zahlreichen Coenzymen und Puffersystemen der Pflanzen nachgewiesen und steuert den Energietransfer bei der Photosynthese. BONNER et al. (1976) bezeichnen K als das Hauptelement zur Regulierung des osmotischen Druckes in Pflanzenzellen und damit auch zum Schutz der Pflanzen vor Wasserverlust und "physiologischer Austrocknung".

SHORTLE et al. (1973) wiesen in den Verfärbungszonen fäulegeschädigter Zuckerahornstämme hohe Konzentrationen von Ca, K, Fe, Mg, Mn nach.

SHORTLE et al. (1971) fanden hohe Mn-Konzentrationen in fäulegeschädigten Holzonen und vermuteten eine Rolle des Mn bei der Entgiftung phenolischer Substanzen.

BLANCHETTE (1984) berichtet über eine bis zu 100-fache Konzentration von Mn in schwarz verfärbten Holzonen von Hemlock-Tannen, welche durch den Weißfäuleerreger *Ganoderma tsugae* befallen waren. Der Autor vermutet die Bedeutung von Mn bei den Zersetzungsprozessen des Holzes durch den Holzerstörer, insbesondere bei der Delignifizierung.

Die vorliegenden Meßergebnisse der Nährstoffbilanzierung geschädigter und ungeschädigter Fichten der Glein untermauern die von SINNER und REHFUESS (1972) geäußerte Vermutung, daß die "verstärkte Einlagerung von K und Ca in das Faulholz und in die Abwehrzone dazu beitragen, daß die Nadeln stark fauler Bäume weniger K und Ca enthalten als vergleichbare Assimilationsorgane ihrer gesunden Nachbarn".

5 Zusammenfassung

In einem Waldschadensgebiet der Steiermark (Österreich) wurden die Nährstoffgehalte der Nadeljahrgänge "1" und "2", sowie

Splintholzproben aus Stamm und Wurzeln geschädigter ("Minusbäume") und ungeschädigter ("Plusbäume") Fichten (*Picea abies* L.) verglichen. 90 % der untersuchten "Minusbäume", aber keine Probe der Plusbäume wies Fäule im Stammbereich auf.

Die mittleren Nährstoffgehalte der Nadel- und Holzproben unterschieden sich teilweise signifikant voneinander. Während die "Minusbäume" deutlich geringere Gehalte an Kalium und Calcium in den Nadeln aufwiesen, lagen die Nährelementgehalte von Kalium, Calcium und Magnesium im Splintholz bodennaher Stammscheiben und Wurzelproben um ein Vielfaches höher als bei den untersuchten "Plusbäumen". Zusammenfassend läßt sich folgern, daß die Wurzel- und Stammfäulen über physiochemische Reaktionen, wie z.B. Kompartimentierung, den NÄHRELEMENTMANGEL in den Fichtennadeln in hohem Maße induziert haben.

6 Literatur

- BLANCHETTE, R.A. 1984: Manganese accumulation in wood decayed by white rot fungi. *Phytopathology* Vol. 74/6, 725-730.
- BONNER, J., J.E. VARNER, 1976: *Plant Biochemistry*. Third Edition. Academic Press, 925 S.
- DONAUBAUER, E., 1989: Das Walderkrankungssyndrom im Gleinalmgebiet. *Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien*, Nr. 163/I, 5-9.
- GÖBL, F., 1989: Mykorrhiza- und Feinwurzeluntersuchungen im Waldschadensgebiet Gleingraben und Gleinalpe (Stmk.). *Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien*, Nr. 163/I, 171-220.
- KANDLER, O., 1985: Immissions-versus Epidemie-Hypothesen. In: *Waldschäden*, Oldenbourg Vlg. München/Wien, 20-59.
- KANDLER, O., W. MILLER, R. OSTNER, 1987: Dynamik der akuten Vergilbung der Fichte. *AFZ* 27/28/29, 715-723.
- KRAMER, J.P., TH.T. KOZLOWSKI, 1979: *Physiology of Woody Plants*. Academic Press, 811 S.

- MAJER, Ch., W. KILIAN, F. MUTSCH, 1989: Die Böden im Gleinalmgebiet.
Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 163/I 33-127.
- PRINZ, B.G., H.M. KRAUSE, H. STRATMANN, 1982: Waldschäden in der BRD.
Landesanstalt f. Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Bericht Nr. 28.
- REHFUESS, K.E., C. BOSCH, E. PFANNKUCH, 1982: Nutrient imbalances in coniferous stands in Southern Germany.
Paper pres. at the IUFRO-Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees, Finland.
- SHIGO, A.L, 1985: Kompartimentierung als Abwehrreaktion bei Bäumen.
Spektrum der Wissenschaft, 86-94.
- SHORTLE, W.C., A.L. SHIGO, 1973: Concentrations of Manganese and microorganisms in discolored and decayed wood of Sugar Maple.
Can.J.For.Res. 3, 354-358.
- SHORTLE, W.C., T.A. TATTAR, A.E. RICH, 1971: Effects of some phenolic compounds on the growth of *Phialophora mellei* and *Fomes connatus*.
Phytopathology, 61, 552-555.
- SINNER, K.F., K.E. REHFUESS, 1972: Wirkung einer *Fomes annosus* Kernfäule auf den Ernährungszustand älterer Fichten (*Picea abies* Karst.).
Allg.Forst- u. Jagdztg., 143 Jg., 3/4, 74-80.
- SMIDT, ST., 1989: Immissionsmessungen im Gleinalmgebiet.
Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 163/II, 225-263.
- STEFAN, K., 1989: Ergebnisse chem. Nadelanalysen im Untersuchungsgebiet der Glein.
Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 163/II, 289-339.
- TIPPETT, J.T., A.L. SHIGO, 1981: Barriers to decay in Conifer roots.
Eur.J.For.Path. 11, 51-59.
- TOMICZEK, Ch., 1989: Leitfähigkeit, Ast- und Nadelbiometrie von Fichten im Schadensgebiet Gleinalpe.
Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien, Nr. 163/II, 357-384.
- TOMICZEK, CH., in Druck: Forstpathologische Erhebungen im Gebiet der Glein (I). Wurzel- und Stammfäuleuntersuchungen an Fichten.
Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Wien (in Druck).

TABELLE 1: Daten zu den Probestämmen

Baumpaar	Baum Nr.	Zustand	Probe- nahme	Alter	BHD	Standort	Stammschäden äußere	Stammschäden innere
I	1	-	88	15	7,0	nördl. Stanglhütte	Schäl.	Fäule
	2	+	88	15	7,0		-	-
II	3	-	88	60	17,5	Rothmair	Schäl. Tritt.	Fäule
	4	+	88	60	17,5		-	-
III	5	-	88	80	19,5	Stadlmoor	Schäl.	Fäule
	6	+	88	80	21,0		-	-
IV	7	-	88	50	16,0	Stadlmoor	-	-
	8	+	88	50	16,5		-	-
V	9	-	88	95	28,0	Kaiserwald	Schäl.	Fäule
	10	+	88	95	28,5		-	-
VI	11	-	90	70	17,5	Hexenkreuzung	Schäl.	Fäule
	12	+	90	70	16,5		Rückesch.	-
VII	13	-	90	30	10,0	Hexenkreuzung	Schäl.	Fäule
	14	+	90	30	13,0		-	-
VIII	15	-	90	40	14,0	Wassergraben	Schäl.	Fäule
	16	+	90	40	14,0		-	-
IX	17	+	90	30	11,0	Wassergraben	Rückesch.	-
	18	-	90	30	14,0		Schäl.	Fäule
X	19	-	90	65	16,0	Rothmair	Schäl.	Fäule
	20	+	90	65	19,5		-	-

TABELLE 2: Hauptnährelemente in den Nadelproben

Baum Nr. Zustand	Nadeljahr- gang	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Mn
1 -	1j	1.50 -	0.18	0.19—	0.14 -	0.07—	0.04
	2j	1.09	0.16	0.26	0.39	0.11	0.07
2 +	1j	1.18—	0.19	0.29—	0.14 -	0.07—	0.03
	2j	1.00	0.11	0.19	0.40	0.09	0.07
3 -	1j	0.93—	0.21	0.30—	0.14 -	0.07—	0.03
	2j	0.90	0.13	0.17	0.19	0.07	0.05
4 +	1j	1.30—	0.14	0.44	0.43	0.13	0.06
	2j	1.19	0.11	0.31	0.53	0.09	0.07
5 -	1j	1.33 -	0.19	0.25—	0.11 -	0.07—	0.02
	2j	1.32	0.18	0.15	0.21	0.09	0.04
6 +	1j	1.24—	0.18	0.32—	0.27 -	0.12	0.04
	2j	1.11	0.14	0.23	0.43	0.11	0.06
7 -	1j	1.37 -	0.20	0.21—	0.30 -	0.14	0.06
	2j	1.12	0.20	0.14	0.38	0.15	0.08
8 +	1j	1.11—	0.17	0.45	0.40	0.14	0.07
	2j	1.13	0.18	0.44	0.48	0.10	0.09
9 -	1j	1.47 -	0.19	0.21—	0.39	0.13	0.09
	2j	1.21	0.17	0.13	0.63	0.15	0.14
10 +	1j	1.46 -	0.24	0.51	0.27 -	0.12	0.08
	2j	1.29	0.25	0.43	0.35	0.11	0.09
11 -	1j	1.18—	0.14	0.21—	0.21 -	0.10 -	0.04
	2j	1.06	0.10	0.18	0.41	0.10	0.07
12 +	1j	1.07—	0.12 -	0.37 -	0.37	0.09 -	0.05
	2j	1.04	0.10	0.26	0.52	0.12	0.06
13 -	1j	1.22—	0.13 -	0.21—	0.12 -	0.04—	0.02
	2j	1.12	0.09	0.14	0.25	0.05	0.04
14 +	1j	1.21—	0.13 -	0.37 -	0.24 -	0.07—	0.05
	2j	1.15	0.11	0.32	0.39	0.07	0.07
15 -	1j	1.25—	0.22	0.19—	0.19 -	0.09 -	0.04
	2j	1.17	0.15	0.13	0.23	0.11	0.04
16 +	1j	1.10—	0.13 -	0.36 -	0.28 -	0.10 -	0.04
	2j	1.08	0.10	0.29	0.58	0.17	0.08
17 +	1j	1.31 -	0.23	0.42 -	0.28 -	0.08 -	0.04
	2j	1.24	0.18	0.25	0.48	0.09	0.07
18 -	1j	1.18—	0.20	0.20—	0.17 -	0.08 -	0.04

Fortsetzung von Tabelle 2:

	2j	1.03	0.15	0.15	0.32	0.10	0.06
19 -	1j	1.07—	0.14	0.31—	0.16 -	0.07—	0.02
	2j	0.95	0.08	0.15	0.30	0.07	0.04
20 +	1j	1.25—	0.16	0.45	0.27 -	0.11 -	0.05
	2j	1.09	0.11	0.40	0.41	0.11	0.07

Für die Nadelanalysen wurden folgende Vergleichswerte herangezogen:

Fichte Nadeljahrgang 1:

Versorgung	% N	% P	% K	% Ca	% Mg
mangelhaft	≤ 1,30	≤ 0,11	≤ 0,33	≤ 0,10	≤ 0,07
nicht ausreichend	1,31 - 1,50	0,12 - 0,13	0,34 - 0,42	0,11 - 0,36	0,08 - 0,11
ausreichend	> 1,50	> 0,13	> 0,42	> 0,36	> 0,11

Die Beurteilung der Nährstoffversorgung des ersten Nadeljahrganges (1j) der Proben ist neben den Analyseergebnissen angegeben, wobei "—" mangelhafte Versorgung und "-" nicht ausreichende Versorgung bedeutet.

TABELLE 3: Hauptnährelemente in den Stammholzproben

Baum Nr. Zustand	Holzprobe Nr.	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Mn
1 -	1	0.17	0.01	0.87	0.19	0.04	0.02
	2	0.09	0.00	0.23	0.06	0.01	0.01
	3	0.08	0.00	0.01	0.09	0.01	0.01
2 +	1	0.07	0.01	0.04	0.06	0.01	0.01
	2	0.07	0.01	0.01	0.08	0.01	0.02
	3	0.08	0.01	0.02	0.10	0.01	0.02
3 -	1	0.08	0.01	0.33	0.15	0.03	0.02
	2	0.09	0.01	0.73	0.14	0.06	0.02
	3	0.09	0.01	0.02	0.05	0.01	0.01
4 +	1	0.07	0.01	0.08	0.08	0.01	0.01
	2	0.07	0.01	0.04	0.08	0.01	0.01
	3	0.07	0.01	0.04	0.09	0.01	0.01
5 -	1	0.10	0.01	0.20	0.12	0.03	0.02
	2	0.08	0.00	0.02	0.09	0.01	0.01
	3	0.08	0.02	0.06	0.08	0.01	0.01
6 +	1	0.08	0.01	0.04	0.07	0.01	0.01
	2	0.06	0.00	0.06	0.06	0.01	0.01
	3	0.08	0.01	0.04	0.08	0.01	0.01

Fortsetzung von Tabelle 3:

7 -	1	0.07	0.00	0.03	0.07	0.01	0.01
	2	0.06	0.00	0.03	0.07	0.01	0.01
	3	0.07	0.01	0.02	0.10	0.01	0.02
8 +	1	0.08	0.01	0.04	0.10	0.01	0.02
	2	0.09	0.01	0.03	0.10	0.01	0.02
	3	0.09	0.01	0.03	0.09	0.01	0.02
9 -	1	0.11	0.01	0.45	0.10	0.02	0.01
	2	0.08	0.01	0.29	0.12	0.03	0.02
	3	0.07	0.01	0.01	0.07	0.01	0.01
10 +	1	0.08	0.00	0.03	0.10	0.02	0.01
	2	0.07	0.01	0.08	0.09	0.01	0.01
	3	0.08	0.01	0.01	0.09	0.01	0.01
11 -	1	0.14	0.01	0.29	0.10	0.03	0.01
	2	0.06	<0.01	0.15	0.12	0.03	0.01
	3	0.07	<0.01	0.03	0.07	0.01	0.01
12 +	1	0.08	<0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
	2	0.07	<0.01	0.03	0.06	0.01	0.01
	3	0.08	<0.01	0.03	0.07	0.01	0.01
13 -	1	0.13	0.01	0.35	0.24	0.08	0.02
	2	0.09	<0.01	0.13	0.06	0.02	0.01
	3	0.08	<0.01	0.02	0.06	0.01	0.01
14 +	1	0.09	<0.01	0.03	0.05	0.01	0.01
	2	0.08	0.01	0.07	0.06	0.01	0.01
	3	0.08	<0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
15 -	1	0.10	0.01	0.46	0.44	0.08	0.03
	2	0.09	<0.01	0.29	0.17	0.04	0.02
	3	0.08	<0.01	0.03	0.06	0.02	0.01
16 +	1	0.08	<0.01	0.03	0.05	0.01	0.01
	2	0.08	0.01	0.05	0.06	0.01	0.01
	3	0.08	<0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
17 +	1	0.08	0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
	2	0.07	<0.01	0.03	0.06	0.01	0.01
	3	0.07	<0.01	0.03	0.06	0.01	0.01
18 -	1	0.15	<0.01	0.39	0.10	0.03	0.02
	2	0.12	0.01	0.20	0.08	0.02	0.02
	3	0.08	<0.01	0.03	0.08	0.01	0.01
19 -	1	0.16	0.01	0.18	0.14	0.02	0.01
	2	0.11	0.01	0.24	0.09	0.03	0.01
	3	0.08	<0.01	0.02	0.07	0.01	0.01

Fortsetzung von Tabelle 3:

20 +	1	0.09	0.01	0.04	0.07	0.01	0.01
	2	0.08	<0.01	0.04	0.07	0.01	0.01
	3	0.11	0.01	0.05	0.13	0.02	0.02

Holzprobe 1 Stockbereich
 Holzprobe 2 BHD
 Holzprobe 3 oberes Kronendrittel
 + Plusbaum
 - Minusbaum

TABELLE 4: Hauptnährelemente in den Wurzelholzproben

	% N	% P	% K	% Ca	% Mg	% Mn
11 - W 11/1	0.09	<0.01	0.45	0.19	0.03	0.01
W 11/2	0.08	<0.01	0.53	0.05	0.03	0.01
W 11/3	0.06	<0.01	0.40	0.06	0.03	0.01
W 11/4	0.12	0.01	0.15	0.11	0.03	0.01
W 11/5	0.09	<0.01	0.35	0.14	0.02	0.01
W 11/6	0.10	0.01	0.37	0.11	0.02	0.01
12 + W 12/1	0.07	0.01	0.04	0.07	0.01	0.01
W 12/2	0.06	<0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
W 12/3	0.07	<0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
W 12/4	0.07	<0.01	0.05	0.06	0.01	0.01
13 - W 13/1	0.09	<0.01	0.03	0.06	0.01	0.01
W 13/2	0.10	0.01	0.11	0.07	0.01	0.01
W 13/3	0.09	<0.01	0.28	0.08	0.03	0.01
W 13/4	0.12	0.01	0.31	0.48	0.06	0.02
W 13/5	0.12	0.01	0.33	0.30	0.12	0.02
14 + W 14/1	0.08	<0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
W 14/2	0.08	<0.01	0.03	0.05	0.01	0.01
W 14/3	0.07	<0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
W 14/4	0.08	<0.01	0.03	0.05	0.01	0.01
W 14/5	0.07	<0.01	0.02	0.05	0.01	0.01
15 - W 15/1	0.08	<0.01	0.22	0.22	0.09	0.02
W 15/2	0.08	<0.01	0.10	0.05	0.02	<0.01
W 15/3	0.10	<0.01	0.22	0.17	0.03	0.01
W 15/4	0.07	<0.01	0.27	0.07	0.03	<0.01
16 + W 16/1	0.07	0.01	0.06	0.06	0.01	<0.01
W 16/2	0.09	<0.01	0.05	0.06	0.01	<0.01
W 16/3	0.08	0.01	0.06	0.05	0.01	<0.01
W 16/4	0.10	0.01	0.07	0.06	0.01	<0.01
W 16/5	0.14	0.01	0.08	0.22	0.02	0.01
W 16/6	0.14	0.02	0.09	0.08	0.01	0.01
W 16/7	0.08	0.01	0.06	0.05	0.01	<0.01
W 16/8	0.08	<0.01	0.05	0.05	0.01	<0.01

Fortsetzung von Tabelle 4:

17 + W 17/1	0.08	<0.01	0.09	0.05	0.01	0.01
W 17/2	0.09	0.01	0.04	0.05	0.01	0.01
W 17/3	0.10	0.01	0.05	0.07	0.01	0.01
W 17/4	0.11	0.01	0.06	0.07	0.01	0.01
W17/5	0.07	<0.01	0.03	0.06	0.01	0.01
18 - W 18/1	0.08	<0.01	0.37	0.08	0.03	0.01
W 18/2	0.10	<0.01	0.20	0.05	0.02	0.01
W 18/3	0.09	<0.01	0.30	0.16	0.04	0.02
W 18/4	0.08	<0.01	0.36	0.12	0.03	0.02
W 18/5	0.08	<0.01	0.43	0.11	0.03	0.01
19 - W 19/1	0.11	<0.01	0.19	0.11	0.02	0.01
W 19/2	0.10	<0.01	0.15	0.11	0.03	0.01
W 19/3	0.06	<0.01	0.24	0.18	0.03	0.01
W 19/4	0.14	<0.01	0.06	0.12	0.02	0.01
20 + W 20/1	0.12	0.01	0.06	0.08	0.01	0.01
W 20/2	0.09	0.01	0.06	0.07	0.01	0.01
W 20/3	0.09	<0.01	0.05	0.07	0.01	0.01
W 20/4	0.09	<0.01	0.05	0.06	0.01	0.01

TABELLE 5: Pflanzenverfügbare Hauptnährelemente des Bodens im Nahbereich der Probebäume

Baum Nr. Zustand	% N	% P ₂ O ₅	% K	% Ca	% Mg	% Mn
1 -	0.56	0.131	0.25	12.66	2.34	0.260
2 +	0.61	0.138	0.36	4.86	0.65	0.190
3 -	0.46	0.111	0.20	2.79	0.32	0.151
4 +	0.35	0.116	0.21	1.52	0.21	0.098
5 -	0.46	0.156	0.16	0.94	0.21	0.025
6 +	0.48	0.166	0.11	0.37	0.13	0.010
7 -	0.61	0.232	0.20	1.52	0.33	0.043
8 +	0.75	0.272	0.26	3.20	0.45	0.088
9 -	0.38	0.135	0.21	3.63	0.31	0.255
10 +	0.37	0.126	0.18	0.51	0.22	0.100
11 -	0.48	0.088	0.18	1.73	0.37	0.039
12 +	0.54	0.100	0.14	0.45	0.33	0.013
13 -	0.34	0.093	0.12	1.73	0.92	0.052

Fortsetzung von Tabelle 5:

14 +	0.52	0.118	0.15	1.25	0.28	0.105
15 -	1.04	0.165	0.28	4.02	0.88	0.087
16 +	0.42	0.108	0.14	1.20	0.25	0.028
17 +	0.54	0.172	0.24	1.30	0.30	0.050
18 -	0.78	0.144	0.39	2.91	0.82	0.053
19 -	0.60	0.100	0.29	2.51	0.45	0.060
20 +	0.52	0.109	0.19	2.10	0.30	0.015

TABELLE 6: Nährelementgehalte der Stammholz- und Nadelproben der Plus- und Minusbäume

Nährelement %	Plusbäume						Minusbäume			
	H ₁	H ₂	H ₃	N ₁	N ₂	H ₁	H ₂	H ₃	N ₁	N ₂
N	0,08	0,07	0,08	1,22	1,13	0,12	0,09	0,08	1,25	1,10
P	<0,01	<0,01	<0,01	0,17	0,14	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	0,14
K	0,04	0,04	0,03	0,40	0,31	0,36	0,23	0,03	0,23	0,16
Ca	0,07	0,07	0,08	0,30	0,46	0,17	0,10	0,07	0,19	0,33
Mg	0,01	0,01	0,01	0,10	0,11	0,04	0,03	0,01	0,09	0,10
Mn	0,01	0,01	0,01	0,05	0,07	0,02	0,01	0,01	0,04	0,06

TABELLE 7: Nährelementgehalte der Wurzelholz- und Nadelproben der Plus- und Minusbäume

Nährelement %	Plusbäume WH				Minusbäume WH			
	N ₁	N ₂	H ₁	H ₂	N ₁	N ₂	H ₁	H ₂
N	0,09	1,13	0,09	0,09	1,25	1,0	0,09	0,09
P	<0,01	0,14	<0,01	<0,01	0,18	0,14	<0,01	<0,01
K	0,05	0,31	0,05	0,28	0,23	0,16	0,28	0,23
Ca	0,07	0,46	0,07	0,30	0,19	0,33	0,14	0,19
Mg	0,01	0,11	0,01	0,10	0,09	0,10	0,04	0,04
Mn	0,01	0,07	0,01	0,05	0,04	0,06	0,01	0,01

H₁ ... Holzprobe bodennaher Stammscheiben
 H₂ ... Holzprobe BHD-Bereich
 H₃ ... Holzprobe oberes Kronendrittel
 WH ... Holzprobe aus dem Wurzelbereich
 N₁ ... Nadelprobe 1. Jahrgang
 N₂ ... Nadelprobe 2. Jahrgang

TABELLE 8: Verfügbarkeit der Hauptnährelemente im Boden gegliedert nach Plus/Minusbäume

	+	-
N ‰	0,51	0,57
P ₂ O ₅ ‰	0,143	0,136
K ‰	0,20	0,23
Ca ‰	1,68	3,44 (2,42 ohne 1-)
Mg ‰	0,31	0,70
Mn ‰	0,070	0,103

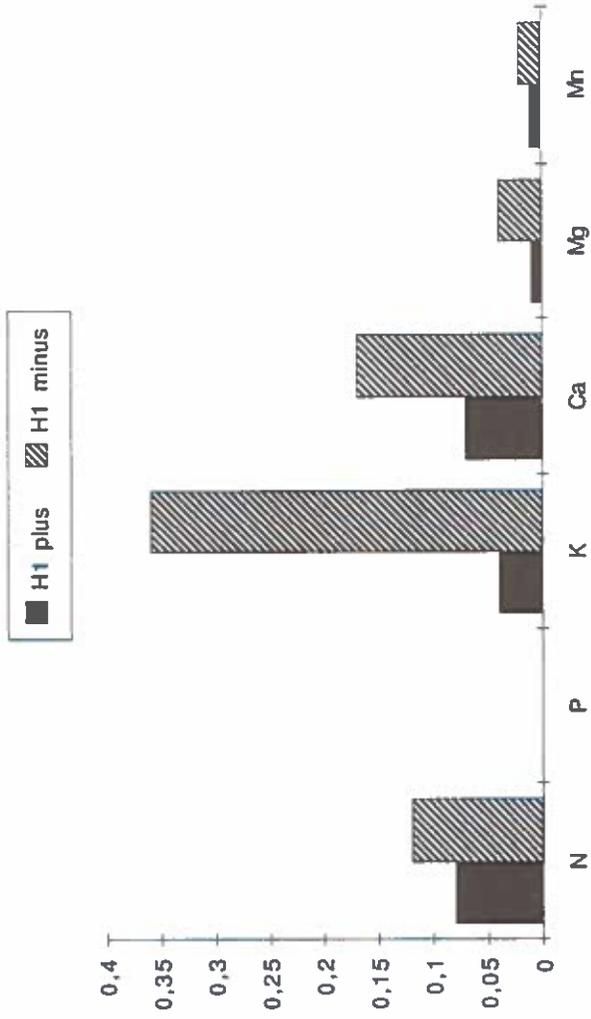


Abbildung 1 : Nährelemente der Holzproben (Stammscheibe *1*)

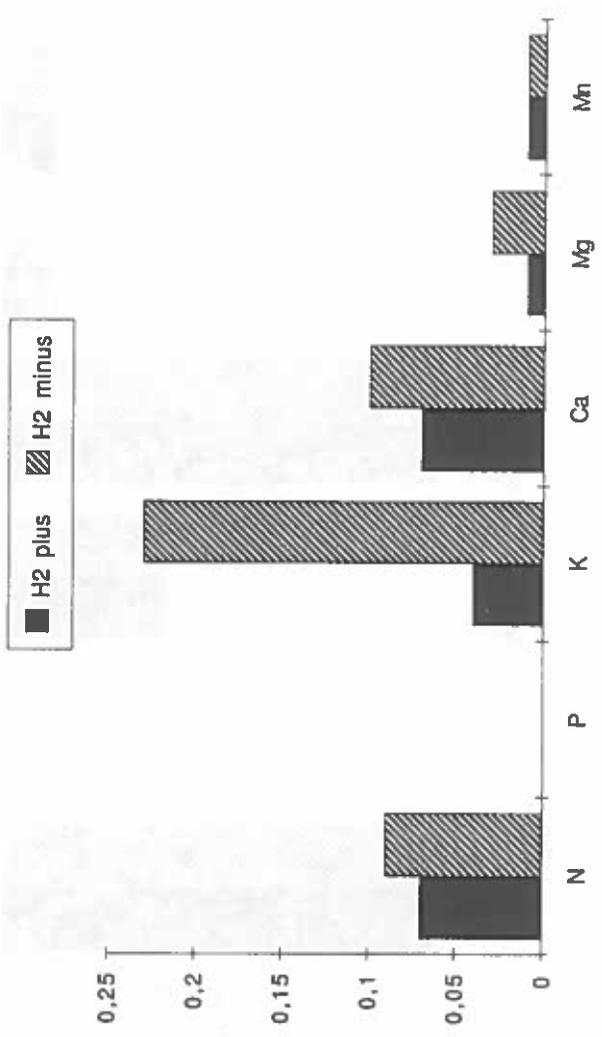


Abbildung 2: Nährelemente der Holzproben (Stammscheibe "2")

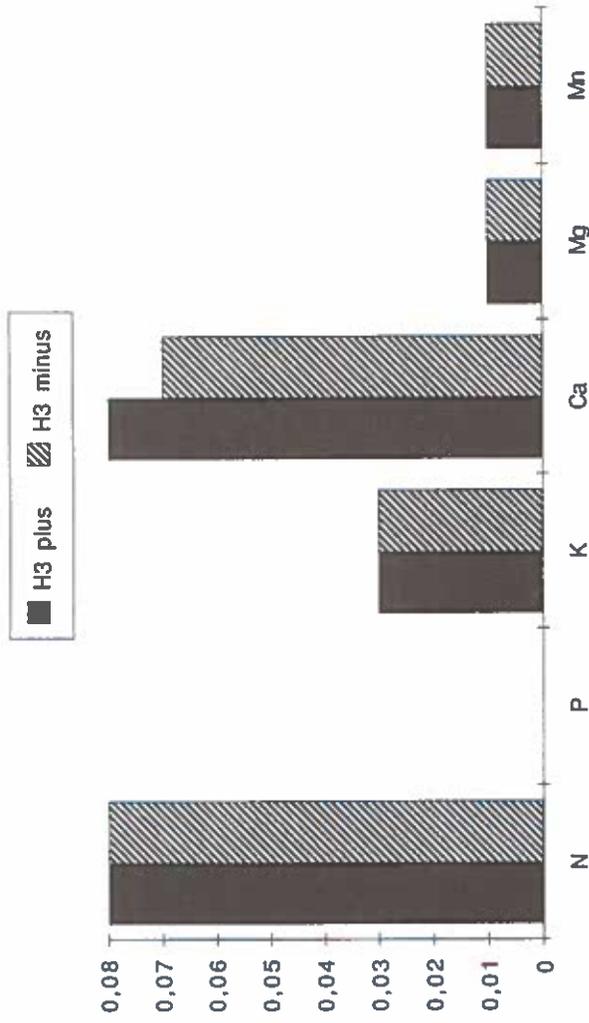


Abbildung 3 : Nährelemente der Holzproben (Stammscheibe*3*)

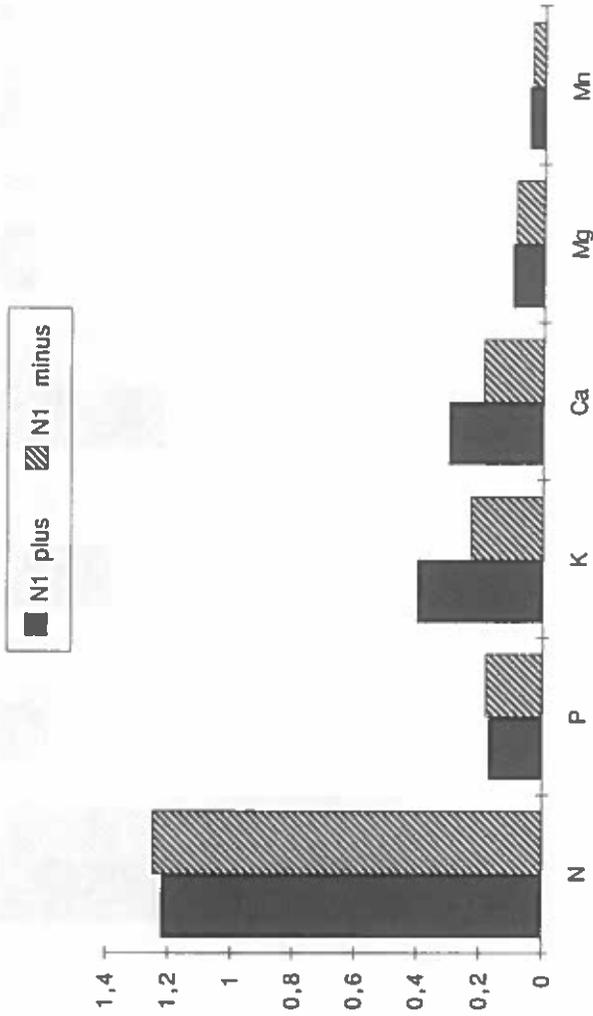


Abbildung 4 : Nährlemente der Nadelproben (Nadeljahrgang 1*)

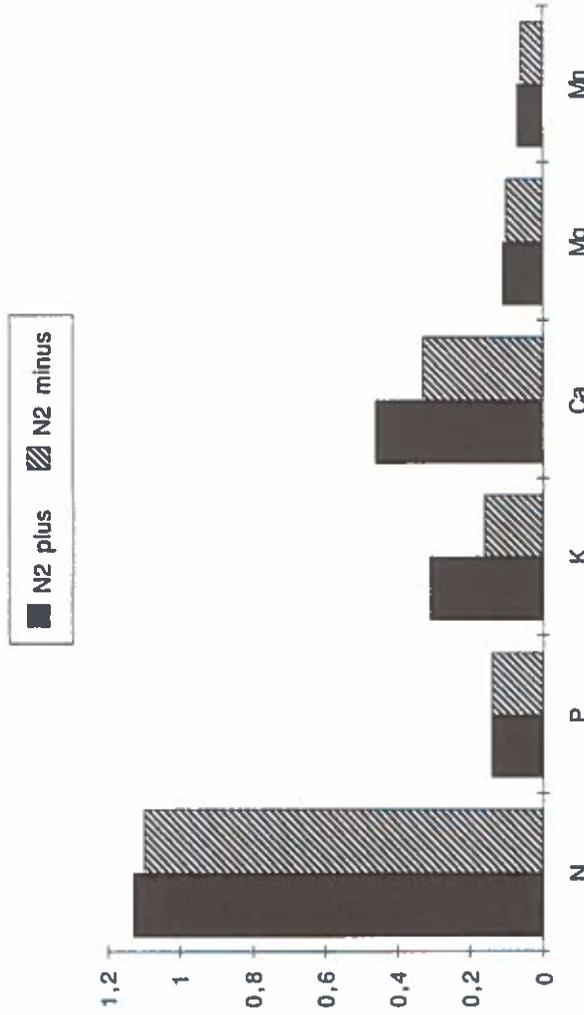


Abbildung 5: Nährelemente der Nadelproben (Nadeljahrgang '2')

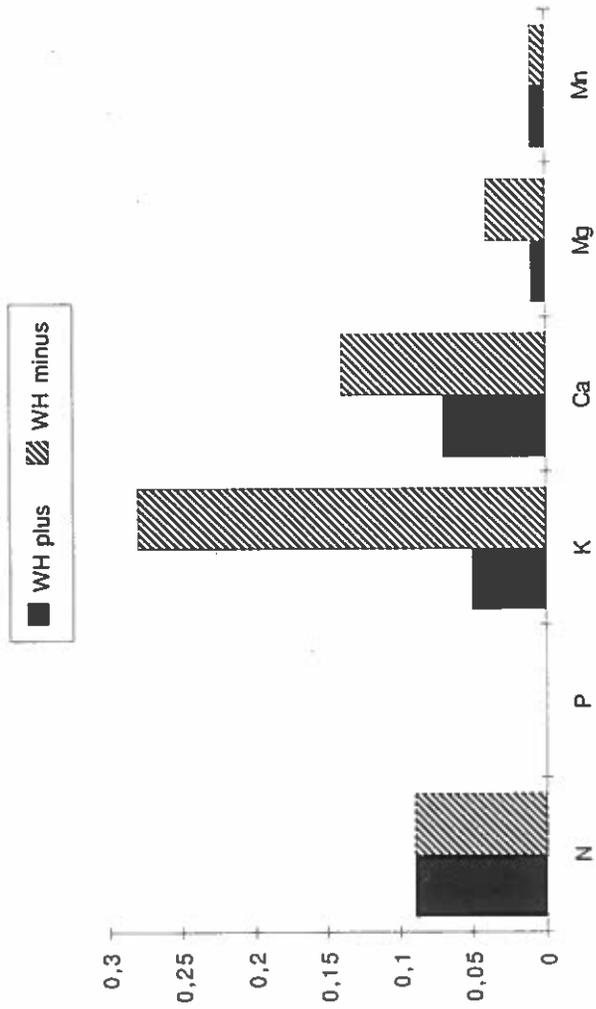


Abbildung 6 : Nährelemente der Wurzelholzproben

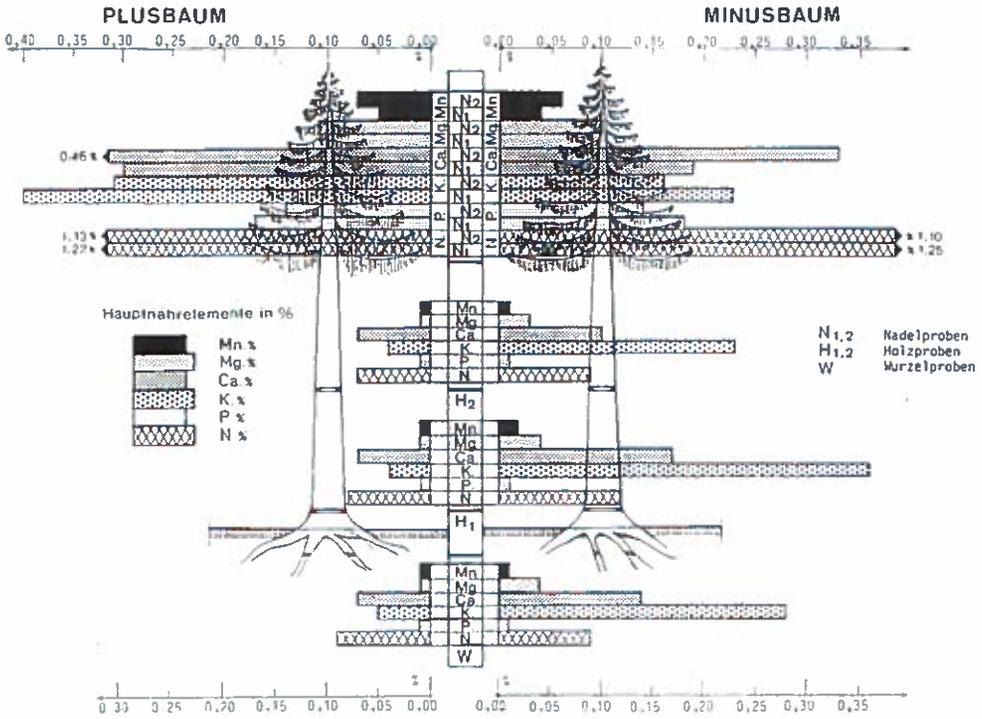
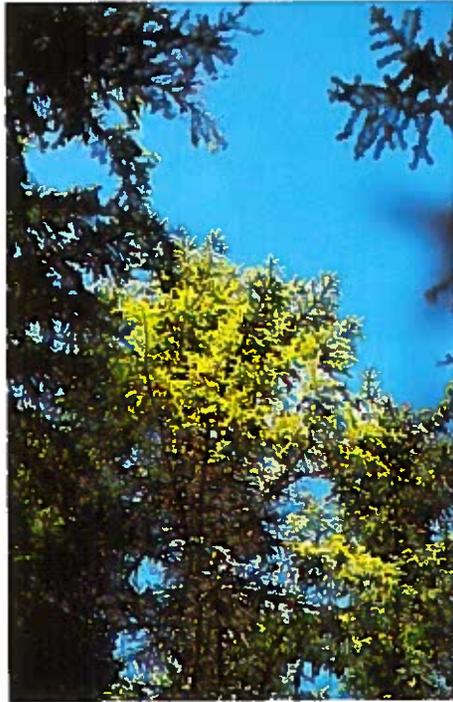


Abbildung 7 : Hauptnährelemente der Nadel- und Holzproben

Legende zu den Fotos:

1. "Minusbaum" mit deutlichen Schadenssymptomen
2. "Plusbaum" ohne Schadenssymptome
- 3: Weitgehende Zerstörung des Kernholzes durch Fäule
- 4: Deutlich erkennbare Abschottung der Fäule durch Kompartimentierung



1



2

3



4



Aus dem Publikationsverzeichnis der Forstlichen
Bundesversuchsanstalt

Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

- 1981 140 Standort: Klassifizierung - Analyse - Anthropogene Veränderungen. Beiträge zur gemeinsamen Tagung der IUFRO-Arbeitsgruppen S1.02-06 (Standortsklassifizierung) und S1.02-07 (Quantitative Untersuchung von Standortsfaktoren). 5.-9. Mai 1980 in Wien, Österreich.
Preis ÖS 250.-- 239 S.
- 1981 141 Müller, Ferdinand: Bodenfeuchtigkeitsmessungen in den Donauauen des Tullner Feldes mittels Neutronen-sonde.
Preis ÖS 150.-- 51 S.
- 1981 142/I Dickenwachstum der Bäume. Vorträge der IUFRO-Arbeitsgruppe S1.01-04, Physiologische Aspekte der Waldökologie, Symposium in Innsbruck vom 9.-12. September 1980.
Preis ÖS 250.-- S. 1-235
- 1981 142/II Dickenwachstum der Bäume. Vorträge der IUFRO-Arbeitsgruppe S1.01-04, Physiologische Aspekte der Waldökologie, Symposium in Innsbruck vom 9.-12. September 1980.
Preis ÖS 250.-- S. 239-469
- 1982 143 Mildner, Herbert; Haszprunar, Johann; Schultze, Ulrich: Weginventur im Rahmen der Österreichischen Forstinventur.
Preis ÖS 150.-- 114 S.
- 1982 144 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (4). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 Wildbäche, Schnee und Lawinen.
Preis ÖS 300.-- 297 S.
- 1982 145 Margl, Hermann: Zur Alters- und Abgangsgliederung von (Haar-)Wildbeständen und deren naturgesetzlicher Zusammenhang mit dem Zuwachs und dem Jagdprinzip.
Preis ÖS 100.-- 65 S.
- 1982 146 Margl, Hermann: Die Abschüsse von Schalenwild, Hase und Fuchs in Beziehung zu Wildstand und Lebensraum in den politischen Bezirken Österreichs.
Preis ÖS 200.-- 42 S.

- 1983 147 Forstliche Wachstums- und Simulationsmodelle. Tagung der IUFRO Fachgruppe S4.01-00 Holzmessung, Zuwachs und Ertrag, vom 4.-8. Oktober 1982 in Wien.
Preis ÖS 300.-- 278 S.
- 1983 148 Holzschuh, Carolus: Bemerkenswerte Käferfunde in Österreich. III.
Preis ÖS 100.-- 81 S.
- 1983 149 Schmutzenhofer, Heinrich: Eine Massenvermehrung des Rotköpfigen Tannentriebwicklers (Zeiraphera rufimitrana H.S.) im Alpenvorland (nahe Salzburg).
Preis ÖS 150.-- 39 S.
- 1983 150 Smidt, Stefan: Untersuchungen über das Auftreten von Sauren Niederschlägen in Österreich.
Preis ÖS 150.-- 88 S.
- 1983 151 Forst- und Jagdgeschichte Mitteleuropas. Referate der IUFRO-Fachgruppe S6.07-00 Forstgeschichte, Tagung in Wien vom 20.-24. September 1982.
Preis ÖS 150.-- 134 S.
- 1983 152 Sterba, Hubert: Die Funktionsschemata der Sorten- tafeln für Fichte in Österreich.
Preis ÖS 100.-- 63 S.
- 1984 153 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (5). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 250.-- 224 S.
- 1985 154/I Österreichische Forstinventur 1971-1980. Zehnjahres- ergebnis.
Preis ÖS 220.-- S. 1-216
- 1985 154/II Österreichische Forstinventur 1971-1980. Inventurge- spräch.
Preis ÖS 100.-- S. 219-319
- 1985 155 Braun, Rudolf: Über die Bringungslage und den Wer- bungsaufwand im österreichischen Wald.
Preis ÖS 250.-- vergriffen 243 S.
- 1985 156 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (6). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 (Wildbäche, Schnee und Lawinen). Vorbeugung und Kontrolle von Wild- bacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 250.-- vergriffen 247 S.

- 1986 157 Zweites österreichisches Symposium Fernerkundung. Veranstaltet von der Arbeitsgruppe Fernerkundung der Österreichischen Gesellschaft für Sonnenenergie und Weltraumfragen (ASSA), 2.-4. Oktober 1985 in Wien.
Preis ÖS 250.-- 220 S.
- 1987 158/I Merwald, Ingo E.: Untersuchung und Beurteilung von Bauweisen der Wildbachverbauung in ihrer Auswirkung auf die Fischpopulation.
Preis ÖS 250.-- S. 1-196
- 1987 158/II Merwald, Ingo E.: Untersuchung und Beurteilung von Bauweisen der Wildbachverbauung in ihrer Auswirkung auf die Fischpopulation.
Preis ÖS 250.-- S. 196-364
- 1988 159 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (7). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00 (Wildbäche, Schnee und Lawinen). Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 420.-- 410 S.
- 1988 160 Müller, Ferdinand: Entwicklung von Fichtensämlingen (*Picea abies* (L.) Karst.) in Abhängigkeit von Ernährung und seehöhenangepasster Wachstumsdauer im Versuchsgarten Mariabrunn.
Preis ÖS 260.-- 256 S.
- 1988 161 Kronfellner-Kraus, Gottfried; Neuwinger, Irmentraud; Ruf, Gerhard; Schaffhauser, Horst: Über die Einschätzung von Wildbächen - Der Dürnbach.
Preis ÖS 300.-- 264 S.
- 1988 162 Recent Research on Scleroderris Canker of Conifers. IUFRO Working Party S2.06-02 - Canker Disease-Scleroderris. Proceedings of Meetings in Salzburg / Austria and Ljubljana/Yugoslavia, September 1986.
Preis ÖS 180.-- 172 S.
- 1989 163/I Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet.
Preis ÖS 300.-- S. 1-224
- 1989 163/II Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet.
Preis ÖS 300.-- S. 225-422
- 1990 163/III Zum Waldsterben im Gleinalmgebiet.
Preis ÖS 180.-- 98 S.

